

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT

BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

EDUARDO RAFAEL DALEASTE WILMSEN

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CIDADE
DE FAXINAL DOS GUEDES / SC, COM BASE NO
PROGRAMA PROCEL GEM**

JOINVILLE – SC
2018

EDUARDO RAFAEL DALEASTE WILMSEN

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CIDADE DE FAXINAL DOS
GUEDES / SC, COM BASE NO PROGRAMA PROCEL GEM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, do Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito final para obtenção do grau de Bacharelado de Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Vidal Garcia Oliveira.

JOINVILLE – SC

2018

EDUARDO RAFAEL DALEASTE WILMSEN

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CIDADE DE FAXINAL DOS
GUEDES / SC, COM BASE NO PROGRAMA PROCEL GEM**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito final para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Banca Examinadora

Orientador: _____

Dr. Sérgio Vidal Garcia Oliveira

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro: _____

Dr. Fabiano Ferreira Andrade

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro: _____

Profa. Laís Hauck de Oliveira

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Joinville, 05/07/2018

A minha família, por sua capacidade de me apoiar a todo o momento, aos meus amigos e a todos aqueles que de alguma forma estiveram por perto nesse período importante da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Sérgio Vidal Garcia Oliveira pelas orientações, pela confiança e toda a atenção no decorrer desse estudo.

A UDESC, por todos os ensinamentos que me proporcionou.

Aos meus pais, Iluir José Wilmsen e Marinez Daleaste, pelo suporte, pela paciência, pelo carinho e pela confiança em todos os momentos dessa jornada. Toda a minha gratidão aos dois que não mediram esforços para me apoiar e me proporcionar um ensino de qualidade.

Gostaria de destacar aqui a colaboração da minha mãe nesse trabalho ao me ajudar a fazer medições de iluminância nas vias da cidade de Faxinal dos Guedes, SC. Foram três noites de medições com a companhia e o auxílio dela. A ela o meu muito obrigado.

A minha irmã, Caroline Daleaste Wilmsen, pelas conversas de tantas horas, pelo incentivo e pela parceria.

A Fernanda Gehrt de Brito por ter me ajudado e dado suporte em vários momentos no decorrer desse trabalho. Esse apoio foi indispensável para que eu tivesse a estigma de fazer cada vez melhor.

A todos os amigos que ganhei durante a minha graduação. Tive a felicidade de conhecer pessoas incríveis, fazer parte da vida delas e no fim poder chamar muitos deles de irmãos. Agradeço a cada um pelo conforto de tantas horas.

A prefeitura de Faxinal dos Guedes, SC pela colaboração e contribuição para que esse trabalho fosse desenvolvido.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram na minha graduação e estiveram por perto nesse importante período da minha vida.

RESUMO

Neste TCC buscou-se avaliar os principais setores de consumo de energia elétrica da cidade de Faxinal dos Guedes, SC, visando identificar aquele com o maior potencial para melhorias em eficiência energética. Verificou-se então a precariedade do sistema de iluminação pública da Cidade e, com base no programa Procel GEM, de acordo com as normas cabíveis, elaborou-se um projeto a fim de propor melhorias na eficiência energética deste setor. Contudo, depois de avaliado o cenário atual da iluminação pública do município, foi proposta a substituição das luminárias atuais por modelos de tecnologia LED, levando a uma economia de energia de 62,64%.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Procel GEM. ProEE.

ABSTRACT

In this paper will be carried out an Energy Efficiency Project (ProEE) in the city of Faxinal dos Guedes, SC, in order to identify the one with the most improvement potential in Energy Efficiency. It was then verified, a precariousness in the public lighting system in the city and, based on PROCEL GEM program, according to the applicable standards, it was elaborated a project with the purpose of energy efficiency improvements in this area. However, after evaluating the current scenario of public lighting in the municipality, it was proposed to replace current luminaires with LED technology models, leading to an energy saving of 62.64%.

Keywords: Energy Efficiency. PROCEL GEM. ProEE.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Lâmpada vapor de sódio ovoide	30
Figura 2 - Lâmpada vapor de sódio tubular	31
Figura 3 – Lâmpada vapor de mercúrio	32
Figura 4 – Lâmpada vapor metálico.....	32
Figura 5 – Lâmpada LED.....	33
Figura 6 - Etapas dos Projetos do PEE.....	34
Figura 7- Módulos PROPEE	37
Figura 8 – Etapas do projeto	54
Figura 9 – Malha de Medição e cálculo	61
Figura 10 – Imagem iluminação pública em Faxinal dos Guedes/SC.....	66
Figura 11 – Delimitação das ruas para o projeto.....	67
Figura 12 – Luxímetro utilizado.....	69
Figura 13 – Cenário atual da Rua Três de Maio.....	71
Figura 14 – Cenário simulado da P1 para a Rua Três de Maio.....	74
Figura 15 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1	74
Figura 16 – Cenário simulado da P2 para a rua Três de Maio	75
Figura 17 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2.....	76
Figura 18 – Cenário atual da Rua São Pedro.....	77
Figura 19 – Cenário simulado da P1 para a Rua São Pedro.....	79
Figura 20 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)	80
Figura 21 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)	80
Figura 22 – Cenário simulado da P2 para a Rua São Pedro.....	81
Figura 23 - Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1.	82
Figura 24 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na pista 2.	82
Figura 25 – Cenário atual da Rua Sete de Setembro.....	84
Figura 26 – Cenário simulado da P1 para a Rua Sete de Setembro	86
Figura 27 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)	86
Figura 28 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)	87
Figura 29 – Cenário simulado da P2 para a Rua Sete de Setembro.	88
Figura 30 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1.	89
Figura 31 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na pista 2.	89
Figura 32 – Cenário atual da Rua Primeiro de Maio.....	90
Figura 33 – Cenário atual da Avenida Darcy Sarmanho Vargas.....	92
Figura 34 – Cenário simulado da P1 para a Avenida Darcy S. Vargas.....	94
Figura 35 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)	95

Figura 36 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)	95
Figura 37 – Cenário simulado da P2 para a Avenida Darcy S. Vargas.....	96
Figura 38 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1.	97
Figura 39 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na pista 2.	97
Figura 40 – Cenário atual da Rua Santa Catarina	99
Figura 41 – Cenário simulado da P1 para a Rua Santa Catarina.....	101
Figura 42 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1).....	102
Figura 43 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)	102
Figura 44 – Cenário atual da Rua Trinta de Outubro.	104
Figura 45 – Cenário simulado da P1 para a Rua Trinta de Outubro.	105
Figura 46 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1).....	106
Figura 47 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)	107
Figura 48 – Cenário simulado da P2 para a Rua Trinta de Outubro.	108
Figura 49 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1.	109
Figura 50 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na pista 2.	109
Figura 51 – Cenário atual da Avenida Rio Grande do Sul.....	111
Figura 52 – Cenário simulado da P1 para a Avenida Rio Grande do Sul.	113
Figura 53 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1).....	114
Figura 54 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)	114
Figura 55 – Cenário simulado da P2 para a Avenida Rio Grande do Sul.	116
Figura 56 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1 da Av. Rio Grande do Sul.	117
Figura 57 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 2 da Av. Rio Grande do Sul.	117
Figura 58 – Cenário atual da Avenida São João.	119
Figura 59 – Cenário simulado da P1 para a Av. São João.	121
Figura 60 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1).....	122
Figura 61 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do sistema de iluminação Atual	39
Tabela 2 - Dados do sistema de iluminação Proposto	40
Tabela 3 – Resultados esperados do sistema de iluminação	40
Tabela 4 – Parâmetros da equação (1).....	42
Tabela 5 – Parâmetros da equação (2).....	42
Tabela 6 - Cenário sem incluir medidas de combate ao desperdício	45
Tabela 7 - Cenário com inclusão de medidas de combate ao desperdício	46
Tabela 8 – Custos de equipamentos	52
Tabela 9 – Custos de serviços e demais custos	53
Tabela 10 – Benefícios.....	53
Tabela 11 – Classificação das vias quando ao volume de tráfego.	56
Tabela 12 – Classificação das vias quanto ao fluxo de pedestres.	57
Tabela 13 – Classe de iluminação para cada tipo de via	58
Tabela 14 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação	59
Tabela 15 – Classes de iluminação para cada descrição da via.....	59
Tabela 16 – Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação	59
Tabela 17 - Situação Atual do Sistema	67
Tabela 18 - Iluminancia mínima para as vias do estudo	70
Tabela 19 - Iluminancia mínima para as vias do estudo de acordo com o fluxo de pedestres.....	70
Tabela 20 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Três de Maio, nos pontos de medição determinados pela malha de inspeção.....	72
Tabela 21 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Três de Maio, medidos e simulados.....	73
Tabela 22 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua Três de Maio.	75
Tabela 23 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Rua Três de Maio.	76
Tabela 24 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua São Pedro, nos pontos de medição da malha de inspeção.	78
Tabela 25 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua São Pedro, medidos e simulados.....	78
Tabela 26 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua São Pedro.	81
Tabela 27 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Rua São Pedro.	83
Tabela 28 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Sete de Setembro, nos pontos de medição da malha de inspeção.....	84
Tabela 29 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Sete de Setembro, medidos e simulados.	85
Tabela 30 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua Sete de Setembro.	87
Tabela 31 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Rua Sete de Setembro.	90
Tabela 32 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Primeiro de Maio, nos pontos de medição da malha de inspeção.....	91

