

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

Luís Felipe Oliveira de Freitas

AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS
VIAS DO CAMPUS SANTA MARIA DA UFSM

Santa Maria, RS
2021

Luís Felipe Oliveira de Freitas

**AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS VIAS DO
CAMPUS SANTA MARIA DA UFSM.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal
de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito para
obtenção do título de **Engenheiro Eletricista**.

Orientador: Prof. Dr. Diego Berlezi Ramos

Santa Maria, RS
2021

Luís Felipe Oliveira de Freitas

**AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS VIAS DO
CAMPUS SANTA MARIA DA UFSM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal
de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para
obtenção do título de **Engenheiro Eletricista**.

Aprovado em 22 de setembro de 2021:

Orientador: Prof. Dr. Diego Berlezzi Ramos (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Max Henrique Gomes Braunstein Eng. (UFSM)

Maicon Miotto Eng. (UFSM)

Santa Maria, RS
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas bênçãos, forças, por todas as oportunidades ao longo da minha vida e por tudo que me reserva.

Agradeço aos meus pais, Vilson de Freitas e Leane Taise Oliveira de Freitas, pelos ensinamentos, suporte e incentivos ao longo de toda a graduação, na minha formação como pessoa e pelas oportunidades para facilitar a minha caminhada.

E também a todos os meus familiares, que de alguma maneira me deu suporte e apoio para que esse objetivo se aconteça. À minha namorada, Leonara pelos incentivos e por me apoiar.

Ao professor Dr. Diego Berlezzi Ramos, pela orientação, confiança depositada para desenvolvimento deste trabalho, disponibilidade e suporte.

Por fim, a todos os colegas que participaram comigo desta jornada de graduação e que me ajudaram para conclusão desta etapa.

RESUMO

AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS VIAS DO CAMPUS SANTA MARIA DA UFSM

AUTOR: Luís Felipe Oliveira de Freitas

ORIENTADOR: Diego Berlezzi Ramos

Apresenta-se neste trabalho um estudo de caso sobre a situação do sistema de iluminação pública para vias de pedestre e veículos na qual se desenvolveram dependências da Universidade Federal de Santa Maria. Analisou-se o tipo de classificação de via e a atual situação da iluminação em conformidade a NBR 5101. Foram necessárias medições em campo para análise e vias que não obedeceram aos índices mínimos por normativa, foram propostos cenários alternativos juntamente com a simulação para a fim de melhorar a qualidade da iluminação. Os resultados foram comparados das medições e simulação, onde se constatou que é possível melhorar a qualidade da iluminação a fim de atenderem a iluminância e fator de uniformidade desejáveis.

Palavras-chave: NBR 5101, iluminação pública, qualidade da iluminação.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE SITUATION OF STREET LIGHTING ON THE STREETS OF SANTA MARIA DA UFSM CAMPUS

AUTHOR: Luís Felipe Oliveira de Freitas

ADIVISOR: Diego Berlezzi Ramos

This study presents a case study on the situation of the public lighting system for pedestrian roads and vehicles in which dependencies of the Federal University of Santa Maria were developed. The track classification type and current lighting situation according to NBR 5101 were analyzed. Measurement in the field was necessary for analysis and pathways that did not comply with the minimum standard indices, alternative scenarios were proposed along with simulation to improve the lighting quality. The results were compared from measurements and simulation, where it was found that it is possible to improve the lighting quality to meet the desired illuminance and uniformity factor.

Keywords: NBR 5101, street lighting, lighting quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Malha de verificação detalhada.	22
Figura 2 - Unilateral.	24
Figura 3 - Bilateral.....	25
Figura 4 - Sistema oposto.	25
Figura 5 - Canteiro central.....	26
Figura 6 - Canteiro central menor que 3 metros.....	26
Figura 7 - Canteiro central maior que 6 metros.....	27
Figura 8 - Mapa das vias da UFSM.....	31
Figura 9 - Dados coletados via CT, cenário A.	36
Figura 10 - Dados coletados via lateral do HUSM, cenário A.	38
Figura 11 - Dados coletados da via lateral da química, cenário A.	40
Figura 12 - Dados coletados na frente da casa do estudante, cenário A.....	41
Figura 13 - Atual situação IP em frente a reitoria, cenário A.....	43
Figura 14 - Atual situação IP saída jardim botânico, cenário A.....	44
Figura 15 - Opção 1, rua lateral CT, cenário B.	46
Figura 16 - Opção 2, rua lateral CT, cenário B.	47
Figura 17- Opção 3, rua lateral CT, cenário B.	47
Figura 18 - Opção 1, rua lateral HUSM, cenário B.....	49
Figura 19 - Opção 2, rua lateral HUSM, cenário B.....	50
Figura 20 - Opção 3, rua lateral HUSM, cenário B.....	50
Figura 21 - Opção 1, rua em frente da reitoria, cenário C.....	52
Figura 22 - Opção 2, rua em frente da reitoria, cenário C.....	53
Figura 23 - Opção 3, rua em frente da reitoria, cenário C.....	53
Figura 24 - Opção 1, rua saída jardim botânico, cenário C.....	55
Figura 25 - Opção 2, rua saída jardim botânico, cenário C.....	56
Figura 26 - Opção 3, rua saída jardim botânico, cenário C.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vias urbanas.	17
Quadro 2 - Vias rurais.	17
Quadro 3 - Tráfego motorizado.	18
Quadro 4 - Tráfego de pedestres.	18
Quadro 5 - Classificação das luminárias em relação a intensidade luminosa.	19
Quadro 6 - Classes de iluminação para tipo de via.....	20
Quadro 7 - Iluminância média mínima e uniformidade para classe de iluminação.	20
Quadro 8 - Iluminância média mínima e uniformidade.	21
Quadro 9 - Classes de iluminação para via de pedestres.	21
Quadro 10 - Iluminância média e fator de uniformidade para via de pedestre.	21
Quadro 11 - Quantidades de pontos para grade de medição.	23
Quadro 12 - Dados vias laterais do centro de tecnologia e lateral química.....	32
Quadro 13 - Dados vias na lateral do HUSM e em frente cada do estudante.	32
Quadro 14 - Dados vias em frente da reitoria e saída jardim botânico e saída jardim botânico.	33
Quadro 15 - Dados coletados e dados referência lateral CT, cenário A.....	36
Quadro 16 - Dados coletados e dados referência via lateral HUSM, cenário A.	38
Quadro 17 - Dados coletados e dados referência via lateral da química, cenário A.	40
Quadro 18 - Dados coletados e dados referência via em frente a cada do estudante, cenário A.	42
Quadro 19 - Parâmetros luminárias.	45
Quadro 20 - Parâmetros luminárias, lateral CT, cenário B.	45
Quadro 21 - Resultado simulação, rua lateral CT, cenário B.	47
Quadro 22 - Parâmetros luminárias, lateral HUSM, cenário B.	49
Quadro 23 - Resultados da simulação, rua lateral HUSM, cenário B.	50
Quadro 24 - Parâmetro luminárias, em frente reitoria, cenário C.	52
Quadro 25 - Resultados da simulação, rua em frente da reitoria, cenário C.	53
Quadro 26 - Parâmetros luminárias, rua saída jardim botânico, cenário C.	55
Quadro 27 - Resultados da simulação, rua saída jardim botânico, cenário C.	56

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
LED	Light Emitting Diode
NBR	Norma Brasileira
IP	Iluminação Pública
HUSM	Hospital Universitário de Santa Maria
CT	Centro de Tecnologia
CPFL	Companhia Piratininga de Força e Luz
PROINFRA	Pró - Reitoria de Infraestrutura
EN	Norma Europeia
R1	Pedra opaca
R3	Asfalto com pouco brilho

LISTA DE SÍMBOLOS

E	Iluminância
Eméd	Iluminância Média
Emin	Iluminância Mínima
U	Fator de Uniformidade
Lm	Lumens
Lx	Lux
Lmed	Luminância média
Uo	Uniformidade global
UL	Uniformidade longitudinal
TI	Incremento linear
W	Watts
Sgt	Espaçamento transversal
Sgl	Espaçamento Longitudinal
S	Espaçamento entre postes
Fr	Espaçamento da pista de rodagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2 MOTIVAÇÃO.....	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	14
1.4 OBJETIVOS.....	14
1.4.1 Objetivo Geral	14
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 NORMAS.....	16
2.1.1 Classificação das Vias	16
2.1.2 Classificação do volume de tráfego nas vias públicas.....	17
2.1.3 Classificação da intensidade luminosa das luminárias em relação às vias.....	18
2.1.4 Classificação das luminárias em relação a distribuições transversais da intensidade luminosa.....	19
2.1.5 Vias para tráfego de veículos e pedestres.....	19
2.1.6 Inspeção.....	22
2.1.7 Arborização	24
2.1.8 Disposição dos postes e das unidades de iluminação públicas.....	24
2.2 PROBLEMAS DA BAIXA QUALIDADE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	27
2.3 METODOLOGIAS DE PROJETO.....	28
2.3.1 Simulador	28
2.3.2 Cuidados	28
2.4 CONCLUSÕES.....	29
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 PROCEDIMENTOS.....	30
3.2 ESTUDO DE CASO	30
3.3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.4 CENÁRIOS	33
3.5 CONCLUSÃO.....	34
4 RESULTADOS	35
4.1 MEDIÇÕES: DADOS DE CAMPOS E RESULTADOS.....	35

4.1.1 Rua lateral do centro de tecnologia	35
4.1.2 Rua lateral do HUSM e Biblioteca central da UFSM	37
4.1.3 Rua lateral ao prédio da química	39
4.1.4 Rua em frente à Casa do estudante	41
4.1.5 Ruas em frente reitoria e saída jardim botânico	42
4.2 SIMULAÇÕES E RESULTADOS	44
4.2.1 Simulação via lateral do centro de tecnologia	45
4.2.2 Simulação via lateral do HUSM	48
4.2.3 Simulação via em frente a reitoria	51
4.2.4 Simulação via saída jardim botânico	54
4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
4.4 CONCLUSÃO	57
5 CONCLUSÃO.....	58
5.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES	58
5.2 CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO	58
5.3 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS	59
REFERÊNCIA.....	60
ANEXO A.....	61
ANEXO B.....	62
ANEXO C.....	63
ANEXO D.....	64
ANEXO E.....	65
ANEXO F.....	66
ANEXO G.....	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Iluminação Pública (IP) é indispensável para vida moderna e é considerada essencial para a qualidade de vida nos centros urbanos. Conforme a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - COELBA (2020), este tipo de serviço visa providenciar luz ou claridade artificial aos logradouros públicos no período noturno, ou até mesmo lugares que exigem iluminação no período diurno e para eventuais escurecimentos diurnos.

A IP é um dos fatores principais para o desenvolvimento urbano. Segundo Bernardes, Celeste e Chaves (2020), o sistema de iluminação pública que é usado atualmente perdura desde 1960, quando as lâmpadas de vapor de sódio e mercúrio eram a principal forma de iluminar as cidades brasileiras. Ademais, a aplicação da IP oferece segurança no trabalho e também no lazer, possibilitando aos habitantes usufruir de espaços públicos com mais segurança e tranquilidade (LUIZ, 2016).

Além disso, a IP tem como intuito diminuir a criminalidade nas ruas e, isso se confirma por estudos feitos no Reino Unido onde projetos de IP bem elaborados reduzem ou inibem em o crime em certos locais. Outro ponto de importância da IP está relacionado com o principal objetivo que é oferecer iluminação a veículos e pedestres no trânsito. Estudos comprovam que a falta de IP aumenta o risco de acidentes. Logo, para melhorar esta proposição, com a instalação de uma IP de qualidade poderá ocorrer uma transformação no número de acidentes, ocasionando a redução diante de uma melhoria na percepção do tráfego, tanto de pedestres quanto de veículos (SIMONS; BEAN, 2008).

De maneira geral, a IP visa fornecer uma luminância adequada para prover segurança, cultura, percepções de veículos e pedestres. Todavia, os níveis de luminância devem ser bem determinados e calculados para proporcionar maior eficiência quanto ao consumo e prover luminosidade ideal em cada situação que a IP é aplicada (REA; OF NORTH AMERICA, 2000).

1.2 MOTIVAÇÃO

A importância da IP é perceptível em inúmeras situações cotidianas, destacando-se à segurança do deslocamento de pedestres e veículos, lazer, assim como, para proporcionar uma forma de segurança pública, evitar assaltos e maior integração social. Ainda, a qualidade no sistema de IP contribui também, quando alinhado com um projeto bem estruturado e de

qualidade, para o uso eficiente da energia elétrica (COPEL, 2012). No âmbito da UFSM identifica-se a iluminação externa distribuída ao longo do campus, no entorno das vias. Este cenário implica na consideração das vantagens e importância da IP, destacados anteriormente, devido ao campus ser um espaço de grande circulação de pedestres e automóveis.

Ao analisar as normativas, verifica-se que há vários elementos que devem ser considerados para uma iluminação adequada das vias de tráfego de veículos e pedestres. Porém, cabe destacar que não deve haver iluminação excessiva, pois pode causar, por exemplo, ofuscamento tanto de automóveis e pedestres, além do fato que a baixa luminosidade causa a deficiência no sistema de IP e, deste modo, não contribuindo efetivamente com o intuito para o qual a IP foi planejada e implementada.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho propõe a avaliação da IP viária no âmbito do Campus de Santa Maria da UFSM. Observa-se, atualmente, por inspeção visual, que existem locais que poderiam ter seus níveis de luminosidade melhorados. Todavia, para uma correta proposição de soluções, um levantamento de dados de iluminação deve ser realizado sobre as vias internas da UFSM e, posteriormente, esses dados podem ser comparados através de simulações para diferentes casos e melhoria da qualidade da IP da UFSM.

Tais proposições podem ser realizadas de diferentes formas, desde a modernização da IP em determinados locais e, até mesmo, com a poda específica de árvores no campus.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Investigar as condições do sistema de iluminação pública das vias internas da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Santa Maria.

1.4.2 Objetivo Específicos

- (i) Estudar a normatização relativa aos sistemas de iluminação pública.
- (ii) Avaliar os problemas referentes a iluminação deficitária.
- (iii) Verificar os procedimentos de medição da iluminação.
- (iv) Coletar dados reais da iluminação pública da UFSM.
- (v) Propor solução para contornar os problemas observados.
- (vi) Comparar as soluções propostas com o sistema existente.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho é organizado conforme a descrição que segue:

O capítulo 1, já apresentado, constitui-se de uma introdução que apresenta a contextualização do tema, aspectos motivacionais da pesquisa, justificativa e objetivos.

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, que contém os conceitos necessários para a compreensão e elaboração metodológica do trabalho proposto.

O capítulo 3 trata-se da metodologia onde se disponham de um método para conseguirmos atingir os objetivos geral e específicos.

O capítulo 4 aborda os resultados obtidos, incluindo as análises e as propostas para solução ou redução de eventuais problemas referentes a IP no interior do campus da UFSM.

O capítulo 5 fornece as principais conclusões acerca do trabalho desenvolvido, destacando as propostas definidas e indicando as sugestões para trabalhos futuros que porventura possam dar continuidade a esta pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica referente às normativas usadas para avaliar e medir corretamente um sistema de IP instalado. Além disso, são verificados e abordados os parâmetros e critérios de projeto a serem considerados para compor um sistema de IP adequado, isto é, em conformidade com as necessidades específicas das vias de tráfego similares àquelas encontradas no âmbito de um Campus universitário.

2.1 NORMAS

Conforme a norma ABNT/NBR 5101 (2012) a IP deve proporcionar segurança no tráfego de veículos e pedestres. Então, os projetos devem atender aos requisitos específicos dos locais onde a iluminação será instalada. Além disso, as exigências mínimas para cada via estão presentes na norma.

Considerando o ambiente viário de uma universidade, tal como o caso do Campus Santa Maria da UFSM, a aplicação da NBR-5101 visa:

- (i) Reduzir acidentes;
- (ii) Melhorar o tráfego;
- (iii) Elevar a eficiência energética;
- (iv) Distribuir as luminárias para atingir os níveis normatizados de iluminação;
- (v) Elevar a segurança de pedestres e propriedades.

Desse modo, torna-se essencial conhecer como são classificadas as vias, o volume de tráfego nas vias públicas, a intensidade luminosa das luminárias em relação às vias, as luminárias em relação a distribuições transversais da intensidade luminosa, vias para tráfego de veículos e pedestres, assim como, aspectos relacionados à inspeção, arborização e disposição dos postes e das unidades de iluminação públicas.

2.1.1 Classificação das Vias

A via é conceituada como sendo a superfície onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo, por exemplo, as calçadas, os acostamentos, as ilhas e os canteiros centrais. Segundo a norma NBR 5101 (2012), para um projeto de iluminação pública devem ser avaliadas as características do percurso e se este possui volume de tráfego ou classificação de velocidades diferentes (superior ou inferior) daquelas estabelecidas para cada tipo de via.

Desse modo, as vias são classificadas seguindo o código de trânsito brasileiro. Portanto, no Quadro 1 apresenta-se a descrição detalhada em relação as vias urbanas.

Quadro 1 - Vias urbanas.

Vias Urbanas	Descrição da via
Trânsito Rápido	Trânsito de pedestre e veículos de grande ou pequeno volume, onde há imóveis e edifício por sua extensão. Velocidade 80 de km/h.
Arterial	Grande circulação de veículos, porém nela há escoamento de outras vias sobre ela. Velocidade de 60 km/h.
Coletora	Tráfego baixo de veículos, por receber somente distribuir o trânsito para outras vias. Velocidade de 40 km/h.
Local	Pequeno fluxo de carros, ruas em áreas restritas e locais. Velocidade de 30 km/h.

Fonte: NBR 5101 (2012).

No Quadro 2 apresenta-se a descrição detalhada em relação as vias rurais.

Quadro 2 - Vias rurais.

Vias Rurais	Descrição da via
Rodovias	Tráfego motorizado e de pedestres e pavimentadas. Pode ocorrer em áreas urbanas.
Estradas	Via se difere das rodovias por não ter pavimentação, tráfego de veículos e pedestre. Pode ocorrer em áreas urbanas.

Fonte: NBR 5101 (2012).

2.1.2 Classificação do volume de tráfego nas vias públicas

De acordo com a norma NBR 5101 (2012), os volumes de tráfegos nas vias públicas dividem-se em valores classificados como leve, médio e intenso, tanto para veículos como para pedestre. No Quadro 3 são mostrados os dados de tráfego motorizado.

Quadro 3 - Tráfego motorizado.

Classificação	Volume de Tráfego noturno^a de veículos por hora, em ambos os sentidos^b, em pista única
Leve (L)	150 a 500
Medio (M)	501 a 1200
Intenso(I)	Acima de 1200
^a Valor máximo das medidas horárias obtidas nos períodos compreendidos entre 18h e 21h.	
^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 tráfegos muito intenso, superior a 2400 veículos por hora, consideram-se as exigências máximas do grupo de tráfego intenso(I).	

Fonte: NBR 5101 (2012).

No Quadro 4 apresenta-se os dados em relação ao tráfego de pedestres.

Quadro 4 - Tráfego de pedestres.

Classificação	Pedestres cruzando vias com tráfego motorizado
Sem tráfego(S)	Como nas vias artérias
Leve(L)	Como nas vias residências médias
Médio(M)	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso(I)	Como nas vias comerciais principais

Fonte: NBR 5101 (2012).

Segundo Mallon (2020), através da compreensão dos fatores que influenciam os volumes de tráfego de pedestres, é possível realizar o planejamento de infraestruturas que atendam aos critérios da população em suas viagens a pé. Contudo, também é importante observar aspectos em relação a intensidade luminosa para que a iluminação seja eficaz.

2.1.3 Classificação da intensidade luminosa das luminárias em relação às vias

A condição para uma iluminação eficiente em vias se dá pela a importância da intensidade luminosa. Porém, destaca-se que se as luminárias estiverem distribuídas e direcionadas corretamente teremos uma visibilidade conveniente. Para isso, leva-se em conta

a altura de montagem, posicionamento, espaçamento, largura das vias e posição transversal de luminárias.

Sendo assim, é possível classificar as luminárias de três maneiras distintas em relação à via, sendo elas:

- Distribuição longitudinal (em plano vertical);
- Distribuição transversal;
- Controle de distribuição de intensidade luminosa no espaço acima dos cones de 80° e 90°, cujo vértice coincide com o centro óptico da luminária.

Ainda, ao abordar a intensidade luminosa longitudinal e transversal deve-se levar em conta o diagrama de isocandelas, onde são traçadas coordenadas retangulares abrangendo um conjunto de linhas longitudinais da via (LLV) em grandes números de alturas de montagem (AM) e linha transversais das vias (LTV).

2.1.4 Classificação das luminárias em relação a distribuições transversais da intensidade luminosa

Para conceituar a classificação das luminárias em relação a distribuições transversais da intensidade luminosa, inicialmente é necessário definir a área cortada por uma parcela de linha de meia intensidade máxima. Sendo assim, conforme a NBR5101 (2012) é possível classificar em 4 tipos e, para cada tipo se leva em conta a linha de intensidade máxima em comparação às LLV, como mostrado no Quadro 5 que segue.

Quadro 5 - Classificação das luminárias em relação à intensidade luminosa.

TIPO	LLV (A.M)
I	$\leq 1,0$
II	$\leq 1,75$
III	$1,75 \geq A.M \leq 2,75$
IV	$\geq 2,75$

Fonte: Autor (2021).

2.1.5 Vias para tráfego de veículos e pedestres

De acordo com a NBR 5101 (2012) e Simons e Bean (2008), a classe de iluminação para cada tipo de via de tráfego de veículos e de pedestres, define a iluminância média mínima

e uniformidade para cada classe de iluminação. Desse modo, no Quadro 6 apresenta-se as classes de iluminação para tipo de via.

Quadro 6 - Classes de iluminação para tipo de via.

Descrição da via	Classe de Iluminação
Vias de trânsito rápido; Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio	V1 V2
Vias arteriais; Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio	V1 V2
Vias coletoras; Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio Volume de tráfego leve	V2 V3 V4
Vias locais; Volume de tráfego médio Volume de tráfego leve	V4 V5

Fonte: NBR 5101(2012).

No Quadro 7 são apresentadas as classes referentes a iluminância média mínima e uniformidade para classe de iluminação.

Quadro 7 - Iluminância média mínima e uniformidade para classe de iluminação.

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

Fonte: NBR 5101 (2012).

Sequencialmente, no Quadro 8 são mostradas as classes referentes a iluminância média mínima e uniformidade.

Quadro 8 - Iluminância média mínima e uniformidade.

Classe de iluminação	$L_{med}(cd/m^2)$	$U_o \geq$	$U_{L \leq}$	TI%	SR
V1	2	0,4	0,70	10	0,5
V2	1,5	0,4	0,70	10	0,5
V3	1,0	0,4	0,70	10	0,5
V4	0,75	0,4	0,60	15	-
V5	0,50	0,4	0,60	15	-

Lmed: luminância média; Uo: uniformidade global; UL: uniformidade longitudinal; TI: incremento linear.
 NOTA 1 Os critérios TI e SR são orientativos, assim como as classes V4 e V5
 NOTA 2 As classes V1, V2 e V3 são obrigatórias para a luminância.

Fonte: NBR 5101 (2012).

No Quadro 9 apresenta-se as classes de iluminação para via de pedestres.

Quadro 9 - Classes de iluminação para via de pedestres.

Descrição da via	Classe de Iluminação
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadas, passeios de zonas comerciais)	P1
Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, áreas de lazer)	P2
Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo, passeios, acostamentos)	P3
Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo, passeios de bairros residenciais)	P4

Fonte: NBR 5101 (2012).

Por fim, no Quadro 10 apresenta-se as classes de iluminância média e fator de uniformidade para via de pedestre.

Quadro 10 - Iluminância média e fator de uniformidade para via de pedestre.

Classe de iluminação	Iluminância horizontal média E_{med} lux	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

Fonte: NBR 5101.

A partir das informações apresentadas nos Quadros 6, 7, 8, 9 e 10, é possível realizar a classificação do sistema de IP no âmbito do campus da UFSM.

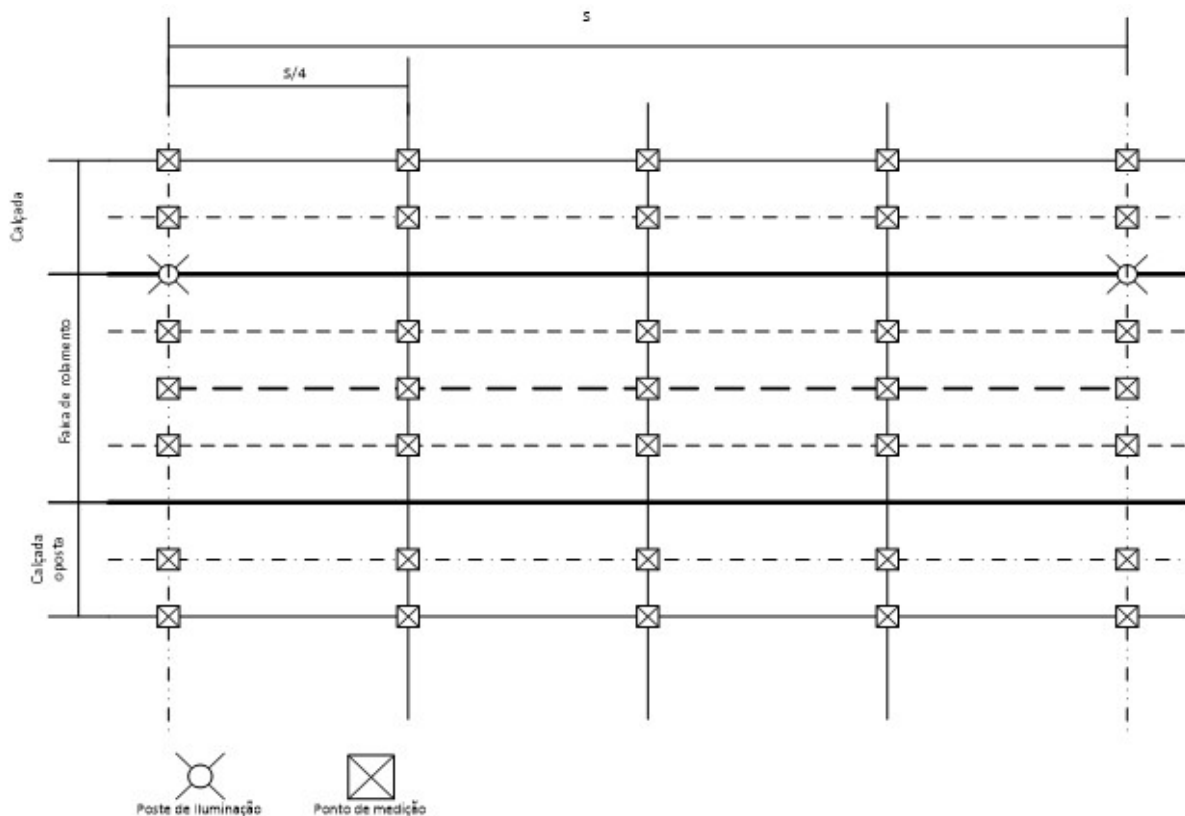
2.1.6 Inspeção

Na inspeção, conforme a NBR 5101 tem-se dois pontos muito importantes: a malha de verificação detalhada e malha de medição. A malha de verificação detalhada é utilizada para procedimentos que exigem detalhamento para usar em medições de iluminância. Para isso, deve ser definida uma grade de pontos pelas intercessões entre as linhas traçadas transversalmente e longitudinalmente da rua de rolamento e de pedestres, levando em conta os seguintes critérios:

- uma linha transversal alinhada com cada luminária;
- uma linha transversal no ponto médio entre as duas luminárias;
- uma linha longitudinal no eixo de cada faixa;
- uma linha longitudinal no eixo de cada calçada.

A Figura 1 ilustra uma malha de verificação detalhada.

Figura 1 - Malha de verificação detalhada.



Fonte: Autor (2021)

Conforme a Figura 1, os espaçamentos da imagem são definidos pela Equação 1, longitudinal, mostrada a seguir.

$$S_{gl}=s/4 \quad (1)$$

Sendo que, s é a espaçamento entre dois postes.

No mesmo sentido, para calcular o espaçamento transversal, aplica-se a equação2 que segue.

$$S_{gt}=0,2 \cdot fr \quad (2)$$

Sendo que, fr é a largura da faixa de rolamento.

Assim, a malha de medição passa a ser formada por conjuntos de pontos referentes a malha de verificação. Além disso, também é definida por intersecções de linhas longitudinais e transversais, onde as transversais passam pelas luminárias (extremidades do vão) e linhas que dividem o vão em quatro partes iguais, enquanto, as longitudinais são linhas no centro da faixa de rolamento e linhas com afastamento igual a $0,1 \cdot fr$ em relação a linhas da faixa de rolamento. A partir destas definições, através do Quadro 11 apresenta-se uma ideia de pontos da malha referente aos números de faixa de rolamento e o número de pontos para medição:

Quadro 11 - Quantidades de pontos para grade de medição.

Número de faixas de rolamentos	Quantidade de pontos da grade de cálculo	Quantidade de pontos da grade de medição
1	$17 \cdot 5=85$	15
2	$17 \cdot 10=170$	30
3	$17 \cdot 15=255$	45
4	$17 \cdot 20=340$	60
5	$17 \cdot 25=425$	75

Fonte: NBR 5101 (2012)

Por outro lado, para vias de pedestres tem-se duas maneiras de definição das medições. No primeiro caso, se a calçada for menor que três metros, a linha longitudinal será definida no meio da calçada e os pontos de medição irão coincidir com os pontos da via de

rolamento. No segundo caso, se a calçada for maior ou igual a três metros, logo, uma das linhas longitudinais será na metade da largura da via e a outra ao final do comprimento da via.

2.1.7 Arborização

A arborização pode afetar significativamente a IP. Como exemplo é possível mencionar que ao realizar inspeção visual no campus da UFSM, verifica-se que em determinamos lugares tem-se luminância adequada, mas, sendo prejudicada por falta de poda das arvores. Sendo assim, segundo a NBR 5101 (2012), torna-se possível determinar como fazer a poda de arvores para que a iluminação não seja afetada. Para isto, considera-se a altura mínima de um galho (Z), a altura de montagem da luminária (H), o ângulo de máxima incidência de luz longitudinal e transversal (A_L , A_T) e a distância mínima do galho de menor altura (D). Portanto, para o cálculo da poda para iluminação, aplica-se a Equação 3.