Tabela 33 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Primeiro de Maio, medidos e simulados.	91
Tabela 34 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Avenida Darcy S. Vargas, nos pontos de medição da malha de inspeção.....	93
Tabela 35 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Sete de Setembro, medidos e simulados.	93
Tabela 36 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Avenida Darcy S. Vargas.	96
Tabela 37 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Avenida Darcy S.	98
Tabela 38 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Santa Catarina, nos pontos de medição da malha de inspeção.	99
Tabela 39 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Santa Catarina, medidos e simulados.....	100
Tabela 40 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua Santa Catarina.	103
Tabela 41 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Trinta de Outubro, nos pontos de medição da malha de inspeção.....	104
Tabela 42 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Trinta de Outubro, medidos e simulados.	105
Tabela 43 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua Trinta de Outubro.	107
Tabela 44 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Rua Trinta de Outubro.	110
Tabela 45 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Avenida Rio Grande do Sul, nos pontos de medição da malha de inspeção.	111
Tabela 46 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Avenida Rio Grande do Sul, medidos e simulados.	112
Tabela 47 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Avenida Rio Grande do Sul.....	115
Tabela 48 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Avenida Rio Grande do Sul.....	118
Tabela 49 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Avenida São João, nos pontos de medição da malha de inspeção.	119
Tabela 50 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Avenida Rio Grande do Sul, medidos e simulados.	120
Tabela 51 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Av. São João.	123
Tabela 52 – Resultados Verificados.....	124
Tabela 53 – Resultados Obtidos.....	124
Tabela 54 – Resultados finais de economia	125
Tabela 55 – Custo dos equipamentos.....	125
Tabela 56 – Valores tarifários	126
Tabela 57 - Custos de Energia.....	127
Tabela 58 - RCB.....	127
Tabela 59 – Tempo de Retorno do Investimento	128

LISTA DE ABREVIATURAS

MME	Ministério de Minas e Energia
SEE	Secretaria de Energia Elétrica
PEE	Programa de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia
GEM	Gestão Energética Municipal
ProEE	Projeto de Eficiência Energética
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
UGEM	Unidade de Gestão Energética Municipal
RCE	Rede Cidades Eficientes
PLAMGE	Plano Municipal de Gestão de Energia Elétrica
SIEM	Sistema de Informação Energética Municipal
MPEE	Manual dos Programas de Eficiência Energética
M&V	Medição e Verificação
ROL	Receita Operacional Líquida
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
RCB	Relação Custo Benefício
CEE	Custo Evitado de Energia
CED	Custo Evitado de Demanda
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LED	Diodo Emissor de Luz
EE	Energia Economizada
FRCu	Fator de Recuperação do Capital
FCP	Fator de Coincidência na Ponta
RDP	Redução de Demanda na Ponta
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.
MIC	Ministério da Indústria e Comércio

IBAM

Instituto Brasileiro de Administração Municipal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	18
1.2 QUESTÕES DA PESQUISA	18
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo Geral	19
1.3.2 Objetivos específicos:	19
1.4 HIPÓTESE	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	20
2.1 PROCEL	21
2.2 PROCEL GEM	23
2.2.1 Benefícios da GEM para o Setor Elétrico	24
2.2.2 Benefícios da GEM para a Sociedade Brasileira	25
2.2.3 Etapas para a Implementação da GEM	25
2.2.4 Metodologia de atuação	26
2.2.5 Rede cidades eficientes RCE	27
2.3. ILUMINAÇÃO PÚBLICA	28
2.3.1 Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação Pública	29
2.3.2 Tipos de luminárias para iluminação pública	30
2.3.2.1 Lâmpada vapor de sódio	30
2.3.2.2. Lâmpada vapor de mercúrio	31
2.3.2.3. Lâmpada de Vapor Metálico	32
2.3.2.4 Lâmpada LED	32
2.4 PEE – PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ANEEL	33
2.4.1 Descrição e detalhamento	35
2.4.2 PROPEE	36
2.4.2.1 Módulo 4 – Tipologias de Projeto	37
2.4.2.2 Módulo 7 – Cálculo da Viabilidade	47
2.4.2.3 Módulo 8 – Medição e Verificação dos Resultados	53
2.5 NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS	54
2.5.1 NBR 5101:	55
2.5.1.1 Classificação das vias	55
2.5.1.2. Classificação do volume de tráfego em vias públicas	56
2.5.1.3 Condições específicas	57
2.5.1.3.2. Requisitos de Iluminância e uniformidade	57
2.5.1.4. Vias para tráfego de veículos	58
2.5.1.5. Vias para tráfego de pedestres	59
2.5.1.6. Projeto e manutenção	60
2.5.1.7. Inspeção	60
2.5.2 Norma NBR-15129	62

2.5.2.1. Termos e definições	62
2.5.2.2 Requisitos gerais para os ensaios	63
2.2.4.2.3 Classificação das luminárias	63
2.5.2.3. Marcação	64
3 PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE FAXINAL DOS GUEDES, SC	65
3.1. ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE FAXINAL DOS GUEDES.....	66
3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS NO LOCAL DE ESTUDO:	69
3.3 PROPOSTAS POR VIA.....	70
3.3.1 Rua Três de Maio	71
3.3.2 Rua São Pedro.....	77
3.3.3 Rua Sete de Setembro	83
3.3.4 Rua Primeiro de Maio.....	90
3.3.5 Avenida Darcy Sarmanho Vargas.....	92
3.3.6 Rua Santa Catarina	98
3.3.7 Rua Trinta de Outubro	103
3.3.8 Av. Rio Grande do Sul	110
3.3.9 Av. São João	118
3.4 VIABILIDADE FINANCEIRA DO PROJETO	123
4 CONCLUSÃO.....	129
5 REFERÊNCIAS	130
APENDICE A – RESULTADOS DIALUX	133
RUA TRÊS DE MAIO	133
Vapor de Sódio 150 W.....	134
LED 50 W	142
RUA SÃO PEDRO / RUA SETE DE SETEMBRO / RUA PRIMEIRO DE MAIO	146
Vapor de Sódio 150 W.....	146
LED 75 W	152
LED 35 W	158
RUA SANTA CATARINA.....	164
Vapor de Sódio 250 W.....	164
LED 70 W	170
RUA 30 DE OUTUBRO	176
Vapor de Sódio 250 W.....	176
AVENIDA RIO GRANDE DO SUL	182
Vapor Metálico 250 W	182
LED 140 W	188
LED 70 W	194
AVENIDA DARCY SARMANHO VARGAS.....	200
Vapor de Sódio 150 W.....	200
AVENIDA SÃO JOÃO.....	206
Vapor Metálico 400 W	206
ANEXO A - COEFICIENTES	212

1 INTRODUÇÃO

É evidente no Brasil a preocupação com o desperdício de energia por utilização de equipamentos pouco eficientes e/ou obsoletos e, mal dimensionados. Nota-se que a matriz energética brasileira está no limiar do atendimento da demanda total de energia elétrica do país e, por isso, os custos de energia estão altíssimos. Tal situação é evidente, principalmente, em períodos do ano em que os níveis de água dos reservatórios de grandes hidrelétricas estão mais baixos, onde temos situação de bandeira vermelha e aumento da tarifa de energia para o consumidor.