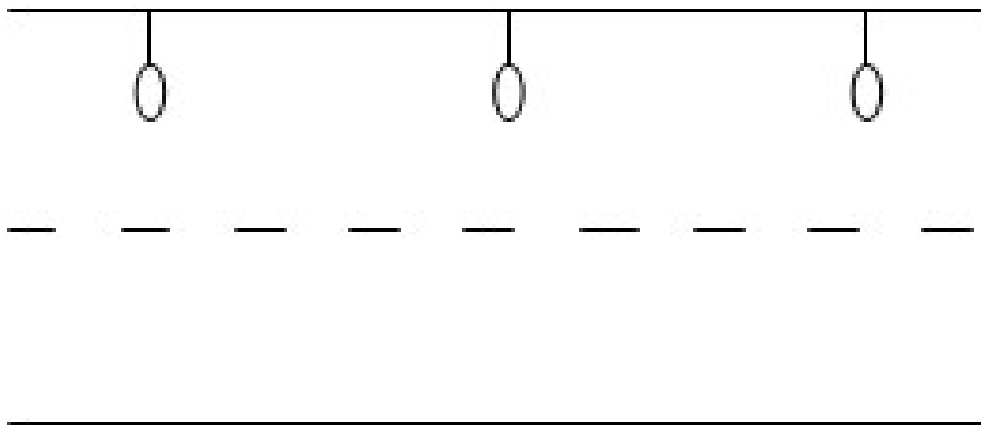
$$Z = H - (A \cdot D) \quad (\text{Equação 3})$$

2.1.8 Disposição dos postes e das unidades de iluminação públicas

De acordo com a Companhia Paulista de Força e Luz-CPFL (2017, GED3670), existem cinco alternativas para dispor as luminárias nas vias públicas e temos que levar em conta a largura da via (L) e altura de montagem (H).

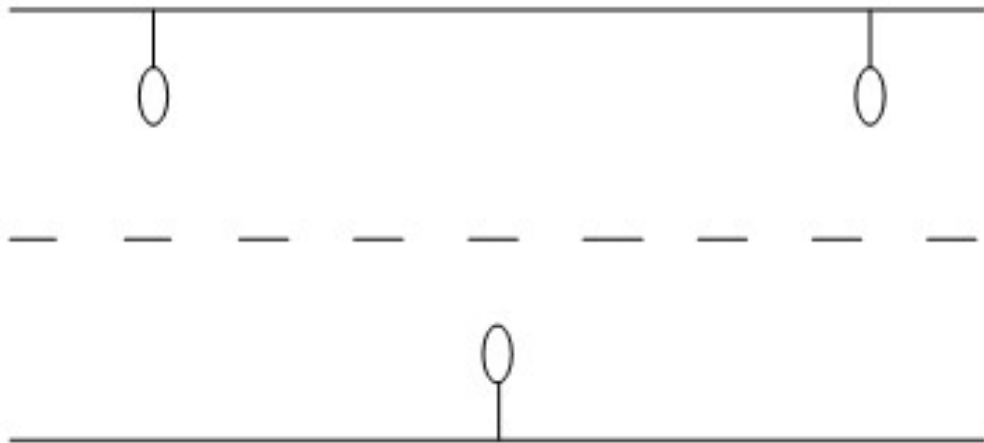
A Iluminação unilateral é o local onde as lâmpadas são instaladas em um único lado da via, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Unilateral.



A disposição bilateral implica na iluminação alternada, conforme mostrado na Figura 3.

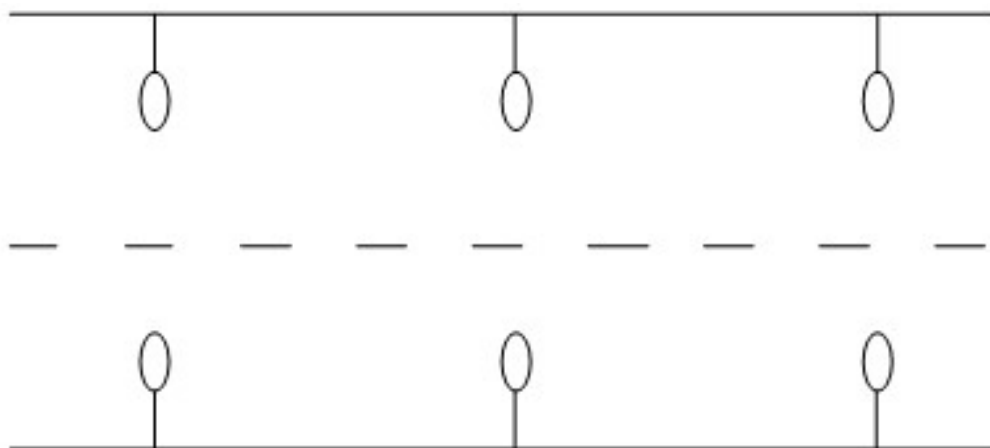
Figura 3 - Bilateral.



Fonte: Autor (2021)

Em sistema oposto, tem-se as luminárias em ambos os lados, conforme mostrado na Figura 4.

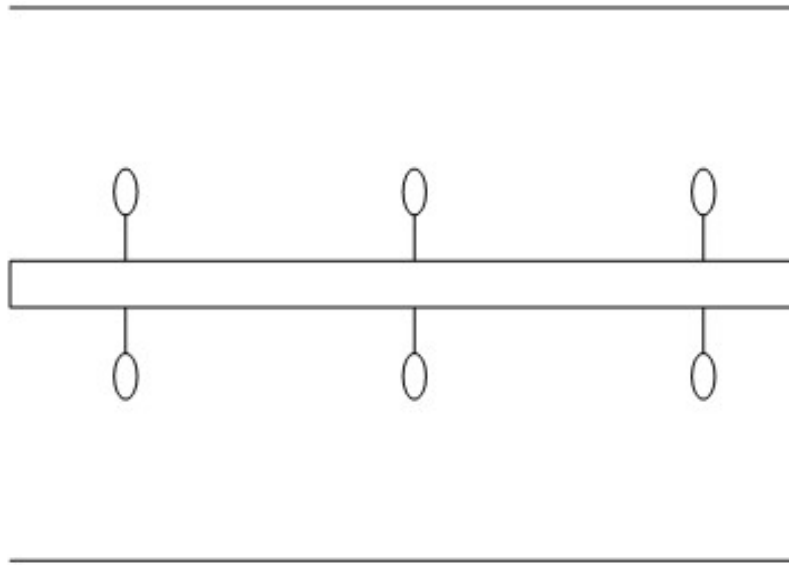
Figura 4 - Sistema oposto.



Fonte: Autor (2021)

Em relação ao canteiro central, onde duas luminárias instaladas em único poste e ilumina cada lado da via, também se leva em conta o tamanho do canteiro central (D). Assim, para o primeiro tipo de canteiro, o tamanho fica entre 3 a 6 metros. Na Figura 5 apresenta-se uma ilustração de canteiro central.

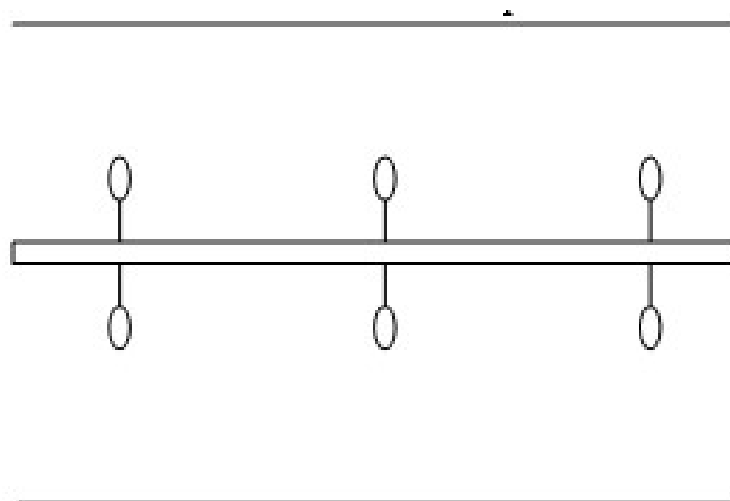
Figura 5 - Canteiro central.



Fonte: Autor (2021)

Por outro lado, caso a largura da via tiver tamanho igual ou menor da altura de montagem, ela não deve ultrapassar os 3 metros de largura, conforme mostrado na Figura 6.

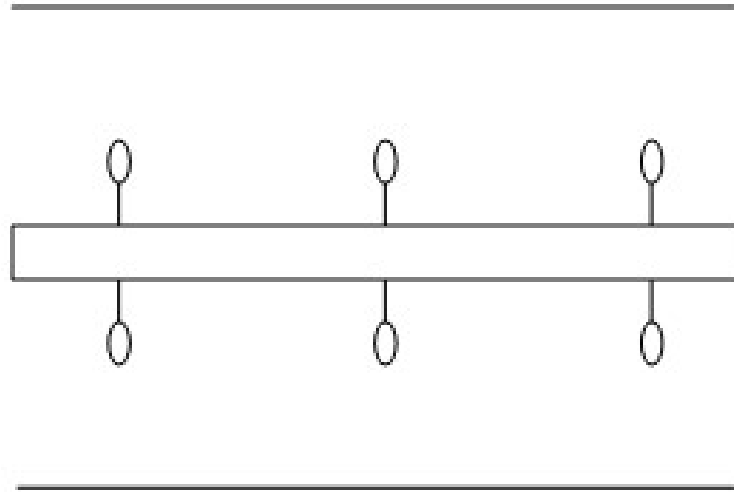
Figura 6 - Canteiro central menor que 3 metros.



Fonte: Autor (2021)

E por fim, se tiver canteiros maiores que 6 metros de largura, utilizamos o modelo mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Canteiro central maior que 6 metros.



Fonte: Autor (2021)

2.2 PROBLEMAS DA BAIXA QUALIDADE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A iluminação pública como destacado ao longo do capítulo 1, deve prover segurança para veículos e pedestres. Nesse sentido, destacam-se alguns fatores de baixa qualidade da iluminação, segundo Iluminação Teoria e Projeto (GUERRINI, 2008).

Conforme Guerrini (2008), inicialmente o pedestre pode não ser visto na via ou ter luminância iguais a do pavimento tornando invisível. Além disso, o contraste de iluminação com diferença da intensidade luminosa em relação ao local pode ocasionar cegueiras momentâneas e, outro fator muito importante é o contraste do farol do carro e da iluminação que pode efeito deslumbrante.

A baixa qualidade da IP afeta também no âmbito socioambiental, onde podemos destacar dois pontos importante o crime e a poluição luminosa. Conforme o Institution of Lighting Engineers (Great Britain) (2005) e Van Bommel (2014), a falta de iluminação nas ruas mostra que as pessoas se sentem inseguras quando se circula á noite, pois deixa a população mais receosa ao medo por crimes que possa acontecer com elas. Van Bommel (2014) destaca ainda que, vários estudos mostram que a IP de baixa qualidade ou inexistente faz com que há o aumento de crimes, ocasionando o aumento do índice de crimes em lugares sem IP.

Outro grande fator é o vandalismo e a violência, com lugares públicos sendo depredados e inviabilizando um aumento do número de residências nos arredores. Ainda, a IP

precária afeta as áreas que sofrem muito com a violência e faz com que as pessoas não usufruam dos espaços públicos. Hoje em dia, esses espaços de circulação de pessoas pelas vias públicas é de muita importância e faz com que aumenta a utilização das ruas (VAN BOMMEL, 2014). Com isso, essas precariedades mostra o grande efeito quando não há IP adequada.

Por fim, a poluição luminosa na IP é causada pelo excesso de luminosidade, ocasionando efeitos no tráfego de veículos e pedestres, sofrendo com a alta da luminosidade, pois não conseguem diferenciar objetos ao longo da via, podendo causar acidentes. Esses problemas são ocasionados pela má distribuição dos postes, altura de montagem fora do padrão estabelecido e excessiva fonte luminosa (INSTITUTION OF LIGHTING ENGINEERS, 2005).

2.3 METODOLOGIAS DE PROJETO

Entre os tópicos importantes para o desenvolvimento do projeto, será abordado, por exemplo, um simulador para comparar com os valores experimentais obtidos em campos e cuidados que devemos ter em relação a iluminação pública.

2.3.1 Simulador

Para o desenvolvimento do projeto, foi utilizado o software DIALuxTM e a medição feita em campo, onde se teve um parâmetro para cálculo e análise, mas não houve uma precisão tão grande de como ficaria o projeto, para melhorar a qualidade da IP do campus da UFSM e com isso entra a parte da simulação em software para melhorar a qualidade e a realidade de como se comportará a iluminação nas vias estudadas. Esse simulador tem como objetivo simular vários cenários possíveis para iluminação de exteriores, que para o trabalho são para áreas de vias de veículos e pedestres. Com isso, irá ajudar como dispor as luminárias, variar os tipos de luminárias, verificar as curvas de níveis da iluminação e comparar casos. E, por fim, com as simulações conseguimos obter uma comparação com o sistema já existente na UFSM, para termos um aval do que será a melhor solução para cada via.

2.3.2 Cuidados

Para ter uma iluminação que atenda os fatores de qualidade, quantidade e operação é necessário fazer um inventário com todos os pontos específicos como área, conhecimento do

local, funções a serem utilizadas no ambiente e futuros casos que possam ser antecipados. Caso isso não seja bem determinado, ter-se desperdício de luz e energia e sem funcionalidade da iluminação. Logo, para iluminação de exteriores é importante seguir os seguintes critérios (REA; OF NORTH AMERICA, 2000):

- Estabelecer e confirmar a necessidade de luz;
- Definir áreas e funcionalidade de aplicação;
- Estabelecer os índices de iluminação adequados à necessidade;
- Abordar de forma independente áreas de interesse únicas;
- Investigar as áreas de iluminação de interesse.

2.4 CONCLUSÕES

Neste capítulo apresentou-se a revisão bibliográfica que foi de suma importância para o desenvolvimento da metodologia de trabalho. Com o conteúdo apresentado, verifica-se como se deve seguir, desde parte das avaliações das vias em relação a tráfego de pedestre e veículos e como se proceder nas medições feita em campo e, posteriormente como desenvolver o projeto.

Foram listados alguns problemas que a falta de iluminação pública pode causar na sociedade em relação a fatores socioambientais e problemas que afetam a pista de rodagem e veículos. Por fim, mencionou-se alguns cuidados que se deve ter para o desenvolvimento da metodologia de trabalho juntamente com auxílio do simulador.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada para a obtenção dos resultados experimentais deste trabalho. São abordados os procedimentos a serem seguidos, os casos tipificados para investigação, a delimitação das condições-limite para avaliação dos dados coletados e a projeção de cenários luminotécnicos para avaliação de novas condições de iluminação das vias de interesse.

3.1 PROCEDIMENTOS

A seleção dos locais de investigação, o estabelecimento de cenários e a coleta de dados tiveram por base os fundamentos técnicos investigados no capítulo de revisão bibliográfica, com especial destaque aos parâmetros definidos na NBR-5101 (2012). Os locais adotados para estudo foram selecionados em função de representarem, no contexto geral, os principais tipos de vias de trânsito presentes no campus Santa Maria da UFSM. Priorizou-se os locais onde há a circulação veicular com passeios públicos no entorno.

Os reais dados coletados nas vias foram comparados com as solicitações normativas vigentes. Nos trechos onde não se verifica uma compatibilização normativa, propõe-se um novo cenário luminotécnico. Estes cenários são definidos utilizando-se o software DIALux™ para os novos projetos.

3.2 ESTUDO DE CASO

Este trabalho investiga uma amostragem da IP das vias do Campus UFSM. As vias selecionadas são as seguintes:

1. Na rua lateral do centro de tecnologia;
2. Em frente dos prédios da química;
3. Lateral do Hospital Universitário;
4. Rua em frente à Casa do Estudante;
5. Via em frente da reitoria;
6. Saída da UFSM por meio do jardim botânico.

A partir das vias selecionados para o estudo, as mesmas foram destacadas em um mapa conforme mostrado na Figura 8. Com isso, por meios de medições e simulações da

visibilidade luminosa nessas vias, foram propostos novos cenários através da avaliação de sistemas de iluminação seguindo a normativa especificada na revisão bibliográfica.

Figura 8 - Mapa das vias da UFSM.



Fonte: Google Earth (2021).

3.3 MATERIAIS E METÓDOS

Para ser feita a análise das vias apresentadas no estudo de caso, primeiramente foram coletados os dados das vias de veículos e pedestre, classificação das ruas conforme as Quadros 6 e 9 apresentadas no capítulo 2 e, a medição das luminância de acordo com as técnicas de malha de inspeção detalhada apresentada na revisão bibliográfica, durante a noite, com propósito de não haver efeito da luz solar e com apoio do luxímetro digital e para a aferição da qualidade da iluminação, em cada via estudada, apresentados nos Quadros 7 e 10.

Sendo assim, calculou-se a iluminância média e o fator de uniformidade, cujos valores são mostrados nos Quadros 12 até 14. Estes cálculos são apresentados na revisão bibliográfica do capítulo 2. Não foram coletados neste trabalho, dados práticos acerca do ofuscamento proporcionado pelas luminárias e os detalhes da malha de medição serão apresentados no próximo capítulo de forma mais detalhada.

Quadro 12 - Dados vias laterais do centro de tecnologia e lateral química.

Dados Coletados	Rua lateral Centro de Tecnologia			Rua lateral Química	
	Veículos	Pedestres 1	Pedestres 2	Veículos	Pedestres
Largura (m)	8,4	6,3	2,7	10,50	3,10
Distância entre postes (m)	47	47	47	29,5	29,5
Distribuição dos postes	Unilateral	Unilateral	Unilateral	Unilateral	Unilateral
Tipo de luminária (Lâmpada)	Descarga	Descarga	Descarga	Led	Led
Fluxo luminoso médio (Lux)= E_{med}	27,6	6,9	8,4	39,2	15,6
Fator uniformidade (U)= E_{min}/E_{med}	0,07	0	0,11	0,28	0,44
Classificação da via	V4	P3	P3	V4	P3

Fonte: Autor (2021).

Quadro 13 - Dados vias na lateral do HUSM e em frente cada do estudante.

Dados Coletados	Lateral HUSM			Frente Casa Estudante	
	Veículos	Pedestres 1	Pedestres 2	Veículos	Pedestres
Largura (m)	10,40	2,4	2,10	8,40	2
Distância entre postes (m)	38,20	38,20	38,20	29,5	29,5
Distribuição dos postes	Unilateral	Unilateral	Unilateral	Unilateral	Unilateral
Tipo de luminária (Lâmpada)	Descarga	Descarga	Descarga	Led	Led
Fluxo luminoso médio (Lux)= E_{med}	11,13	14	4	20	9,3
Fator uniformidade (U)= E_{min}/E_{med}	0,005	0	0,5	0,6	0,53
Classificação da via	V4	P3	P3	V5	P4

Fonte: Autor (2021).

Quadro 14 - Dados vias em frente da reitoria e saída jardim botânico e saída jardim botânico.

Dados Coletados	Em Frente Reitoria			Saída Jardim Botânico
	Veículos	Pedestres 1	Pedestres 2	
Tipo de Vias	Veículos	Pedestres 1	Pedestres 2	Veículos
Largura (m)	10,40	2,4	2,10	8,40
Distância entre postes (m)	Não possui uniformidade	Não possui uniformidade	Não possui uniformidade	Não possui
Distribuição dos postes (Simulação)	Unilateral	Unilateral	Unilateral	Unilateral
Tipo de luminária (Lâmpada)	Descarga	Descarga	Descarga	Não possui
Classificação da via	V4	P3	P3	V4

Fonte: Autor (2021).

Com os dados coletados nas dependências da UFSM e para comprovação do trabalho, foi utilizado o meio computacional do software DIALux™. A partir deste software, pode-se usar as medidas das vias para criar um ambiente similar com a realidade, a fim de ser analisado e ajustar diferentes modelos de luminárias e alturas de montagem a partir de catálogos de empresas e algumas informações fornecidas pelo PROINFRA, nas quais são adotadas nos modelos mais atuais da IP da UFSM. Onde foram disponibilizados 2 modelos de luminárias e o terceiro modelo por escolha própria para contemplar as 3 opções de luminária, com intuito de analisar as situações do sistema de IP em comparação ao sistema medido em campo da atual IP. A partir da simulação do software e averiguação com as luminárias proporcionadas, encontra-se a melhor forma de adequação da IP em conformidade a normativa para as vias catalogadas neste trabalho e constatar que as luminâncias medidas em campo não atente a NBR 5101 (2012).

3.4 CENÁRIOS

Foram criados três cenários para avaliação das vias, fazendo comparações de dados de campo com os dados simulados, para atender todas as condições limites impostas pela norma mencionada no capítulo 2.

Os cenários propostos foram:

- a) Condição atual.
- b) Simulação, reprojeto usando luminária já adotadas pela UFSM, mantendo as mesmas distribuições de postes, com 3 opções de luminárias.

c) Simulação, projeto para vias onde não se possui iluminação, também adota 3 opções de luminárias.

A partir dos cenários apresentados acima, foi possível analisar os resultados, os quais são comparados e desenvolvidos no próximo capítulo.

3.5 CONCLUSÃO

Conforme apresentado, pode-se notar que com as rotinas de coletas de dados torna-se possível realizar a análise dos dados para verificar se a IP está obedecendo os índices mínimos permitido pela normativa. Caso não se obedeça a esses requisitos, é possível realizar a comparação com a simulação desenvolvidas em cima dos cenários propostos, a fim de extrair com precisão os problemas e soluções da IP da UFSM para que se tenha resultados para se evitar ou solucionar os problemas mostrado no capítulo 2 na seção 2.3.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados seguindo a metodologia relatada anteriormente, para que a coleta de dados e simulações seja compatível e, desse modo, torne possível compará-las. Com isso, apresenta-se os dados coletados em campo, seguindo a malha de medição conforme a normativa e seus resultados. Em seguida, são apresentadas as simulações desenvolvidas com base nos cenários propostos e seus resultados e, por fim, a comparação entre ambos juntamente com a discussão dos resultados. Ao final, apresenta-se a conclusão do presente capítulo.

4.1 MEDIÇÕES: DADOS DE CAMPOS E RESULTADOS

Para desenvolvimentos das medições em campo, com os valores de largura e comprimento das vias medidos, descrito na metodologia, e com a malha de verificação detalhada, apresentada na revisão bibliográfica, definiu-se primeiramente a malha de medição.

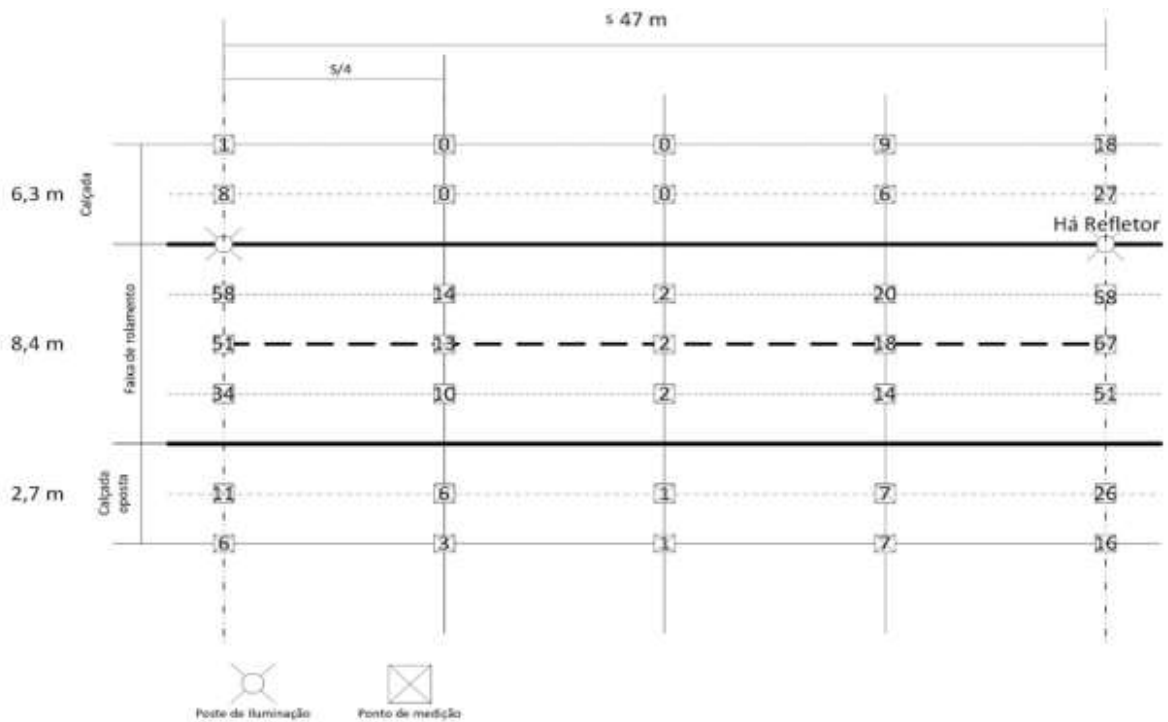
A malha de medição levou em conta o número de faixas de rolamento que a via possui. Para as vias catalogadas nesse trabalho, destaca-se que todas possuem uma faixa de rolamento. Logo, pela NBR 5101 tem-se quinze pontos na grade de medição e esses pontos são distribuídos ao longo da via entre dois postes conforme mostrado na Figura 1 do capítulo 2. Em relação à via de pedestre, ao considerar que a maioria das ruas de pedestre possuem largura maior ou igual a três metros, optou-se por fazer duas linhas longitudinal de medições, até mesmo que para aquelas vias que possuem largura menor de três metros, pois com mais pontos de medição mais informações sobre a via se obtém.

Com isso, se desenvolveram as medições para cada via estudada, de forma mais detalhada, descrevendo as malhas de medição para as ruas e seus principais dados extraídos para que se possa analisar a via, as quais são mostradas a seguir.

4.1.1 Rua lateral do centro de tecnologia

Para a via que na lateral do CT, obteve-se uma malha de medição e os respectivos dados de luminância em cada ponto definido são apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Dados coletados via CT, cenário A.



Fonte: Autor (2021).

A partir da Figura 9, foi possível extrair a malha de medição luminância média das vias de veículos e pedestres fazendo a média aritmética dos valores encontrados, os fatores de uniformidade e compara-los com valores que a norma define para o tipo de classificação da via exige. O Quadro 15 apresenta um comparativo dessas informações.

Quadro 15 - Dados coletados e dados referência lateral CT, cenário A.

Dados Coletados			Dados Referência		
Tipo de Via	Iluminância Média $E_{méd}$ (Lux)	Fator de Uniformidade $U = E_{min}/E_{med}$	Iluminância Média mínimo $E_{méd,min}$ (Lux)	Fator de Uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$	Classificação Via
Veículo	27,6	0,07	10	0,2	V4
Pedestre Superior	6,9	0	5	0,2	P3
Pedestre Inferior	8,4	0,11	5	0,2	P3

Fonte: Autor (2021).

A partir dos dados do Quadro 15, verifica-se que os índices de iluminância média da via de veículos obedecem ao índice mínimo estipulado pela NBR 5101. Porém, ao analisar o fator de uniformidade (U) constata-se o valor praticamente zerado. Ao comparar com a Figura 9, verifica-se que no centro da via possui índices baixos em comparação aos valores das extremidades da via amostrada, que são muito superiores sendo até vinte e cinco vezes maiores, e que possivelmente é o fator que influencia o valor encontrado fator de uniformidade (U). Sendo assim, o fator de uniformidade torna-se baixo e não atinge o valor mínimo exigido pela normativa.

Para as vias de pedestres, nota-se que a iluminância média são superiores aos valores que NBR 5101 exige e, logo, tem-se nesse fator o ideal para via. Todavia, ao verificar o fator de uniformidade constata-se que, novamente, não é compatível com a normativa pelo fato de a parte central da rua de pedestres ter luminância praticamente zero e nas extremidades valores dentro do adequado.

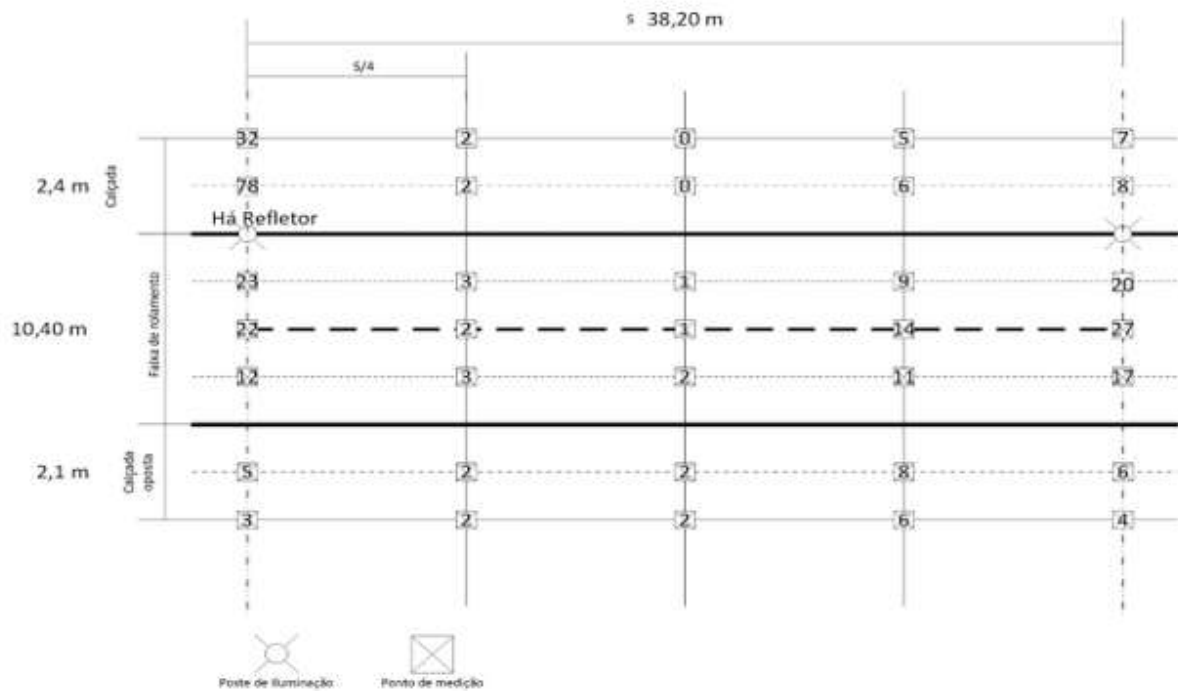
Ademais, acredita-se que esse problema no fator de uniformidade é ocasionado devido ao fato de a luminária não possuir ângulo de abertura adequado para o centro das vias de veículos e pedestres tenha iluminância adequado. Outro fator que deve ser destacado está relacionado com o tipo de pavimento que é composto por pedras opacas, onde não há refletância significativa e, com isso, faz que a luz não reflita adequadamente e também por baixa manutenção (falta de limpeza) da luminária. Porém, fica evidente que mesmo com a realização de limpeza esse tipo de luminária, por inspeção visual, não possui ângulos de abertura suficientes. Finalmente, pode-se notar que há um refletor localizado atrás do poste indicado na Figura 9 (Anexo G), mas, como é um refletor focado em um determinado ponto, ele só interfere na iluminância direcional, não causando efeito considerável para os lados.

Pelos dados coletados, consegue-se constatar que a via não se encontra em conformidade a normativa. Assim, realizou-se o teste no software DIALux do cenário B proposto na metodologia, para que esses índices analisados anteriormente sejam compatíveis com NBR 5101.

4.1.2 Rua lateral do HUSM e Biblioteca central da UFSM

A coleta de campo realizada nesta via, seguiu os parâmetros definidos pela malha de medição apresentado no início deste capítulo e se obteve a malha de medição mostrada na Figura 10.