Dentro de tal situação, a aplicação de eficiência energética nos setores de consumo de energia se mostra uma das alternativas mais razoáveis de garantir que energia elétrica gerada no país continue atendendo a demanda total. Para isso, no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MEE), dentro da Secretaria de Energia Elétrica (SEE) e por meio do Programa de Eficiência Energética (PEE), existem procedimentos técnicos e de gestão com o viés da Eficiência Energética, que devem ser realizados a fim de adequar equipamentos e instalações de diversas áreas de consumo de energia elétrica.

Nesse contexto, deseja-se orientar um estudo no município de Faxinal dos Guedes, SC, a fim de propor um projeto de eficiência energética no setor de maior consumo do município, de acordo com a tipologia do Procel GEM, que é um subprograma do Programa de Conservação de Energia Elétrica – Procel, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, voltado para a Gestão Energética Municipal. Tal projeto buscará auxiliar o administrador público da cidade na redução do consumo total de energia elétrica, propondo melhorias nos equipamentos e instalações utilizados.

Dessa forma, realizou-se uma auditoria energética na cidade, consultando as faturas de energia e, avaliando as condições dos setores de consumo, constatando assim, que a iluminação pública da cidade tem o setor de maior consumo de energia e dispõe de um enorme potencial para melhorias em eficiência energética. Logo, será proposto um projeto de eficiência energética neste setor, a fim de confirmar a viabilidade da substituição dos equipamentos usados atualmente por modelos de maior eficiência energética.

Para fins de avaliação da viabilidade do projeto, usa-se neste trabalho a relação custo benefício – RCB. Ela é calculada conforme orientação do módulo 7 do PROPEE – Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – o qual descreve o

equacionamento da viabilidade das diversas tipologias de projetos abrangidos pelo Programa de Eficiência Energética da ANEEL.

Assim como a viabilidade para projetos de GEM, o PROPEE também orienta outros subprogramas do Procel como o Reluz, destinado à iluminação pública. Dentro desse contexto inclusive pode-se comparar o projeto desenvolvido neste trabalho com projetos desenvolvidos com a tipologia Procel Reluz. Para efeitos de comparação pode-se citar o trabalho de conclusão de curso da Cassia Cruz Luiz [18] onde se propôs um projeto similar possibilitando uma economia de energia de 15% com RCB de 0,01.

Outro caso semelhante é o estudo de caso na cidade de Garopaba, SC do Fernando Rodrigues [27] onde se propôs um investimento de 42 mil reais para substituição das luminárias de uma via da cidade em questão por modelos de tecnologia LED que são mais eficientes energeticamente, resultando assim em uma economia de R\$6039,48 por ano, com a redução do consumo de energia, e com retorno total do investido no final de 7 anos.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Estudo de caso na área de eficiência energética na cidade de Faxinal dos Guedes/SC, usando a metodologia do Procel GEM.

1.2 QUESTÕES DA PESQUISA

As questões de pesquisa referentes a este estudo são:

- a) Como fazer um projeto de eficiência energética nos moldes do PROPEE?
- b) De acordo com a demanda energética da cidade, quais as áreas viáveis de implementação da GEM?
- c) O projeto é viável técnica e economicamente?

1.3 OBJETIVOS

A seguir enunciam-se os objetivos geral e específico de pesquisa.

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um projeto de eficiência energética - ProEE na cidade de Faxinal dos Guedes de acordo com a GEM do Procel e analisar a sua viabilidade.

1.3.2 Objetivos específicos:

- a) Adquirir conhecimento das técnicas de análise de eficiência energética para os casos de estudo.
- b) Avaliar a situação do setor de iluminação pública da cidade e propor um projeto de melhorias no setor.
- c) Verificar a viabilidade de um projeto de eficiência energética no setor de iluminação pública da cidade, auxiliado pelo Procel GEM e pelo PROPEE.

1.4 HIPÓTESE

Da constatação do desperdício de energia por meio de equipamentos pouco eficientes e mal dimensionados e, seguindo os moldes PEE – tal como o ProEE realizado - pode-se considerar que a troca de equipamentos venha a ser, objetivamente, uma alternativa simples para melhorar a eficiência no consumo de energia elétrica no município.

Uma outra hipótese é a de que haja interesse por parte da administração pública da referida cidade, na adoção das metodologias do Procel GEM.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

No segundo capítulo tem-se a revisão bibliográfica, onde são citados conceitos de eficiência energética, estudo do PROPEE e seus módulos, conceitos de iluminação pública e normas cabíveis ao projeto.

No terceiro capítulo é apresentado o projeto que pode ser realizado pela substituição das luminárias utilizadas atualmente no setor de iluminação pública por luminárias mais eficientes energeticamente.

Por fim, são mostrados conclusões e resultados dos projetos e sugestões para futuros trabalhos nessa área.

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Em 1973, houve um marco para o mundo na questão da gestão energética. Foi o momento em que surgiu a primeira crise do petróleo de forma inesperada, intensa e impactante para todos os países, visto que dependiam principalmente da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) como fonte energética principal para as suas atividades econômicas. Os reflexos no Brasil vieram de forma lenta e gradual, pois suas fontes geradoras de energia eram e são, na maioria, de origem hidráulica. Entretanto, tornou-se indispensável, passados alguns anos, estabelecer novas regras tarifárias, bem como regulamentar os novos preços.

A consequência foi inevitável para todos os consumidores, que, quando começaram a viver a inflação controlada, puderam avaliar os reflexos no seu balanço financeiro. No meio desse processo de conscientização surge o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, em 1985, como um programa do Governo Federal, executado pela Eletrobras, atendendo às diretrizes estratégicas do Ministério de Minas e Energia (MME). [1]

Deve ser entendido que conservar energia elétrica em sistemas de iluminação significa combater o desperdício, que pode ocorrer por um processo tecnológico, trazendo a melhoria da eficiência em sistemas existentes, ou pela mudança de hábitos de uso. É importante lembrar que ao conservar energia está se ajudando a preservar o meio ambiente e a reduzir os gastos com o consumo de energia elétrica. Como forma de apoio à eficiência energética, geralmente utilizam-se estudos de luminotécnica, que é a ciência de aproveitar a luz, bem como de produzir e utilizar a luz artificial, otimizando quantidade de luz, qualidade e adequação dos níveis de iluminação para execução da atividade.

A conservação da energia elétrica leva a exploração racional dos recursos naturais. Isso significa que, conservar energia elétrica ou combater seu desperdício é a fonte de produção mais barata e mais limpa que existe, pois não agride o meio ambiente. Desta forma, a energia conservada, por exemplo, na iluminação eficiente ou no motor bem dimensionado, pode ser utilizada para iluminar uma escola ou atender um hospital, sem ser jogada fora. [2]

É importante compreender que no conceito de conservação de energia elétrica. Melhorar a maneira de utilizar a energia não envolve abrir mão do conforto e das vantagens que ela proporciona. Significa diminuir o consumo, reduzindo custos, sem

perder, em momento algum, a eficiência e a qualidade dos serviços. Aí começa o papel do PROCEL, cujo principal objetivo é a conservação da energia elétrica, tanto no lado da produção como no do consumo, concorrendo para a melhoria da qualidade de produtos e serviços, reduzindo os impactos ambientais e fomentando a criação de empregos.