Figura 10 - Dados coletados via lateral do HUSM, cenário A.



Fonte: Autor (2021).

A iluminância média da via de pedestre e veículos mostrada na Figura 10 e os fatores de uniformidade são extraídos da malha de medição e comparados com valores que a NBR 5101 definidos para a classificação desta rua. O Quadro 16 mostra um comparativo dessas informações.

Quadro 16 - Dados coletados e dados referência via lateral HUSM, cenário A.

Dados Coletados			Dados Referência		
Tipo de Via	Iluminância Média $E_{méd}$ (Lux)	Fator de Uniformidade $U = E_{min}/E_{med}$	Iluminância Média mínimo $E_{méd,min}$ (Lux)	Fator de Uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$	Classificação Via
Veículo	11,13	0,005	10	0,2	V4
Pedestre Superior	14	0	5	0,2	P3
Pedestre Inferior	4	0,5	5	0,2	P3

Fonte: Autoria Propria,2021.

A partir dos dados do Quadro 16, comparando novamente os resultados extraídos em campos com os valores estipulados pela NBR 5101, percebe-se que os índices de iluminância média da via de veículos está compatível com o valor de referência. Porém, ao analisar a uniformidade da rua, nota-se que nas extremidades mais perto do ponto de luz, tem fatores desejáveis, enquanto para o centro da via os valores de luminância diminuem ao ponto de quase ser zero. Isso faz com que o fator de uniformidade (U) apresente o valor praticamente zerado e esse detalhe pode ser visto pela Figura 10 da malha de medição mostrada anteriormente.

Para as vias de pedestres, ao verificar o Quadro 16 e analisar a rua de pedestre inferior, nota-se que se obteve fator de uniformidade muito superior ao que a normativa exige. Porém, o índice de iluminância média está abaixo do valor estipulado para essa determinada classificação de via e, para a via de pedestre superior nota-se o contrário uma vez que se identifica um valor de iluminância média muito superior ao valor mínimo que a normativa solicita. Contudo, o fator de uniformidade não segue o que estava sendo esperado. Logo as duas vias estão fora do padrão exigido.

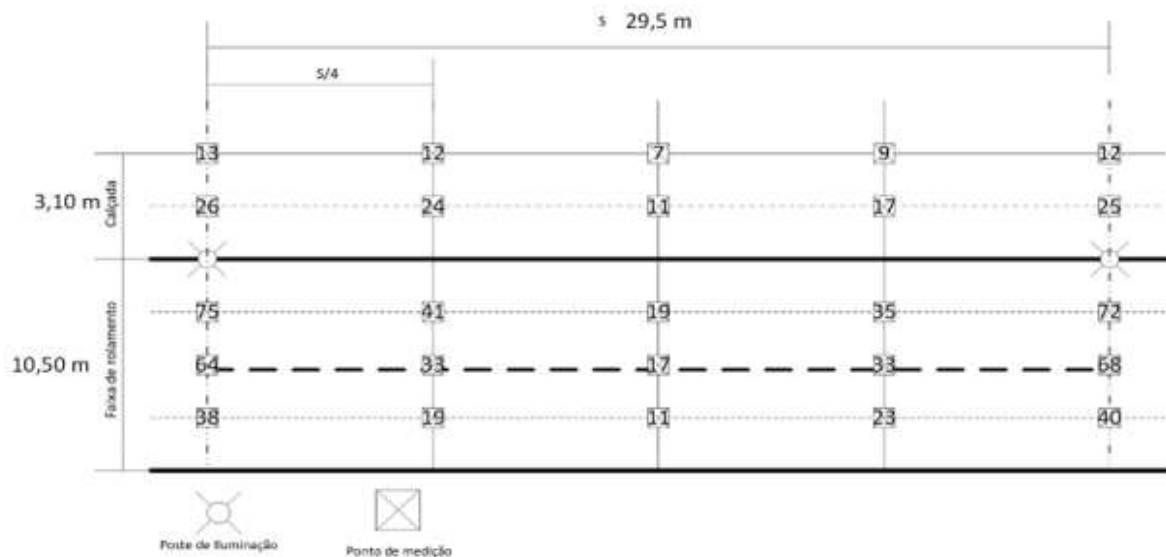
Desse modo, novamente tem-se o problema onde as luminárias possuem um ângulo de abertura insuficiente para que o centro da via tenha luminância adequada e, também, percebe-se a falta de refletância do pavimento, composto por pedras opacas e faz com que essa refletância não ocorra satisfatoriamente, afetando principalmente o centro da via com pouca luminância. Por fim, pode-se notar que há um refletor localizado atrás do poste indicado na Figura 10 (Anexo E), que faz aumentar o índice de luminância. Porém, o refletor tem objetivo de iluminar somente em um determinado foco. Logo, para o restante da via o refletor não surte efeito e somente haveria resultados aumentando o valor de iluminância média da via de pedestre superior. Conforme mostrado no Quadro 16, o valor é bem alto, porém, para o restante da via os valores são bem inferiores.

Com os dados coletados, revendo toda a análise, têm-se que as vias não se encontram em conformidade com a norma e, para isso, realizou-se o teste no software DIALux com o cenário B, proposto na metodologia, visando atingir os índices de referência esperados.

4.1.3 Rua lateral ao prédio da química

Para esta via, realizou-se a coleta dos dados da malha de medição, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Dados coletados da via lateral da química, cenário A.



Fonte: Autor (2021).

A partir dos dados da malha obtidos com a Figura 11, foi possível elaborar o Quadro 17.

Quadro 17 - Dados coletados e dados referência via lateral da química, cenário A.

Dados Coletados			Dados Referência		
Tipo de Via	Iluminância Média $E_{méd}$ (Lux)	Fator de Uniformidade $U = E_{min}/E_{med}$	Iluminância Média mínimo $E_{méd,min}$ (Lux)	Fator de Uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$	Classificação Via
Veículo	39,2	0,28	10	0,2	V4
Pedestre Superior	15,6	0,44	5	0,2	P3

Fonte: Autor (2021).

Tendo em mãos os dados da Figura 11 e do Quadro 17, verifica-se que as vias de veículos e pedestre atinge os índices de iluminância média e, quando comparados com os valores que a NBR 5101 solicita, os dados das vias são bem superiores. Ainda, ao analisar o fator de uniformidade, também se obtém com exido os índices e, conforme a Figura 11, os valores de luminância seguem uma padronização ao longo da via, com uma queda no centro

na via. Porém, por ser uma queda menor ao comparado com valor das extremidades, faz com que haja uniformidade na via e, assim, os índices dos fatores de uniformidade estão obedecendo a normativa.

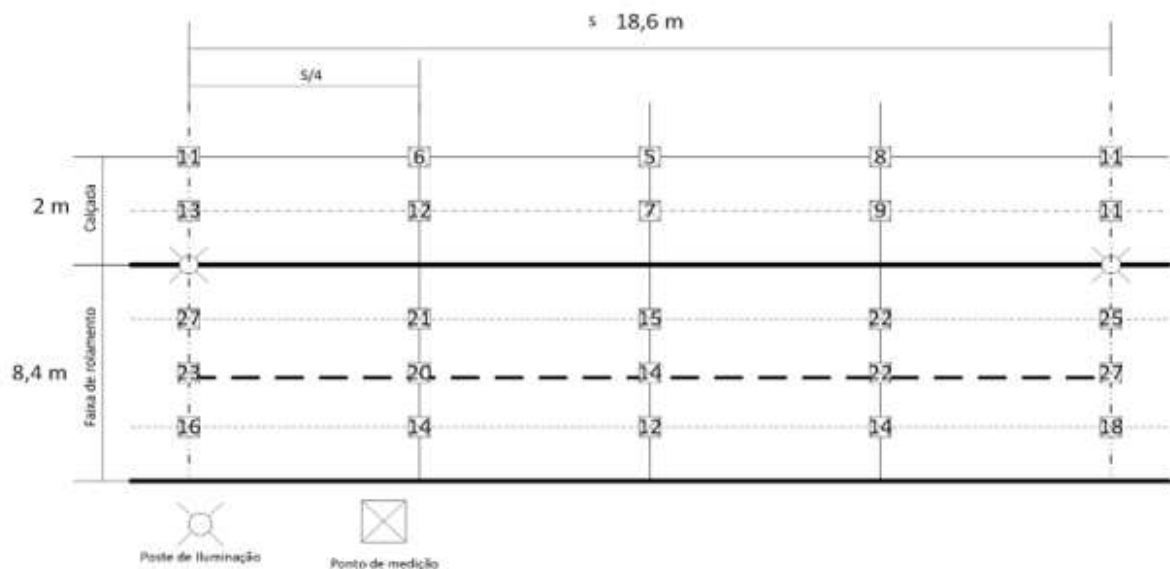
Para essa via, têm-se os valores esperados, pois, por inspeção visual e ao verificar o anexo D nota-se que a luminária instalada tem ângulo de abertura bem considerável permitindo que a luz seja distribuída para trás e nas laterais. Além disso, percebe-se que as luminárias estavam mais limpas, afetando bastante para que a luminância seja maior na via. Ainda, o tipo de pavimento, composto por pedras, as quais estavam bem polidas, permitem que a refletância da luz seja maior e também não ocorra efeito de árvores sobre a pista, aumentando a distribuição da iluminação.

Portanto, a via localizada na lateral dos prédios da química da UFSM está com seus índices de iluminância médio e fator de uniformidade dentro do esperado, não sendo necessário reprojeto para melhoria.

4.1.4 Rua em frente à Casa do estudante

Para a via em frente à casa do estudante, obteve-se a malha de medição mostrada na Figura 12.

Figura 12 - Dados coletados na frente da casa do estudante, cenário A.



Fonte: Autor (2021).

Com a malha de medição confeccionada, foi possível construir o Quadro 18, apresentando os dados necessários para análise da via.

Quadro 18 - Dados coletados e dados referência via em frente a cada do estudante, cenário A.

Dados Coletados			Dados Referência		
Tipo de Via	Iluminância Média $E_{méd}$ (Lux)	Fator de Uniformidade $U = E_{min}/E_{med}$	Iluminância Média mínimo $E_{méd,min}$ (Lux)	Fator de Uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$	Classificação Via
Veículo	20	0,6	5	0,2	V5
Pedestre Superior	9,3	0,53	3	0,2	P4

Fonte: Autor (2021).

Para esta via, utilizam-se atualmente luminárias led, que são mais modernas, possuem um efeito melhor na luminância na via e uma distribuição de lâmpadas uniforme ao longo da via, conforme pode-se notar no Anexo F. Isso também é percebido pela observação dos dados do Quadro 18, no qual os valores de iluminância média para veículos e pedestre atingem com superioridade os valores mínimos permitidos pela NBR 5101. Além disso, por possuir um espaçamento menor entre os postes e tendo um pavimento com pedra mais polidas, ocasiona a refletância da luz maior atingindo os índices de fator uniformidade muito superior com mínimo necessário pela norma.

Logo, para esta via, percebe-se boa qualidade da IP, pois atinge todos os valores esperados, além de utilizar luminária moderna e tem uma refletância da luz conforme o esperado para que a luz seja refletida com propósito necessário sem ocasionar problemas de poluição luminosa relatada no capítulo 2.3. Por fim, ao verificar a rua e analisar o Anexo F nota-se que os galhos das árvores atingem o centro da pista de rodagem. Assim, acredita-se que seja necessário realizar podas das árvores que, embora ainda não estejam ocasionando problema na distribuição luminosa, com o tempo podem interferir.

4.1.5 Ruas em frente reitoria e saída jardim botânico

Para essas vias, não foi realizada a malha de medição. A inspeção visual da rua localizada em frente a reitoria, mostra que os postes de IP não possuem padronização e a via conta com bastante falha de iluminação. Portanto, conclui-se que não havia possibilidade de

fazer uma amostra entre dois postes e a Figura 13 confirma a atual situação. Além disso, é possível notar que a via conta com problemas de podas de árvore, possuindo árvores que atravessam a via, afetando muita na distribuição luminosa.

Figura 13 - Atual situação IP em frente a reitoria, cenário A.



Fonte: Autor (2021).

Quanto a via localizada na saída do jardim botânico, contata-se que ela não possuiu iluminação pública instalada e assim não se tem nenhum parâmetro para realizar uma malha de medição. Conforme mostrado na Figura 14, retrata-se que a via não possui nenhum poste de iluminação.

Figura 14 - Atual situação IP saída jardim botânico, cenário A.



Fonte: Google Earth (2021).

Sendo assim, essas vias serão propostas em um sistema de IP novo, seguindo o cenário C proposto, com as simulações com apoio do software DIALux, visando obter a melhor solução do sistema.

4.2 SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Os fundamentos das simulações tomam como referência as informações definidas na metodologia, onde para vias localizadas na lateral do centro de tecnologia e lateral do HUSM, se utilizou o cenário B definido no capítulo 3. Para as ruas em frente da reitoria e saída do jardim botânico, a simulação se desenvolveu no cenário C.

Outro parâmetro relevante para as simulações foi a definição do tipo de pavimento, uma vez que o software DIALux se referencia na norma europeia EN-13201 (2015) e, com isso, foram analisados os modelos de pavimento que a normativa detém para se equivaler com os modelos que temos aqui no Brasil. Logo, para o âmbito da UFSM, se detém em dois modelos, pedras opacas e asfalto com brilho. Pela norma EN-13201 (2015), esses modelos são representados pelo concreto fosco (R1) e asfalto com leve refletância (R3) respectivamente.

As três opções de luminárias utilizadas na simulação foram obtidas a partir das empresas Faner LED, G-light e LED Consulting e têm os parâmetros no quadro 19, sendo complementado por maiores informações nos Anexos A até C.

Quadro 19 - Parâmetros luminárias.

Parâmetros Luminárias				
Numeração de opções de luminária	Modelo Luminária	Potência em (Watts)	Fluxo Luminoso (Lux)	Gráfico de distribuição luminosa (Anexo)
1	Faner LED street light	150	21453	A
2	Luminária Rua 3030 Petala	100	15976	C
3	Led G-Light 419	150	19500	B

Fonte: Autor (2021).

4.2.1 Simulação via lateral do centro de tecnologia

A simulação desenvolvida para esta via considerou as luminárias mostradas anteriormente, baseado no cenário B, nos dados da via definidos na metodologia e alguns parâmetros de montagem da luminária que são fornecidos no Quadro 20.

Quadro 20 - Parâmetros luminárias, lateral CT, cenário B.

Parâmetros	
Tipo de Pavimento	Pedra opaca (R1)
Distância entre Postes	47 metros
Altura ponto de luz	10 metros
Inclinação braço extensor	10 graus
Pendor do ponto de luz	2 metros
Distância do poste-pista de rodagem	0,20 metros

Fonte: Autor (2021).