2.1 PROCEL

Em 1985 o Ministério de Minas e Energia e o Ministério da Indústria e Comércio - MIC, através da Portaria Interministerial no 1.877, de 30/12/1985, criaram o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), como a primeira tentativa estruturada de promover o uso racional de energia elétrica no Brasil. [1]

Após quase uma década de poucos resultados, a partir de 1994 o PROCEL passou por uma revitalização, aproveitando as experiências internacionais, obtidas através de convênios com a Comunidade Europeia, Estados Unidos e Canadá. Os programas de eficiência energética adotados nesses países tinham, além de uma sólida base tecnológica, uma forte orientação para o mercado, com a utilização dos conceitos básicos de marketing, o que resultou em alteração na abordagem impositiva adotada, abrindo espaço para a busca da satisfação das necessidades dos consumidores, com a elaboração de projetos mais apropriados a esse fim. [1]

O Procel promove ações em diversos segmentos da economia, tais como:

- **Equipamentos:** “identificação, por meio do Selo Procel, dos equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes, o que induz o desenvolvimento e ao aprimoramento tecnológico dos produtos disponíveis no mercado brasileiro”. [1]
- **Edificações:** “promoção do uso eficiente de energia no setor de construção civil, em edificações residenciais, comerciais e públicas, por meio da disponibilização de recomendações especializadas e, simuladores”. [1]
- **Iluminação pública:** “apoio a prefeituras no planejamento e implantação de projetos de substituição de equipamentos e melhorias na iluminação pública e sinalização semafórica”. [1]
- **Poder público:** “ferramentas, treinamento e auxílio no planejamento e implantação de projetos que visem ao menor consumo de energia em municípios e ao uso eficiente de eletricidade e água na área de saneamento”. [1]

- **Indústria e comércio:** “treinamentos, manuais e ferramentas computacionais voltados para a redução do desperdício de energia nos segmentos industrial e comercial, com a otimização dos sistemas produtivos”. [1]

- **Conhecimento:** “elaboração e disseminação da informação qualificada em eficiência energética, seja por meio de ações educacionais no ensino formal ou da divulgação de dicas, livros e softwares e manuais técnicos”. [1]

Para promover tais ações, o PROCEL conta com os seguintes subprogramas:

- Procel GEM - Gestão Energética Municipal;
- Procel Sanear - Eficiência Energética no Saneamento Ambiental;
- Procel Educação - Informação e Cidadania;
- Procel Indústria - Eficiência Energética Industrial;
- Procel Edifica - Eficiência Energética em Edificações;
- Procel EPP - Eficiência Energética nos Prédios Públicos;
- Procel Reluz - Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica;
- Selo Procel - Eficiência Energética em Equipamentos;
- Procel Info - Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética;

Com base em estimativas de mercado e aplicação de metodologias específicas de avaliação de resultados, estima-se que em 2016 o Procel alcançou uma economia de energia de aproximadamente 15,15 bilhões de kWh. Essa energia economizada ajudou o país a evitar que 1,238 milhão tCO₂ equivalentes fossem liberadas na atmosfera, o que corresponde às emissões proporcionadas por 425 mil veículos durante um ano.

Esse resultado também equivale à energia fornecida, em um ano, por uma usina hidrelétrica com capacidade de 3.634 MW. Além disso, estima-se que as ações fomentadas pelo Procel contribuíssem para uma redução de demanda na ponta de 8.375 MW. [3]

Entendendo o papel da eficiência energética, o presente trabalho irá abordar a Gestão Energética Municipal – GEM para fins de estudo da efficientização do consumo de energia elétrica, na cidade de Faxinal dos Guedes – SC, nos setores de responsabilidade do poder público da mesma dentro da GEM, que são os prédios públicos, iluminação pública e saneamento básico.

2.2 PROCEL GEM

A Gestão Energética Municipal – GEM é um instrumento voltado para o administrador municipal que busca planejar e organizar as diferentes atividades do uso da energia elétrica desenvolvidas pela Prefeitura. Identificando áreas com potencial de melhoria da eficiência no consumo, sem a perda da qualidade do serviço ofertado, elaborando um planejamento com projetos definidos e permitindo a priorização destes projetos para a sua implementação.

A Gestão Energética Municipal (GEM) agrupa um conjunto de princípios, normas e funções de planejamento e gerenciamento do uso da energia elétrica que garantem a otimização dos recursos financeiros municipais e a implementação de novas atividades com qualidade ambiental e eficiência energética. Em suma, os trabalhos relativos à Gestão Energética Municipal propiciam sustentabilidade aos diversos projetos de eficiência energética empreendidos pelos municípios.

Segundo o Manual GEM [4], o papel principal do poder público local na questão energética é a organização de uma estrutura específica voltada para uma macro visão energética do Município, considerando o controle e o planejamento dos custos totais e parciais de cada unidade consumidora de energia do Município, e também um maior conhecimento dos recursos energéticos e seus potenciais. É nesse sentido que os trabalhos de Gestão Energética Municipal criam oportunidades, reduzem custos de transação, mudam os paradigmas dos conceitos de eficiência, garantem a manutenção e a continuidade das ações de eficiência energética.

A implementação de projetos de eficiência energética nos municípios pode gerar um efeito multiplicador bastante positivo, não só pela real redução na despesa com energia elétrica, esses recursos economizados poderão ser aplicados em outras áreas prioritárias, mas também, servem de exemplo para ser seguido pelos setores residencial, comercial e industrial.

O tratamento da questão de eficiência energética nos municípios brasileiros remete a um breve relato tanto do planejamento em si, quanto do aspecto operacional. Com relação ao planejamento, o PROCEL desenvolveu, em parceria com a Comissão Europeia e o Consórcio Euro brasileiro, o Programa “América Latina – Utilização Ótima de Recursos Energéticos” (ALURE), cuja meta foi a avaliação da situação dos municípios brasileiros em relação à gestão energética e a elaboração de instrumentos de gestão energética municipal. Outro ponto de destaque foi a criação, em 18/10/98, da

“Rede de Cidades Eficientes em Energia Elétrica” inspirada na experiência europeia da “Energie-Cités” com o objetivo de formar uma rede no país onde os municípios possam receber, processar e trocar informações relativas à gestão energética, inclusive com países do exterior, criando instrumentos que capacitem às Prefeituras Municipais a implementar ações de eficiência energética. [12]

Esses instrumentos consistem em diversos manuais de referência, guias técnicos e modelos de atos normativos, dos quais se destacam a efficientização do sistema de iluminação pública nos municípios brasileiros, modelo para elaboração de código de obras e edificações, material didático para capacitação municipal em sistemas eficientes de iluminação pública, efficientização dos sistemas de saneamento, efficientização de prédios públicos, linhas de estudos sobre cidades eficientes, seminários e cursos regionais sobre efficientização de energia elétrica nos municípios.

2.2.1 Benefícios da GEM para o Setor Elétrico

Partindo de uma análise de Gestão Energética Municipal a nível nacional, presumindo que a grande maioria dos municípios do Brasil adotassem as medidas de eficiência energética, sugeridas pelo Procel GEM, pode-se supor várias melhorias para o setor elétrico brasileiro. Destacam-se entre elas a Redução do Desperdício, a Redução do Consumo de Energia no horário de ponta do Sistema e o Aumento da confiabilidade no Fornecimento de Energia.

A redução do desperdício vem do investimento em melhorias, ou seja, investindo na eficiência dos sistemas de energia posterga investimentos de recursos públicos ou privados na geração, transmissão e distribuição de energia.

As ações do município relativas a GEM, também refletem na redução de demanda nos horários de ponta, o que possibilita a entrega de uma energia de melhor qualidade nestes horários e, também contribui para a redução de investimentos por parte do setor elétrico para garantir o suprimento da energia elétrica.

2.2.2 Benefícios da GEM para a Sociedade Brasileira

A atuação dos Municípios na GEM e a decorrente capacitação de pessoal acarretarão uma série de oportunidades advindas da abrangência deste processo, entre as quais, destacam-se:

- Possibilidade de elaboração de uma estratégia de planejamento energético, com foco municipal;
- Concentração de esforços em nível municipal para economizar energia;
- Possibilidade de elaborar projetos dentro de uma concepção integrada e voltada para os interesses do país;
- Possibilidade de liberar recursos para investimentos em áreas sociais consideradas prioritárias pelos habitantes da cidade;
- Os setores residencial, comercial e industrial, particularmente as pequenas e médias empresas, poderão ter acesso a informações e sensibilizarem-se para esta questão, aderindo, assim, ao Programa de Eficiência Energética.

2.2.3 Etapas para a Implementação da GEM

A implementação da GEM inicia-se com a formação de uma equipe multidisciplinar com competência própria – a UGEM (Unidade de Gestão Energética Municipal). Esta equipe deve ser formalmente legitimada através de decreto municipal, de forma a garantir seu reconhecimento na estrutura funcional da Administração. Formada por um ou mais funcionários, conforme as dimensões, as características e as potencialidades de cada Município, a UGEM tem o objetivo de acompanhar os projetos da Prefeitura, preparar, apresentar, planejar e implementar as ações de eficiência energética nos setores da Administração Pública, bem como assessorá-la na orientação das ações dos agentes privados no Município.

A partir da criação da UGEM, faz-se necessário capacitar a nova equipe, cabendo ao município esta iniciativa, e, implementar o Sistema de Informação Energética Municipal – SIEM, que é um software desenvolvido pelo Procel, em parceria com o IBAM, voltado para os administradores municipais fazerem a gestão e o planejamento do uso eficiente da energia elétrica.

Por fim, elabora-se um Plano Municipal de Gestão de Energia Elétrica – PLAMGE, o qual tem por objetivo levantar e organizar as diferentes atividades

desenvolvidas pela prefeitura e, em seguida, identificar áreas com potencial de redução de consumo de energia elétrica sem perda da qualidade do serviço ofertado. [4]

2.2.4 Metodologia de atuação

A gestão Energética Municipal pode ser implementada por meio de metodologias e produtos desenvolvidos para atender aos municípios, segundo suas peculiaridades e suas necessidades, como descritos a seguir:

- Treinamentos para os funcionários das prefeituras sobre os conceitos de eficiência energética, relacionados à gestão energética, iluminação pública, prédios públicos, educação, legislação, saneamento, entre outros, aplicados aos setores de consumo da prefeitura. [4]
- Formação de Amees - Agentes Municipais de Economia de Energia, por meio do Projeto Comunidades de Aprendizado em Gestão Energética Municipal. Os Amees são técnicos de vários municípios de uma mesma região, com população até 30.000 habitantes, que são capacitados nos conceitos de eficiência energética, elaboram Planos de ação para suas cidades, implementam essas ações e podem trocar experiências e soluções para seus problemas com o desperdício de energia elétrica. [4]
- Elaboração de Plamges - Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica. O Plamge é um instrumento de apoio à administração pública municipal, que possibilita o conhecimento, gerenciamento, planejamento e controle do uso da energia elétrica, através da otimização do consumo, identificando as oportunidades de economia. [4]
- Troca de experiências - facilitando o acesso a informações sobre eficiência energética por meio da RCE - Rede Cidades Eficientes em Energia Elétrica [11], uma rede composta por municípios interessados no assunto e por uma equipe técnica preparada para atendê-los. A RCE é o braço de apoio do Procel GEM às prefeituras e organiza, anualmente, o Prêmio Procel Cidade Eficiente em Energia Elétrica, que reconhece e premia as melhores experiências municipais em 6 categorias, Gestão Energética Municipal, Iluminação Pública, Prédios Públicos, Saneamento, Educação e Legislação.

2.2.5 Rede cidades eficientes RCE

A Eletrobras, por meio do Procel GEM, também apoia a Rede Cidades Eficientes em Energia Elétrica (RCE), composta por municípios interessados em Gestão Energética Municipal e por uma equipe técnica preparada para atendê-los, que até o final de 2017 já abrangia 1.055 municípios, o que corresponde a mais de 18% do número de municípios brasileiros.

Entre as ações de divulgação no ano, destaca-se a publicação de uma edição do boletim “Energia Elétrica e Gestão Energética Municipal”, distribuído com o intuito de divulgar dicas de eficiência energética para as prefeituras, bem como as ações do Procel GEM. Em 2015, foram enviados 1.300 exemplares impressos e cerca de 1.700 via e-mail.

Já o “Curso Online de Eficiência Energética”, disponível no Portal Procel Info, contou, em 2017, com um total de 8.775 acessos, 1.013 *downloads* e 1.204 acessos ao teste *online* de avaliação do curso. Esse curso foi idealizado e desenvolvido pela equipe da Eletrobras, no âmbito do Procel GEM, para atender ao público geral sobre eficiência energética. Desde o seu lançamento, em 2010, foram realizados 65,2 mil acessos e mais de 11.000 *downloads* do curso.

A metodologia “Comunidades de Aprendizado em Gestão Energética Municipal” consiste na capacitação de técnicos de prefeituras em gestão energética para pequenos municípios. Desde 2006, sete projetos foram implementados conforme essa metodologia, totalizando 6,3 milhões de kWh economizados em 83 municípios.

Desde a sua criação, o subprograma investiu mais de R\$ 5 milhões, o que proporcionou uma economia de 128,86 milhões de kWh. Essa energia seria suficiente para abastecer uma cidade de 260 mil habitantes, como Palmas (TO), durante um ano.

O Procel GEM atua diretamente, ou indiretamente, em 519 municípios de 19 estados, além do Distrito Federal, o que representa 9,3% dos municípios e mais de 73% dos estados brasileiros, logo, ainda têm muitos municípios brasileiros que poderiam aderir. [3]

2.3. ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A iluminação pública é essencial à qualidade de vida nos centros urbanos, atuando como instrumento de cidadania, permitindo aos habitantes desfrutar, plenamente, do espaço público no período noturno.

Além de estar diretamente ligada à segurança pública no tráfego, a iluminação pública previne a criminalidade, embeleza as áreas urbanas, destaca e valoriza monumentos, prédios e paisagens, facilita a hierarquia viária, orienta percursos e aproveita melhor as áreas de lazer.

A melhoria da qualidade dos sistemas de iluminação pública traduz-se em melhor imagem da cidade, favorecendo o turismo, o comércio, e o lazer noturno, ampliando a cultura do uso eficiente e racional da energia elétrica, contribuindo, assim, para o desenvolvimento social e econômico da população.

A iluminação pública no Brasil corresponde a aproximadamente 4,5% da demanda nacional, e a 3,0% do consumo total de energia elétrica do país. O equivalente a uma demanda de 2,2 GW e a um consumo de 9,7 bilhões de kWh/ano. [6]

A iluminação pública padrão consiste em luminárias, instaladas geralmente nos postes da rede de distribuição da concessionária de energia elétrica. Já a iluminação pública especial diz respeito à iluminação ornamental ou decorativa e pode ser tratada como um dos elementos de divulgação da cultura local, realçando a imagem urbana, patrimônio histórico, pontos turísticos, de esporte e lazer.