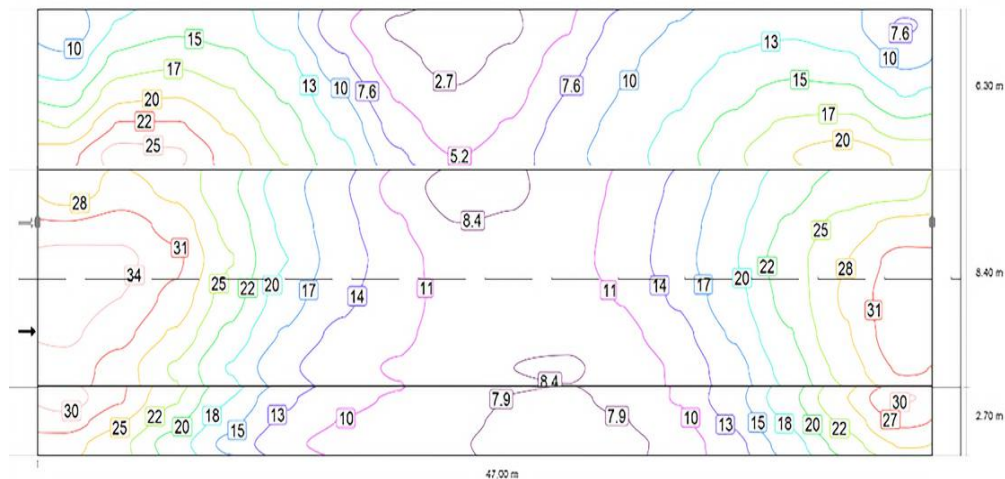
Com esses parâmetros definidos, simularam-se os três modelos de luminárias e os resultados são mostrados nas Figuras 15 até 17 a seguir. Além disso, com as simulações se

obtiveram a iluminância média e o fator de uniformidade para três opções de luminárias em comparação com os valores definidos por norma. Esses dados são apresentados no Quadro 21.

Ao analisar as Figuras 15 a 17 juntamente com os dados do Quadro 21, verifica-se que, dentre todas as luminárias testadas para o cenário proposto, a opção 3 apresenta-se como a melhor e é a única que atingiu os níveis exigidos pela NBR 5101. Nota-se que o índice de iluminância média da via de veículos detém o valor de 16,1 Lux, sendo muito superior ao valor da normativa e, as vias de pedestre superior e inferior obteve valores de 8,03 Lux e 14,71 Lux, respectivamente, dentro do que a norma solicita.

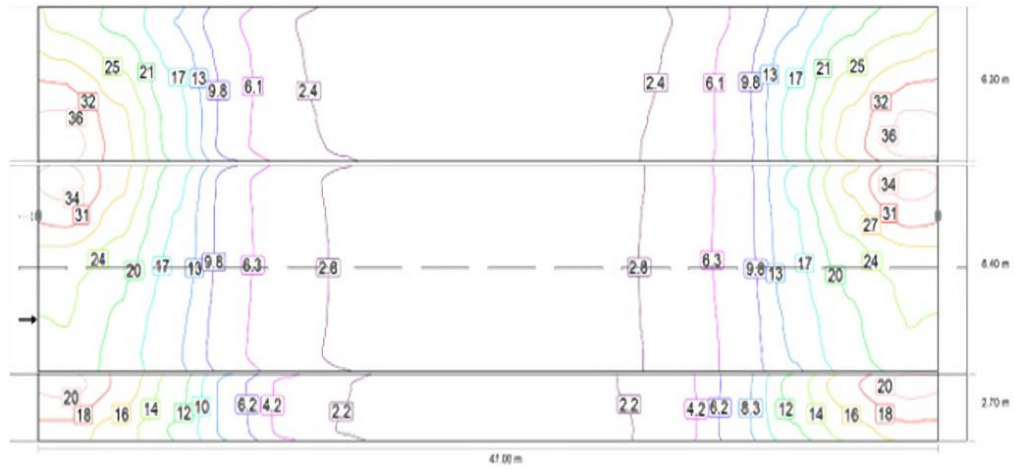
Ao analisar o fator de uniformidade, nota-se na Figura 17 que ao longo da via se consegue uma uniformidade constante e valores superiores ao referencial da normativa. Para este cenário proposto, por se manter as disposições dos postes, optou-se pelo aumento da altura de montagem das luminárias para 10 metros para que se atinge-se os índices necessários. Por fim, nessa simulação foi possível decidir pela opção 3 na qual todos os índices e iluminação estão adequados dentro dos valores esperados.

Figura 15 - Opção 1, rua lateral CT, cenário B.



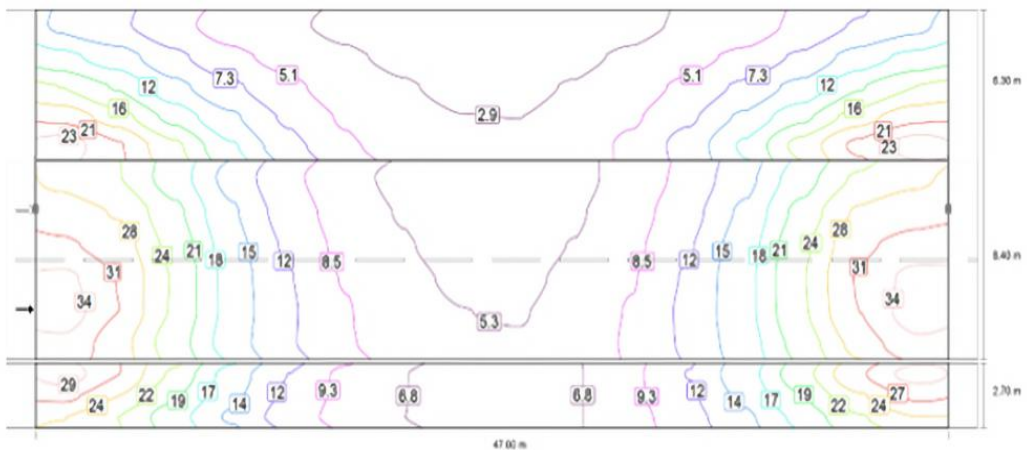
Fonte: DIALux,2021.

Figura 16 - Opção 2, rua lateral CT, cenário B.



Fonte: DIALux (2021).

Figura 17- Opção 3, rua lateral CT, cenário B.



Fonte: DIALux,2021.

Além disso, com a simulação se obteve os valores a serem analisado de iluminância média, fator de uniformidade para três opções de luminárias em comparação com os valores definidos por norma. Esses dados são apresentados no Quadro 21.

Quadro 21 - Resultado simulação, rua lateral CT, cenário B.

Dados Simulados			Dados Referência		
Tipo de Via	Iluminância Média $E_{méd}$ (Lux)	Fator de Uniformidade (U)	Iluminância Média mínimo (Lux)	Fator de Uniformidade mínimo (U)	Classificação Via

Veículo (Opção 1)	19,3	0,36	10	0,2	V4
Pedestre Superior (Opção 1)	12,27	0,12	5	0,2	P3
Pedestre Inferior (Opção 1)	15,24	0,43	5	0,2	P3
Veículo (Opção 2)	10,3	0,09	10	0,2	V4
Pedestre Superior (Opção 2)	10,99	0,04	5	0,2	P3
Pedestre Inferior (Opção 2)	8,07	0,14	5	0,2	P3
Veículo (Opção 3)	16,1	0,22	10	0,2	V4
Pedestre Superior (Opção 3)	8,03	0,22	5	0,2	P3
Pedestre Inferior (Opção 3)	14,71	0,37	5	0,2	P3

Fonte: Autor (2021).

4.2.2 Simulação da via lateral do HUSM

A simulação desenvolvida para o cenário B juntamente com as luminárias mostradas no início desse capítulo e para os dados da via definidos na metodologia permitiu estabelecer alguns parâmetros de montagem das luminárias, conforme mostrados no Quadro 22. Com a definição dos parâmetros apresentados no Quadro 22, realizaram-se as simulações para os três modelos de luminárias, e os respectivos resultados são mostrados nas Figuras 18 a 20. A partir da simulação foi possível extrair os valores que serão analisados em relação à iluminância média, fator de uniformidade para três opções de luminárias em comparação com os valores definidos por norma. Esses dados estão representados no Quadro 23.

Analisando as Figuras 18, 19 e 20 juntamente com os dados do Quadro 23, pode-se extrair a informação de que as opções 1 e 3 de luminárias para o cenário proposto atingiu os índices desejáveis. Ambas as luminárias possuem potência de 150 watts, porém, a luminária de opção 1 apresenta um fluxo luminoso maior e consegue-se adquirir os valores de

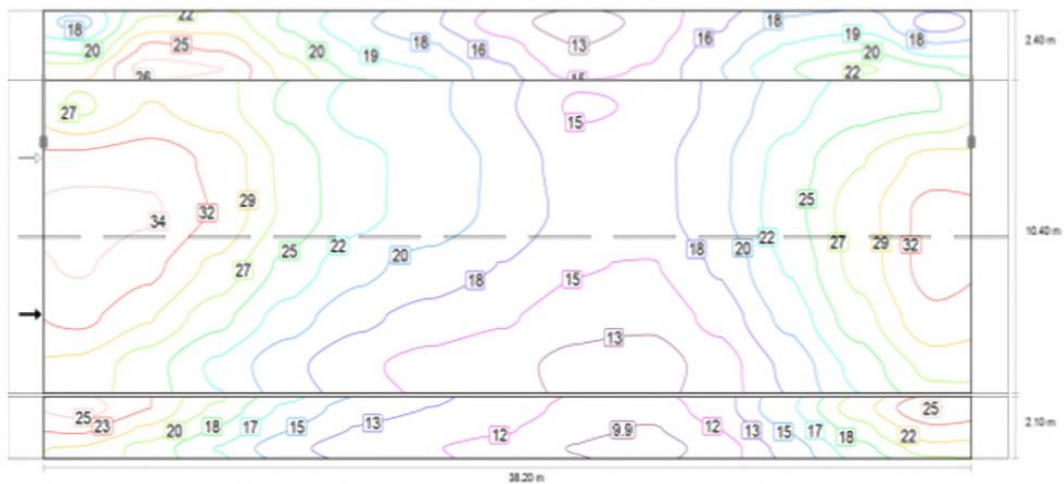
iluminância média maiores. Mesmo as duas luminárias com fator de uniformidade dentro do que a NBR 5101 permite, através das Figuras 18 e 20 nota-se que a opção 1 tem uma distribuição mais regular do fluxo luminoso em comparação a opção 3. Por fim, nessa simulação foi possível optar por dois modelos de luminárias distintas para alcançar os índices e iluminação adequados dentro dos valores esperados.

Quadro 22 - Parâmetros luminárias, lateral HUSM, cenário B.

Parâmetros	
Tipo de Pavimento	Pedra opaca (R1)
Distância entre Postes	38,20 metros
Altura ponto de luz	10 metros
Inclinação braço extensor	10 graus
Pendor do ponto de luz	2 metros
Distância do poste-pista de rodagem	0,20 metros

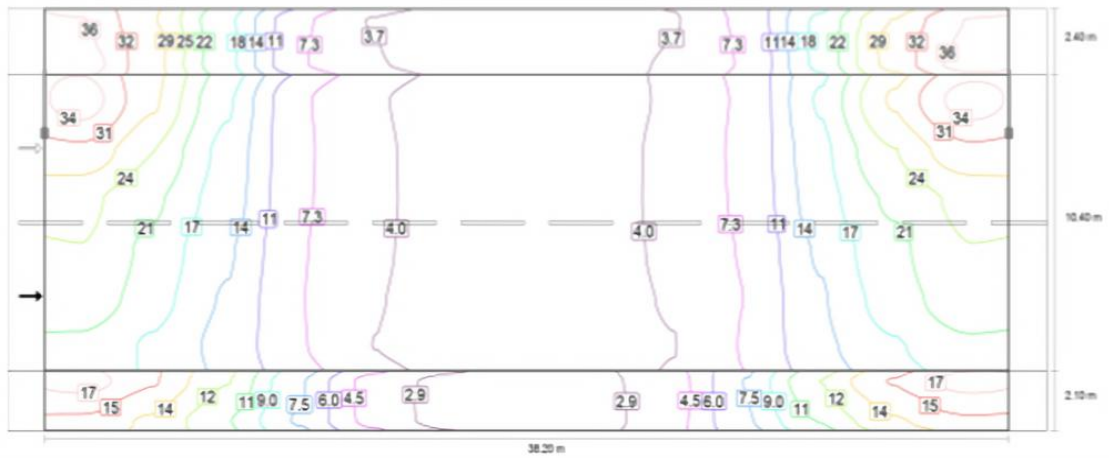
Fonte: Autor (2021).

Figura 18 - Opção 1, rua lateral HUSM, cenário B.



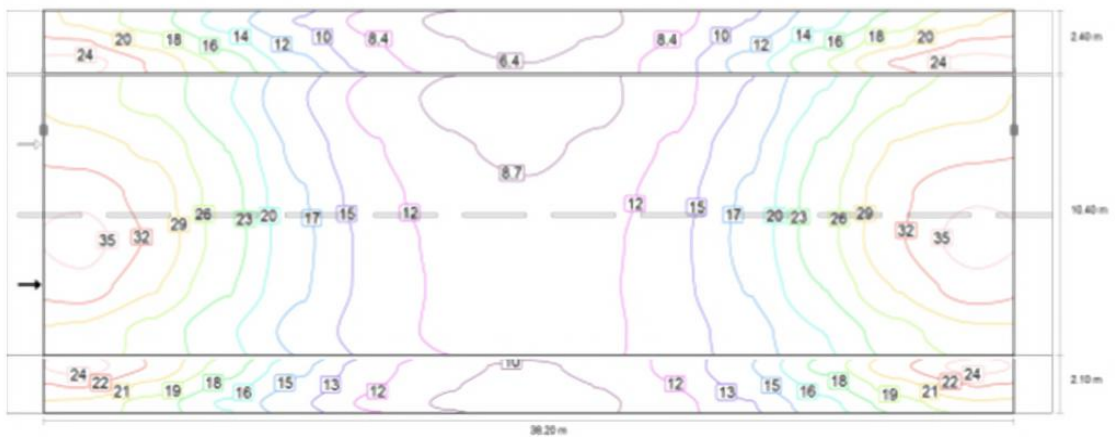
Fonte: DIALux (2021).

Figura 19 - Opção 2, rua lateral HUSM, cenário B.



Fonte: DIALux (2021).

Figura 20 - Opção 3, rua lateral HUSM, cenário B.



Fonte: DIALux (2021).

Quadro 23 - Resultados da simulação, rua lateral HUSM, cenário B.

Dados Simulados			Dados Referência		
Tipo de Via	Iluminância Média $E_{méd}$ (Lux)	Fator de Uniformidade (U)	Iluminância Média mínimo (U)	Fator de Uniformidade mínimo (Lux)	Classificação Via
Veículo (Opção 1)	22,8	0,52	10	0,2	V4
Pedestre Superior (Opção 1)	18,71	0,66	5	0,2	P3
Pedestre	15,72	0,57	5	0,2	P3

Inferior (Opção 1)					
Veículo (Opção 2)	12,1	0,19	10	0,2	V4
Pedestre Superior (Opção 2)	15,45	0,12	5	0,2	P3
Pedestre Inferior (Opção 2)	8,72	0,25	5	0,2	P3
Veículo (Opção 3)	19,6	0,37	10	0,2	V4
Pedestre Superior (Opção 3)	13,43	0,40	5	0,2	P3
Pedestre Inferior (Opção 3)	15,53	0,61	5	0,2	P3

Fonte: Autor (2021).

4.2.3 Simulação via em frente a reitoria

Para a via localizada em frente a reitoria, a simulação desenvolvida em cima do cenário C, cujo qual não se possui uma iluminação padronizada ao longo da via e já mostrado na seção 4.1.5 com a Figura 13, mostra que o projeto se definiu com a melhor opção para distribuição dos postes de iluminação. Além disso, através das luminárias mostradas no início desse capítulo, dos dados da via definidos na metodologia e alguns parâmetros de montagem da luminária, foi possível construir o Quadro 24. Com esses parâmetros definidos, se realizou as simulações para os três modelos de luminárias e os resultados são mostrados nas Figuras 21 a 23.

Com a realização de simulação, extraíram-se os valores de iluminância média, fator de uniformidade para três opções de luminárias em comparação com os valores definidos por norma. Esses dados são representados no Quadro 25. Para esta via, que não possui uniformidade, encontra-se a solução analisando as Figuras 21 a 23 juntamente com os dados do Quadro 25. Desse modo, têm-se que as opções 1 e 3 de luminárias satisfazem os índices recomendados pela NBR 5101.