Segundo o Manual GEM [4], a Iluminação Pública é uma responsabilidade da Administração Pública Municipal e é essencial para o melhor desenvolvimento social e econômico das cidades. Quando bem atendidos, os cidadãos podem desfrutar de melhores oportunidades em atividades de turismo, sociais, educacionais, culturais e esportivas. Atualmente, ela é fundamental para a segurança do tráfego de veículos e para a prevenção contra a criminalidade.

A iluminação urbana permite ir muito mais além dos aspectos elétricos e objetivos considerados, abrangendo igualmente os subjetivos que requerem o apoio das empresas especializadas no trato da luz urbana para surtirem os efeitos desejados.

De modo geral, a iluminação das cidades é feita de maneira a deixar algumas lacunas, pois explora exclusivamente a iluminação viária com luminárias, lâmpadas e acessórios de tecnologia obsoleta.

Os serviços de iluminação podem ser melhorados, uma vez que atualmente só se preocupam com as manutenções corretivas e prescindem dos requisitos técnicos de modernidade, eficiência e qualidade já amplamente disponíveis no mercado brasileiro.

Poucos municípios são ainda hoje capazes de responder questões elementares sobre o seu sistema de iluminação do tipo:

- Quantos pontos de luz efetivamente existem mensalmente?
- Qual o consumo mensal de energia da iluminação?
- Qual o número de reclamações mensais sobre iluminação?
- Qual o tempo médio de atendimento a uma reclamação?
- Quais os critérios de qualidade do sistema de iluminação?

2.3.1 Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação Pública

O Brasil vem passando por uma sensível melhora na qualidade de prestação do serviço de iluminação pública. Novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas, e poderão aumentar a eficiência dos sistemas de iluminação pública, reduzindo o consumo de energia elétrica nesse segmento. Desde 1993, com a aplicação de recursos em projetos de eficiência energética a Eletrobrás, por meio do Procel, financia a efficientização da Iluminação Pública tendo como mutuária as concessionárias. [3]

Para se alcançar o objetivo em qualquer projeto de iluminação, deve ser definido o nível de iluminância no local, de acordo com a utilização do ambiente. Para isso existem normas técnicas brasileiras e internacionais que servem como orientação, em função de determinada atividade. O nível recomendado varia, também, com a duração do trabalho sob a iluminação artificial, devendo ser o mais elevado para as longas jornadas.

Deve-se buscar obter uma distribuição razoavelmente uniforme das iluminâncias nos planos iluminados. É necessário, também, que se tenha uma correta reprodução das cores dos objetos e ambientes iluminados. A impressão da cor de um objeto depende da composição espectral da luz que o ilumina, de suas refletâncias espectrais e do sentido da visão humana. Portanto, a cor não é exatamente uma propriedade fixa e permanente em um objeto, mas o que se enxerga como cor é o fluxo luminoso refletido pelo mesmo. [5]

Na escolha do conjunto lâmpada e luminária, os aspectos que devem ser observados são: tipos de lâmpadas que podem ser empregadas; dispositivos mais

econômicos; vida útil e manutenção de suas características e análise do ambiente em questão.

2.3.2 Tipos de luminárias para iluminação pública

Existem alguns tipos e inúmeros modelos e fabricantes para a aplicação em vias públicas.

2.3.2.1 Lâmpada vapor de sódio

São lâmpadas de descarga de alta pressão, as quais utilizam o plasma de um vapor de sódio para produzir luz.

Esse tipo de lâmpada emite uma luz quase monocromática. O resultado disso implica em uma luminosidade incomum e cores distinguíveis, uma vez que é emitida uma luz amarela pela lâmpada.

É indicado para situações onde a distinção de cores não é importante. Podem ser do tipo ovoide e tubular.

Figura 1 – Lâmpada vapor de sódio ovoide



Fonte: [13]

Figura 2 - Lâmpada vapor de sódio tubular



Fonte: [14]

2.3.2.2. Lâmpada vapor de mercúrio

Esse tipo de lâmpada possui alta eficiência luminosa. Também são lâmpadas de descarga, assim como a de vapor de sódio.

É indicado para uso em galpões, vias públicas e pátios de empresas. Possuem uma tonalidade branco-azulada.

Figura 3 – Lâmpada vapor de mercúrio



Fonte: [15]

2.3.2.3. Lâmpada de Vapor Metálico

Essas possuem bons níveis de azul e verde, proporcionando melhor visibilidade, além de maior economia de energia, se comparada com vapor de sódio, por exemplo.

Figura 4 – Lâmpada vapor metálico



Fonte: [16]

2.3.2.4 Lâmpada LED

Esse tipo de lâmpada oferece uma grande economia de energia, maior vida útil, alta eficiência luminosa, baixo aquecimento, menor custo de manutenção. Essas são algumas vantagens em usar esse tipo de lâmpada para iluminação em geral [8].

Figura 5 – Lâmpada LED



Fonte: [17]

2.4 PEE – PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ANEEL

Conforme dispõe a Lei no 9.991, de 24 de julho de 2000, as Empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, doravante denominadas Empresas, devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional líquida em Programas de Eficiência Energética – PEE, segundo regulamentos da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. [9]

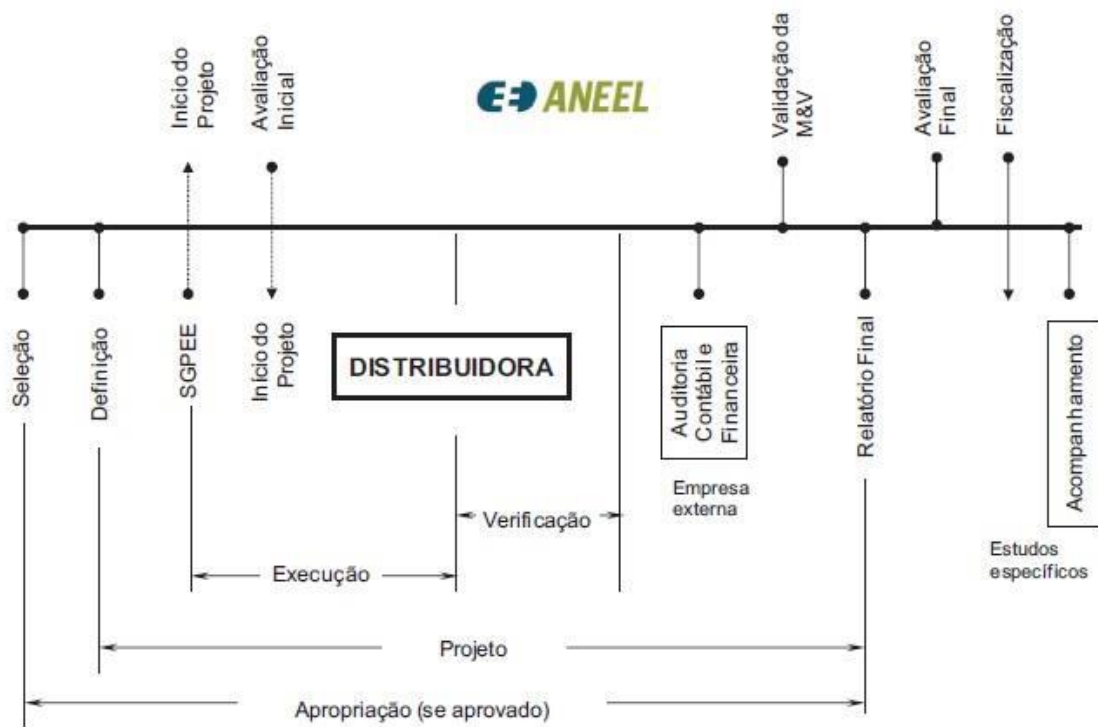
O objetivo desse programa é promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia. Por meio de projetos, objetiva-se demonstrar à sociedade a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício de energia elétrica e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Para isso, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada no âmbito desses programas.