Além disso, verifica-se que ambas as luminárias escolhidas mantêm um fator de uniformidade excelente e ao observar as linhas de referências nas Figuras 21 e 23 comprova-

se que a uniformidade se manteve constante ao longo da via para as definições de cenário proposto. Ainda, a iluminância média apresentou valores excelentes.

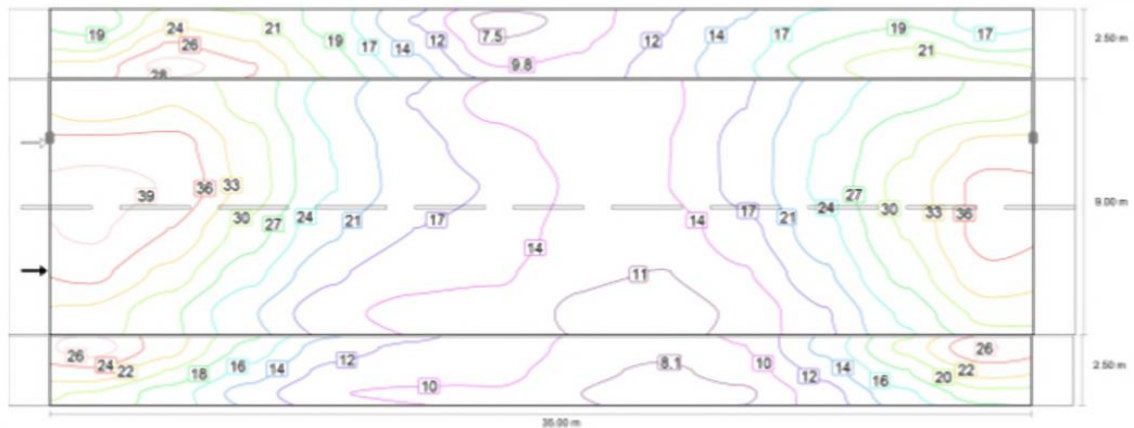
Por fim, nessa simulação é possível propor um sistema de IP novo para a via analisada e optar por dois modelos de luminárias distintas para alcançar os índices e iluminação adequados dentro dos valores esperados

Quadro 24 - Parâmetro luminárias, em frente reitoria, cenário C.

Parâmetros	
Tipo de Pavimento	Pedra opaca (R1)
Distância entre Postes	35 metros
Altura ponto de luz	8 metros
Inclinação braço extensor	10 graus
Pendor do ponto de luz	2 metros
Distância do poste-pista de rodagem	0,20 metros

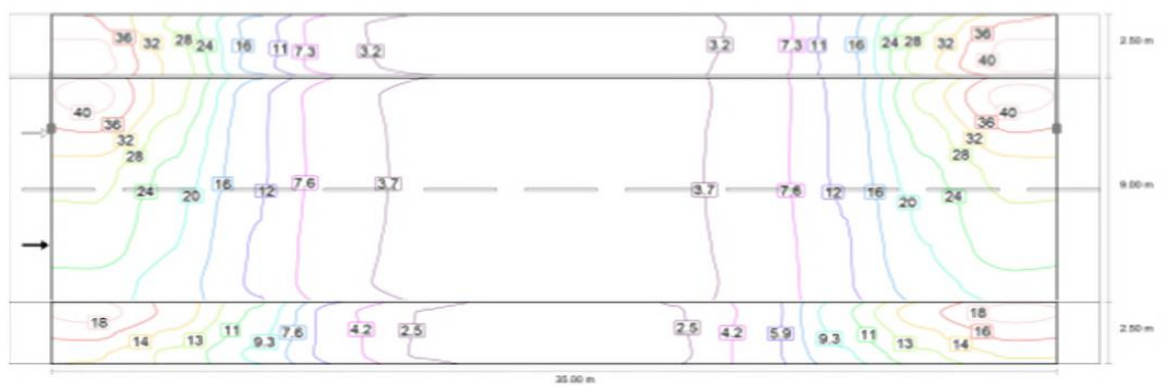
Fonte: Autor (2021).

Figura 21 - Opção 1, rua em frente da reitoria, cenário C.



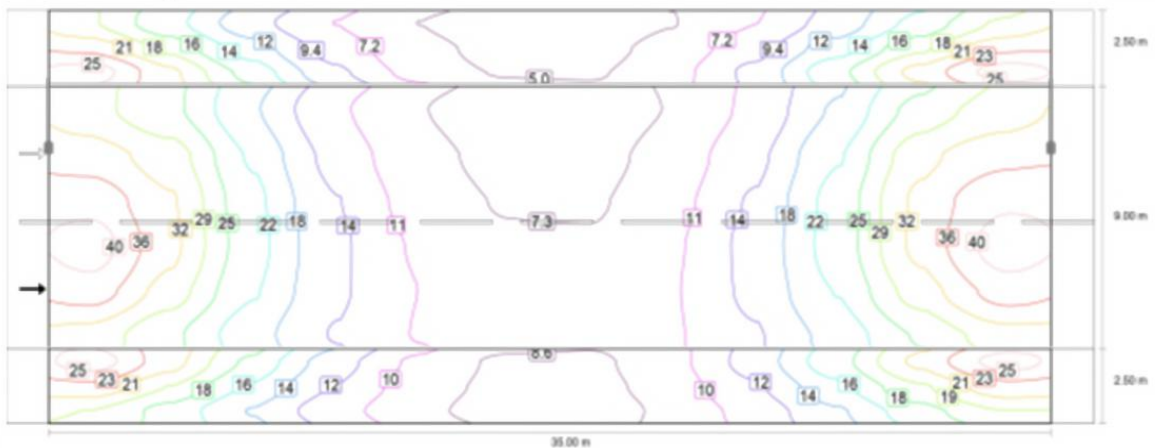
Fonte: DIALux (2021).

Figura 22 - Opção 2, rua em frente da reitoria, cenário C.



Fonte: DIALux (2021).

Figura 23 - Opção 3, rua em frente da reitoria, cenário C.



Fonte: DIALux (2021).

Quadro 25 - Resultados da simulação, rua em frente da reitoria, cenário C.

Dados Simulados			Dados Referência		
Tipo de Via	Iluminância Média $E_{méd}$ (Lux)	Fator de Uniformidade (U)	Iluminância Média mínimo (Lux)	Fator de Uniformidade mínimo (U)	Classificação Via
Veículo (Opção 1)	22,9	0,42	10	0,2	V4
Pedestre Superior (Opção 1)	17,34	0,36	5	0,2	P3
Pedestre Inferior	14,41	0,49	5	0,2	P3

(Opção 1)					
Veículo (Opção 2)	12,4	0,13	10	0,2	V4
Pedestre Superior (Opção 2)	15,14	0,07	5	0,2	P3
Pedestre Inferior (Opção 2)	8,25	0,20	5	0,2	P3
Veículo (Opção 3)	19,6	0,22	10	0,2	V4
Pedestre Superior (Opção 3)	11,94	0,32	5	0,2	P3
Pedestre Inferior (Opção 3)	14,53	0,53	5	0,2	P3

Fonte: Autor (2021).

4.2.4 Simulação via saída jardim botânico

Para a via localizada na saída do jardim botânico, as informações do cenário C mostram que não há uma iluminação real padronizada ao longo da via. O mesmo resultado foi apresentado na seção 4.1.5, na Figura 14. Logo, para esse projeto foi possível definir como melhor opção para distribuição dos postes de iluminação e as luminárias os dados da via definidos na metodologia e com alguns parâmetros de montagem da luminária, os quais estão definidos no Quadro 26. Com esses parâmetros definidos, realizou-se simulações para os três modelos de luminárias. Os respectivos resultados são mostrados nas Figuras 24 até 26 que seguem. Os valores da simulação a serem analisados de iluminância média, fator de uniformidade para três opções de luminárias em comparação com os valores definidos por norma, esses dados estão representados no Quadro 27.

Para esta via, que não possui iluminação atualmente, encontra-se a solução analisando as Figuras 24, 25 e 26 juntamente com os dados do Quadro 27 e observando os índices recomendados pela NBR 5101. Verifica-se que as opções 1 e 3 de luminárias satisfazem esses critérios. Com isso, têm-se que ambas as luminárias escolhidas atingem os índices de iluminância média e fator de uniformidade. Porém, ao analisar a Figura 24 verifica-se uma uniformidade melhor distribuída ao longo da via do que a opção 3 da Figura 26.

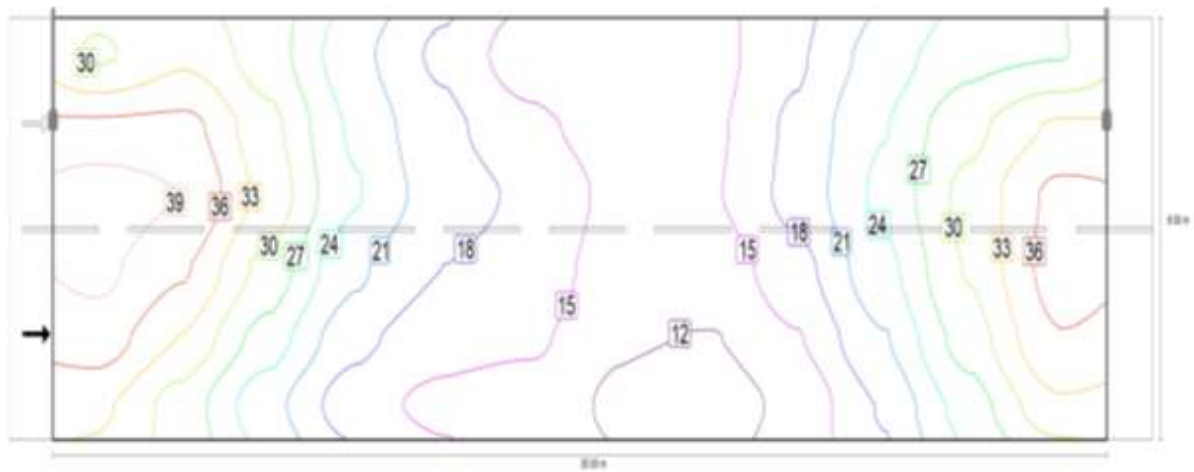
Por fim, essas opções de luminária conseguem propor um sistema de IP novo para a via e possibilitam optar por dois modelos de luminárias distintas a fim de alcançar os valores e iluminação adequados dentro dos valores esperados.

Quadro 26 - Parâmetros luminárias, rua saída jardim botânico, cenário C.

Parâmetros	
Tipo de Pavimento	Asfalto pouco brilho (R3)
Distância entre Postes	35 metros
Altura ponto de luz	8 metros
Inclinação braço extensor	10 graus
Pendor do ponto de luz	2 metros
Distância do poste-pista de rodagem	0,20 metros

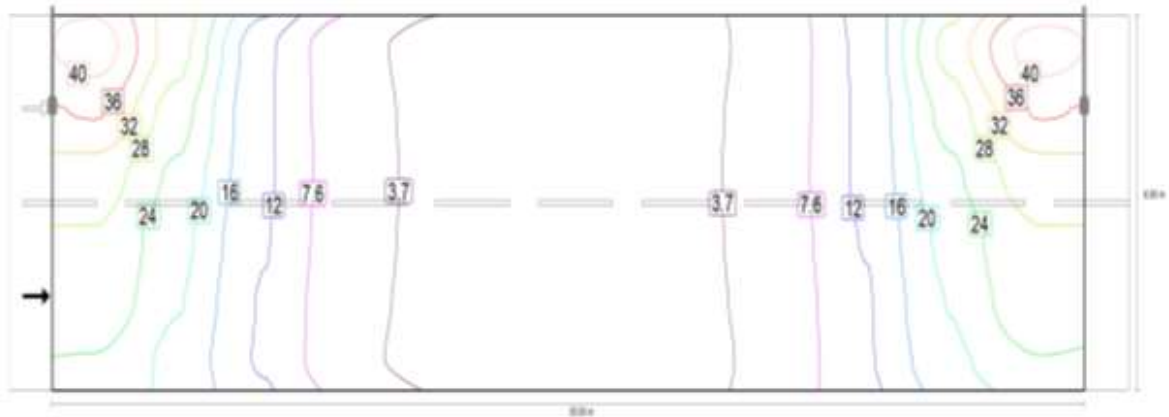
Fonte: Autor (2021).

Figura 24 - Opção 1, rua saída jardim botânico, cenário C.



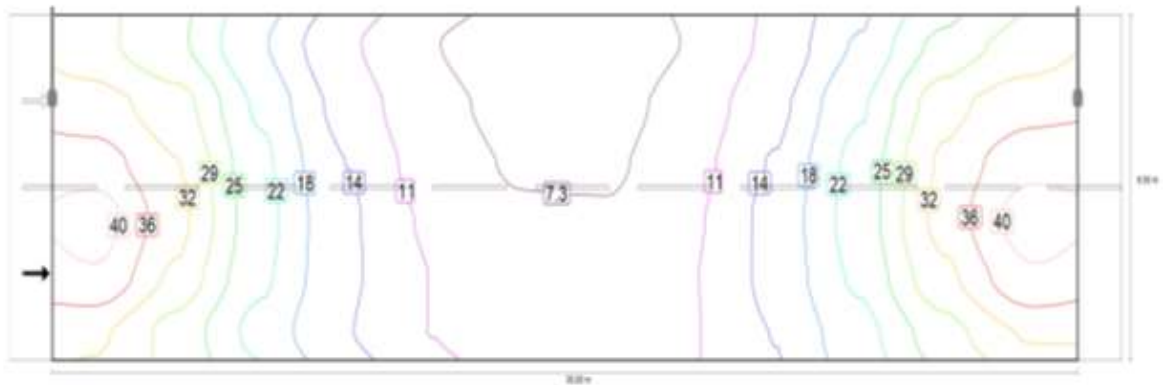
Fonte: DIALux (2021).

Figura 25 - Opção 2, rua saída jardim botânico, cenário C.



Fonte: DIALux (2021).

Figura 26 - Opção 3, rua saída jardim botânico, cenário C.



Fonte: DIALux (2021).

Quadro 27 - Resultados da simulação, rua saída jardim botânico, cenário C.

Dados Simulados			Dados Referência		
Tipo de Via	Iluminância Média $E_{méd}$ (Lux)	Fator de Uniformidade (U)	Iluminância Média mínimo (Lux)	Fator de Uniformidade mínimo (U)	Classificação Via
Veículo (Opção 1)	23,2	0,43	10	0,2	V4
Veículo (Opção 2)	12,6	0,13	10	0,2	V4
Veículo (Opção 3)	19,7	0,27	10	0,2	V4

Fonte: Autor (2021).

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme apresentado ao longo das seções 4.1 e 4.2, pode-se extrair as seguintes conclusões:

- Em relação a atual situação da IP da UFSM, nota-se que com as medições em campo, na grande parte das vias há muitos problemas, principalmente, nas que distam do centro da universidade. Com isso, têm-se uma iluminação precária ou inexistente, além de os sistemas não atingirem os requisitos mínimos exigidos por norma.
- Para a via localizada na lateral do centro de tecnologia, ao comparar os resultados medidos com os simulados, notou-se que os índices medidos em campo não atingem os requisitos mínimos pela norma. No entanto, aplicando somente a troca da luminária led em especial a opção 3 que está representado na Figura 23, é possível obter os valores esperados pela normativa, resultando em uma IP adequada e com propósito de iluminar toda via com uniformidade.
- O mesmo acontece para via localizada na rua lateral ao HUSM, que possuía índices de iluminância média e fatores de uniformidade fora do esperado na malha de medição em campo. Com a troca de luminária para opções 1 e 3 apresentadas nas Figuras 24 e 26, torna-se possível adequar a situação. Desse modo, todos os valores satisfazem a normativa além de aumentar de qualidade do sistema simulado.
- Por fim, para vias onde não se possuía iluminação, localizadas na rua em frente da reitoria e na saída do jardim botânico, verificou-se que as luminárias led instaladas nas dimensões definidas, conseguiram propor um sistema de IP novo, atendendo todos os índices para o tipo de classificação da via. Ambas se podem ser executadas pelas opções 1 e 3 de luminárias para se utilizar. Assim, essa nova proposição de cenário atende uma iluminação de qualidade e dentro do propósito de especificado por norma.