Busca-se, enfim, a transformação do mercado de energia elétrica, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos racionais de uso da energia elétrica.

O Manual dos Programas de Eficiência Energética – MPPEE – é um guia determinativo de procedimentos dirigido às Empresas, para elaboração e execução de projetos de eficiência energética regulados pela ANEEL.

Cada projeto, em linhas gerais, conforme MPEE seguirá as etapas mostradas na Figura 6. Abaixo se apresentam as características principais de cada etapa, identificando, quando for o caso, o produto gerado na forma de um documento.

Figura 6 - Etapas dos Projetos do PEE



Fonte [9]

Uma breve explicação das etapas do projeto será discutida a seguir:

- **Seleção:** consiste nas atividades de prospecção, pré-diagnóstico e seleção de projetos por meio de uma chamada pública. [7]
- **Definição:** definição das ações de eficiência energética a implantar com respectiva análise técnico-econômica e bases para as atividades de M&V. [7]
- **SGPEE:** Sistema de Gestão do PEE, sistema da ANEEL onde são cadastrados todos projetos do PEE. [7]
- **Avaliação Inicial:** Aos projetos que necessitarem dessa avaliação, segundo módulo 9 do PROPEE, deverão ser submetidos a ANEEL. [7]

- **Execução:** elaboração do plano de Medição e Verificação (M&V). [7]
- **Verificação:** ações iniciais para desenvolvimento do relatório de M&V. [7]
- **Validação M&V:** validação feita pela ANEEL. [7]
- **Auditoria Contábil e Financeira:** elaboração do relatório de Auditoria. [7]
- **Relatório Final:** composto pelos relatórios de M&V e Auditoria e cadastro no SGPEE, com objetivo de apresentar resultados obtidos. [7]
- **Avaliação Final:** realizada segundo módulo 9 de avaliação de projetos e é obrigatória para todos projetos no âmbito de PEE. [7]
- **Fiscalização:** realizado pela ANEEL. [7]
- **Acompanhamento:** avaliar a permanência das ações de eficiência realizadas. [7]

O objetivo geral dos procedimentos é determinar regras e documentos para que os recursos do PEE possam ser aplicados.

Dentre as tipologias de projetos que podem ser realizados com recursos do PEE incluem-se os projetos de Gestão Energética. A finalidade é estimular os municípios, estados e órgãos da administração pública federal a desenvolver ações de conservação e uso racional de energia. Tradicionalmente, os projetos de gestão energética foram mais utilizados na administração pública municipal, buscando mobilizar os municípios brasileiros sobre a importância do uso eficiente e racional de energia nos serviços públicos. Contudo, a metodologia utilizada em projetos de Gestão Energética Municipal (GEM) pode ser estendida para setores públicos estaduais e federais, visando à disseminação da figura do gestor público de energia elétrica em órgãos dessas esferas da administração pública.

Projetos de Gestão Energética, segundo o manual do PEE, devem descrever os principais objetivos do projeto no município, ressaltando aqueles vinculados à eficiência energética.

2.4.1 Descrição e detalhamento

Para cada município deve ser apresentado um projeto. Descrever o projeto, detalhando a estratégia de implantação da Gestão Energética no município com base no "Guia de Gestão Energética Municipal", contemplando os seguintes itens:

- Capacitação dos Técnicos Municipais;
- Estruturação das Unidades de Gestão Energética Municipal;
- Organização dos Dados Relativos a Energia Elétrica;
- Gerenciamento do Consumo de Energia Elétrica;
- Planejamento do Consumo de Energia Elétrica;
- Consolidação da Gestão Energética Municipal.

O Projeto de Gestão Energética Municipal poderá envolver os setores de prédios públicos, iluminação pública e sistemas de saneamento divididos em tipo de atividade a serem especificadas.

2.4.2 PROPEE

A ANEEL desenvolveu o PROPEE com a intenção de definir os critérios de fiscalização e avaliação e os tipos de projetos contemplados pelo PEE. Como determina a legislação, as empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica, devem aplicar um percentual mínimo da Receita Operacional Líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética.

O objetivo é Determinar os documentos que regulamentam a aplicação dos recursos do PEE, bem como determinar as regras e procedimentos para aplicação, ações, apuração de resultados, informações e plano de gestão.

O PROPEE é dividido em 10 módulos sendo eles:

1. **Introdução:** Apresentar o PROPEE.
2. **Gestão do Programa:** Define aspectos gerais a distribuidora com relação a participação no PEE.
3. **Seleção e Implementação de Projetos:** Seleção dos projetos e como os implanta-los
4. **Tipologia dos Projetos:** Estabelece os tipos de projetos, suas diretrizes e suas características. 5. **Projetos Especiais:** Projetos com características atípicas, e define suas diretrizes e seus níveis de importância.

6. **Projetos com Fontes Incentivadas:** Projetos para microgeração de energia renovável, como análise na viabilidade e M&V dos resultados.

7. **Cálculo da Viabilidade:** Estabelece regras e formas de cálculo para verificar a viabilidade perante o PEE e ainda analisar outros fatores não mensuráveis de benefício com o projeto.

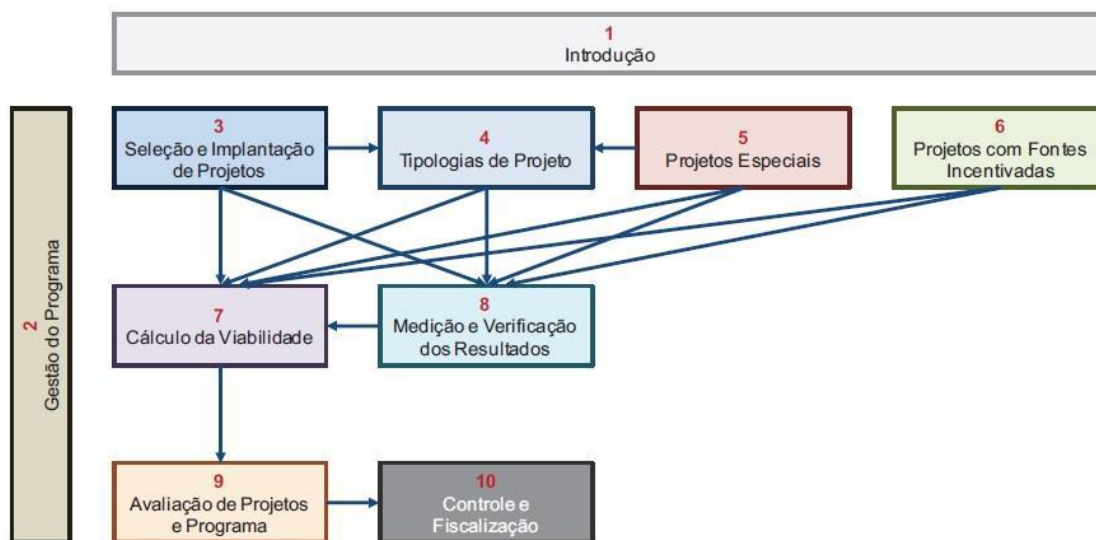
8. **Medição e Verificação dos Resultados:** Estabelece os procedimentos para uma avaliação confiável dos benefícios energéticos.

9. **Avaliação dos Projetos e Programa:** Define os critérios de avaliação tanto final quanto inicial dos projetos do PEE.

10. **Controle e Fiscalização:** Estabelece diretrizes para fiscalização dos projetos, que é feita pela ANEEL.

A Figura 7 abaixo mostra os módulos do PROPEE.

Figura 7- Módulos PROPEE



Fonte: [9]

2.4.2.1 Módulo 4 – Tipologias de Projeto

Este módulo tem como objetivo estabelecer as diretrizes para a realização de projetos com as tipologias mais utilizadas, abrangendo todos os projetos do PEE, dentro

da caracterização de cada um. Logo, não se pretende limitar a ação do PEE aos projetos apresentados, simplesmente facilitar a consecução dos mais frequentes. [7]

Neste módulo, são previstas as tipologias mais usuais, abrangendo todos os setores da economia, classes de consumo e usos finais. As tipologias de projeto estimadas são: industrial, comércio e serviços, poder público, serviços públicos, rural, residencial, baixa renda, gestão energética municipal, educacional e iluminação pública.

Os equipamentos instalados adquiridos com recurso do PEE devem ser energeticamente eficientes. “Considera-se equipamento eficiente aquele detentor do Selo Procel de Economia de Energia, ou simplesmente Selo Procel (ELETROBRAS/Procel, em parceria com o INMETRO), dentro de cada categoria definida naquele programa.” [9]

Caso não existam no mercado nacional equipamentos com Selo Procel necessários ao projeto, deverão ser adquiridos equipamentos com Etiqueta A de desempenho energético (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE) do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), de responsabilidade do INMETRO. [1]

Caso os equipamentos necessários ao projeto não sejam contemplados pelo PBE, poderão ser usados os mais eficientes disponíveis. Quando houver, no uso final considerado, laudo de laboratório acreditado pelo INMETRO para algum equipamento que atenda ao serviço requerido, somente estes equipamentos serão aceitos. [1]

Na modalidade de projetos de Iluminação Pública, tem-se por finalidade apoiar as prefeituras municipais na melhoria da eficiência energética dos sistemas de iluminação pública.

A ação de eficiência energética consiste, nesse caso, no uso de lâmpadas e equipamentos mais eficientes, podendo envolver a troca de reatores, ignitores, luminárias, relés fotoelétricos, fiação, braços, postes e demais elementos de fixação.

As diretrizes estabelecidas nesse módulo têm como objetivo auxiliar na elaboração, execução e gerenciamento de projetos com ações de eficiência energética para a melhoria de instalação e gestão energética. Tais ações são de acordo com o tipo de projeto. Ela estabelece diretrizes gerais a serem obedecidas em todas as partes do projeto, sendo aplicadas em instalações de uso final da energia.

Projetos na área de iluminação têm como objetivo a eficiência energética através de:

- a) Substituição de equipamentos: lâmpadas, reatores e luminárias.

b) Instalação de dispositivos de controle: interruptores, sensores de presença, dimmers, etc.

c) Maior aproveitamento da iluminação natural com redução da carga da iluminação artificial.

Outras ações como adequação da instalação elétrica poderão ser feitas com as adaptações necessárias.

Para fins de projeto em sistemas de iluminação, os dados mínimos necessários para serem enviados a ANEEL são de acordo com as Tabelas 1, 2 e 3, a seguir.

Tabela 1 - Dados do sistema de iluminação Atual

Sistema Atual		
Tipo de lâmpada	Sistema 1	Total
Potência (lâmpada + reator) W	pa_1	
Quantidade	qa_1	
Potência instalada (kW)	$Pa_1 = \frac{pa_1 \times qa_1}{1.000}$	
Funcionamento (h/ano)	ha_1	
FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPa_1 = \frac{Da_1}{Pa_1}$	
Energia Consumida (MWh/ano)	$Ea_1 = \frac{Pa_1 \times ha_1}{1.000}$	$E_a = \sum_i Ea_i$
Demanda média na ponta (kW)	Da_1	$D_a = \sum_i Da_i$

Fonte: [9]

Tabela 2 - Dados do sistema de iluminação Proposto

Sistema Proposto		
Tipo de lâmpada	Sistema 1	Total
Potência (lâmpada + reator) W	pp_1	
Quantidade	qp_1	
Potência instalada (kW)	$Pp_1 = \frac{pp_1 \times qp_1}{1.000}$	
Funcionamento (h/ano)	hp_1	
FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPp_1 = \frac{Dp_1}{Pp_1}$	
Energia Consumida (MWh/ano)	$Ep_1 = \frac{Pp_1 \times hp_1}{1.000}$	$E_p = \sum_i Ep_i$
Demanda média na ponta (kW)	Dp_1	$D_p = \sum_i Dp_i$

Fonte: [9]

Tabela 3 – Resultados esperados do sistema de iluminação

Resultados Esperados		
	Sistema 1	Total
Redução de Demanda na Ponta (kW)	$RDP_1 = Da_1 - Dp_1$	$RDP = \sum_i RDP_i$
Redução de Demanda na Ponta (%)	$RDP_1\% = \frac{RDP_1}{Da_1}$	$RDP_1 = \frac{RDP}{Da}$
Energia Economizada (MWh/ano)	$EE_1 = Ea_1 - Ep_1$	$EE = \sum_i EE_i$
Energia Economizada (%)	$EE_1\% = \frac{EE_1}{Ea_1}$	$EE\% = \frac{EE}{Ea}$

Fonte: [9]

Observações:

- Agrupar as lâmpadas em sistemas que tenham o mesmo regime de funcionamento e sejam trocadas por um determinado tipo de lâmpada – usar sistemas diferentes para troca diferentes.

- Tipo de lâmpada e potência nominal.
- Incluir a potência média consumida pelos reatores por cada lâmpada; especificar se são reatores eletromagnéticos ou eletrônicos.

- Quantidade de lâmpadas em cada sistema considerado.
- Potência total instalada.
- Funcionamento médio anual (h/ano).
- Fator de coincidência na ponta.
- Energia Consumida (MWh/ano).
- Demanda média na ponta (kW).
- O funcionamento só será diferente se forem instalados dispositivos de controle adicionais. Troca-se subscrito at (atual) por pr (proposto).

- Redução de demanda na ponta (RDP).
- RDP em termos percentuais.
- Energia economizada (EE).
- EE em termos percentuais.

Equação:

$$EE = \left[\sum_{\text{Sistema } i} (qa_i x pa_i x ha_i) - \sum_{\text{Sistema } i} (qp_i x pp_i x hp_i) \right] x 10^{-6} \quad (1)$$

Fonte [9]

Tabela 4 – Parâmetros da equação (1)

<i>EE</i>	Energia Economizada	MW/ano
<i>qa_i</i>	Número de Lâmpadas no Sistema atual	unidade
<i>pa_i</i>	Potência da Lâmpada e reator no sistema atual	W
<i>ha_i</i>	Tempo de funcionamento do sistema atual	h/ano
<i>qp_i</i>	Número de Lâmpadas no Sistema proposto	unidade
<i>pp_i</i>	Potência da Lâmpada e reator no sistema proposto	W
<i>hp_i*</i>	Tempo de funcionamento do sistema proposto	h/ano

*hp_i** só é diferente de *hp_i* quando houver instalação de algum dispositivo de controle ou mudança de hábito que o permita, como um sensor de presença.

Fonte: [9]

$$RDP = \left[\sum_{\text{Sistema } i} (qa_i \times pa_i \times FCPa_1) - \sum_{\text{Sistema } i} (qp_i \times pp_i \times FCPp_1) \right] \times 10^{-3} \quad (2)$$

Tabela 5 – Parâmetros da equação (2)

<i>RDP</i>	Redução de demanda na Ponta	W
<i>FCPa₁</i>	Fator de coincidência na Ponta do Sistema / atual	unidade
<i>FCPp₁</i>	Fator de coincidência na Ponta do Sistema / atual	unidade

Fonte: [9]

Já na modalidade de Gestão Energética Municipal, esta tem por finalidade descrever os principais objetivos do projeto no Município (que se encontram abaixo), ressaltando seus ganhos para a eficiência energética municipal.

- Capacitação dos Técnicos Municipais em Gestão Energética Municipal.
- Criação de uma Unidade de Gestão Energética Municipal (UGEM) capaz de gerir o consumo de energia elétrica do Município.
- Aplicação de um sistema computacional para apoio à gestão (exemplo: SIEM Web – Sistema de Informação