4.4 CONCLUSÃO

Com os resultados analisados, conclui-se que com rotinas de medições em campo e simulações com os parâmetros das vias, tornam possível verificar e propor o sistema de IP mais adequado para via e sua necessidade. Os testes realizados mostraram que luminárias led proposto para os cenários B e C, apresentam os melhores resultados e se adequaram corretamente com a norma.

5 CONCLUSÃO

5.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um estudo que avaliou as condições das vias de veículos e pedestres do campus da UFSM a fim de propor um sistema de iluminação que satisfazem os índices necessários de uma iluminação adequada.

Primeiramente, foi contextualizado o assunto estudado, suas motivações e justificativas para esta realização. Mostrou-se a importância de sistema de iluminação pública adequado para sociedade. O capítulo 2 trouxe a revisão bibliográfica e conceitos básicos para compreensão deste trabalho, proporcionando a revisão de conteúdo que ajudam o seu desenvolvimento. No capítulo 3, apresentou-se a metodologia aplicada neste trabalho, assim como os casos a serem estudados e os métodos para validação dos resultados e, por fim, os cenários para proposição de alteração no sistema de iluminação.

Os resultados obtidos foram apresentados no quarto capítulo, seguidos da discussão dos mesmos. Os resultados a partir de amostragem das vias e simulações, fez com que comparações de ambos mostrassem informações relevantes acerca da qualidade da atual iluminação viária da UFSM. Foi possível notar que as vias localizadas na lateral do CT e na lateral do HUSM apresentaram índices de iluminância e uniformidade inferiores para a classificação da rua e, também, vias como a da frente da reitoria e saída do jardim botânica não possuíam iluminação. Com isso, os cenários B e C propuseram a substituição ou a colocação de luminárias LEDs a fim de que a IP permitisse obter índices desejáveis e com qualidade para atender os valores estipulados pela normativa referenciada neste trabalho. Outro fator de análise que cabe ser destacado está relacionado com as opções 1 e 3, onde as luminárias em grande parte dos resultados foram a melhor solução para a iluminação.

Desta forma, o trabalho propôs que rotinas de coletas de dados de campos e simulações, conseguem mostrar um sistema de IP adequado para cada classificação de via, onde somente a substituição ou, em casos onde não há iluminação, a inserção de luminárias provoca a melhora a qualidade da IP da UFSM, atingindo os índices exigidos por norma.

5.2 CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho contribuiu para mostrar soluções para uma iluminação pública deficitária, de baixa qualidade e em alguns casos inexistente. Além disso, foi possível elucidar

como a análise de dados e o estudo prévio são muito relevantes á obtenção de um resultado eficaz. Então, esse modelo de análise pode ajudar futuramente em estudos em outras vias do campus onde a iluminação se encontra precária.

5.3 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Destaca-se, que o estudo para algumas vias na UFSM necessita de ampliação para avaliar outras vias do campus. Por inspeção visual, que várias ruas do campus simplesmente não possuem iluminação. Neste contexto, pode-se resultar em situações de risco para os ocupantes do campus universitário de Santa Maria.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **Iluminação Pública**: Procedimento NBR 5101. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- BERNADES, Drielly Mazzarim; CELESTE, Wanderley Cardoso; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz. Eficiência energética na iluminação pública urbana: revisão bibliográfica dos equipamentos e tecnologias. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e606973957-e606973957, 2020.
- COELBA. **Conceitos**. Disponível em: <https://servicos.neoenergiacoelba.com.br/poder-publico/Pages/conceitos.aspx>. Acesso em 24 de agosto de 2020.
- COPEL, C. P. DE E. **Manual da Iluminação Pública**. Copel Distribuição, 2012.
- CPFL. **Projeto**: Iluminação Pública GED 3670. São Paulo: CPFL, 2017.
- DIAL. **DIALux**. Disponível em: <https://www.dialux.com/en-GB/dialux>> Acesso em 25 de fevereiro de 2020.
- G-light produtos. Disponível em: <https://www.glight.com.br/produto/875/gl419/3677/lum-publica-led-gl419-150w-5000k-autovolt>. Acesso em: 05 de abril de 2021.
- GUERRINI, D. P. **Iluminacao**. 2.ed ed. [s.l.] EESC/SEL, 2008.
- INSTITUTION OF LIGHTING ENGINEERS. (Great Britain). **The Outdoor Lighting Guide**. [s.l.] Taylor & Francis, 2005.
- JACSON, T. **Luminária led consulting**. Mensagem recebida por: jacsontavares@ledconsulting.com.br. Acesso em: 22 de junho de 2021.
- LUIZ, C. C. **Estudo de Eficiência Energética em Luminárias destina à Iluminação Pública na Cidade de Jaguaruna Santa Catarina**- UDESC 2016.
- MALLON, Fernanda Beckhauser et al. **Elaboração de um modelo explicativo do volume de tráfego de pedestres**: estudo de caso em São Bento do Sul. 2020. Trabalho de conclusão de Curso. [Engenharia Elétrica]. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Santa Catarina, Brasil, 2020.
- REA, M. S.; OF NORTH AMERICA, I. E. S. **The IESNA Lighting Handbook**: Reference & Application. 9ed., Illuminating Engineering Society of North America, 2000.
- SIMONS, R. H.; BEAN, A. R. **Lighting Engineering**: Applied Calculations. CRC Press, 2008.
- VAN BOMMEL, W. **Road Lighting**: Fundamentals, Technology and Application. Ilustrada. Springer International Publishing, 2014.
- Diego. B.R. Dados luminária Faner LED street light. Mensagem recebida por: dberlezi@gmail.com. Acesso em: 12 de março de 2021.

ANEXO A



杭州创惠仪器有限公司
www.douu.com
+86-15813129368
+86-760-88758975

Page 1 of 21 Pages

Report No.: TH-989A

Test Time: 2020/3/31 18:06

Luminaire Property

Luminaire Manufacturer:

Luminaire Description: 150W

Current: 0.741 A

Power Factor: 0.958

Voltage: 220.0 V

Power: 156.2 W

Photometric Results

CIE Class: Direct

Measurement Flux: 21452.6 lm

Downward Ratio: 99%

Horizontal Diffuse Angle(50%): H136.9

Vertical Diffuse Angle(50%): V76.1

Luminaire Efficacy Rating (LER): 137.39

Max. Intensity: 12050.97 cd

S/MH(C0/C180): 2.67

Total Rated Lamp Lumens: 21452.6 lm

Efficiency: 100%

Upward Ratio: 1%

Central Intensity: 3917.69 cd

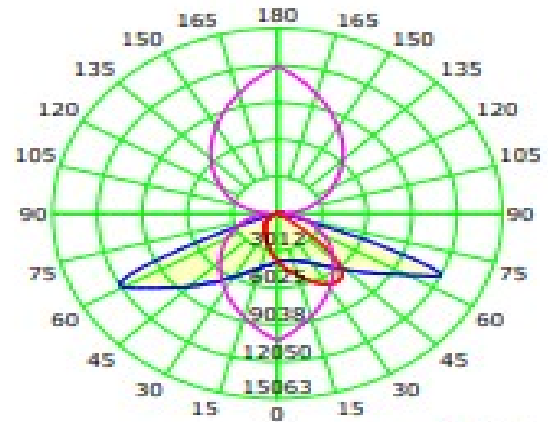
Pos of Max. Intensity: H180 V61

S/MH(C90/C270): 1.60

Picture Of Luminaire



Luminous Intensity Distribution Curve



Unit: cd

Average Diffuse Angle(50%): 96.4°

— C0-C180 — C90-C270 — G61

C Plane (°):0.0-360.0: 90.0

Test Lab: Inventfine instruments

Test Type: TYPE C

Temperature: 26

Operator: Jacky tang

Gamma Plane (°):0.0-180.0:1.0

Test Device: GPM-1800B

Distance: 8.499 m


Humidity: 65

Inspector:

ANEXO B

LUMINÁRIA PÚBLICA GL419

MANUAL DE INSTRUÇÕES




Ta
-5°C - 50°C

Tc
50°C


IP
66


F.P
±8,35

F
50Hz

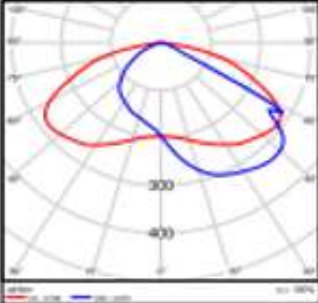


Dimensões





Curva Fotométrica



Classificação Fotométrica

Distribuição lateral do luz: Tipo III

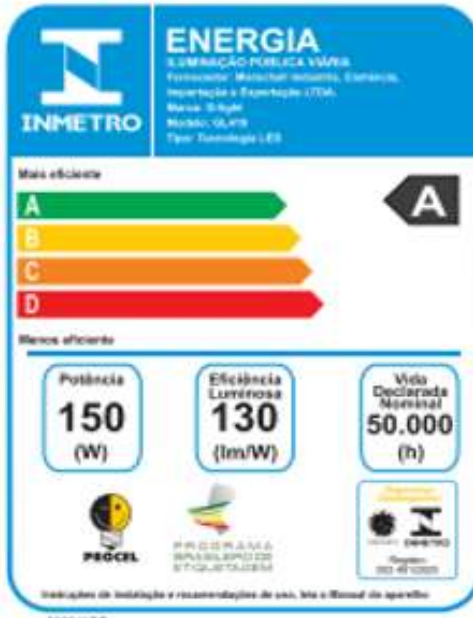
Distribuição vertical de luz: Corte

Controla de intensidade distribuição

Estimando Índice

Índice de manutenção: 0'

Informações técnicas



2025VQR

LUMINÁRIA		CONTROLADOR	
MODELO	GL419	MARCA	G-LIGHT
POTÊNCIA	150W	MODELO	LED-DRIVER
FAIXA DE TENSÃO NOMINAL DE ENTRADA	100-277VAC	POTÊNCIA	150W
CORRENTE NOMINAL DE ENTRADA	1,18A-0,68A	FAIXA DE TENSÃO NOMINAL DE ENTRADA	100-277VAC
FREQUÊNCIA NOMINAL	50/60Hz	CORRENTE NOMINAL DE ENTRADA	1,18A-0,68A
PESO	5,1kg	FAIXA DE TENSÃO NOMINAL DE SAÍDA	22-56VDC
DIÂMETRO BRAÇO	Ø 42-40mm	CORRENTE NOMINAL DE SAÍDA	2,1-4,2A
DIMENSÕES		FREQUÊNCIA NOMINAL	50/60Hz
COMPRIMENTO (L)	695mm	CLASSE IP	67
LAGURA (W)	312mm	Ta °C	50°C
ALTURA (H)	91mm	Tc °C	50°C
FOTOCÉLULA	SM	CLASSE DE ISOLAÇÃO	CLASSE II
TELEGESTÃO	SM	DIMERSIZÁVEL	SM
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO			
Temperatura média do ar ambiente, num período de 24h, não superior a + 35°C.			
Temperatura do ar ambiente entre - 5°C a + 50°C.			

ANEXO C



LUMINÁRIA PÚBLICA PÉTALA - LPPEG

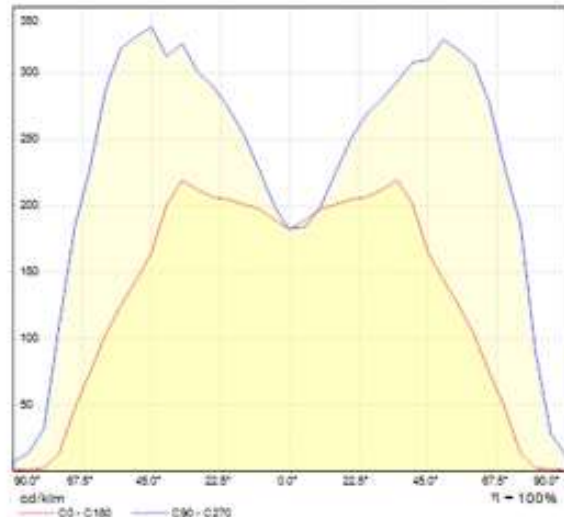
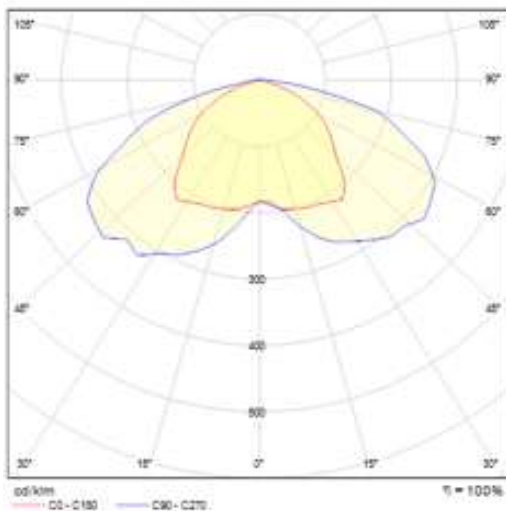
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Nossas **Luminárias Públicas Pétalas EGEMAF - LPPEG**, indicado para iluminação de ruas, iluminação de vias públicas, praças, rodovias, residenciais, condomínios, entre outras aplicações. Confeccionado em alumínio injetado, pintura Teflon antiladerente (auto lavável), com uma lente. Não necessita de reator, pois possui um sistema de circuito integrado que controla uma serie de chips LED, comunicando-se entre si para distribuir o fluxo energético com mais eficiência e de forma homogênea.

O conjunto ótico (LED e Lente) proporciona alta reprodução cromática, sem efeitos de cintilações e com sua emissão do fluxo luminoso uniforme gera relevante economia no consumo de energia.



Ref. Egemaf	Eficiência Luminosa	Potência	Fluxo Luminoso	Temperatura de cor	Cor	IP	Tensão	Protetor de surto	Observações / Acessórios	Dimensões Comp. X Larg. X Alt.
LPPEG60	150 lm/W	60W	9.000 lm	6500k	Preto	56	90-280V	10KV	Alumínio Injetado (Cor Preta)	485 x 190 x 70mm
LPPEG75	150 lm/W	75W	11.250 lm	6500k	Preto	56	90-280V	10KV	Alumínio Injetado (Cor Preta)	485 x 190 x 70mm
LPPEG100	150 lm/W	100W	15.000 lm	6500k	Preto	56	90-280V	10KV	Alumínio Injetado (Cor Preta)	505 x 200 x 80mm
LPPEG120	150 lm/W	120W	18.000 lm	6500k	Preto	56	90-280V	10KV	Alumínio Injetado (Cor Preta)	505 x 200 x 80mm
LPPEG150	150 lm/W	150W	22.500 lm	6500k	Preto	56	90-280V	10KV	Alumínio Injetado (Cor Preta)	605 x 200 x 80mm
LPPEG180	150 lm/W	180W	27.000 lm	6500k	Preto	56	90-280V	10KV	Alumínio Injetado (Cor Preta)	810 x 310 x 90mm



ANEXO D



ANEXO E



ANEXO F



ANEXO G

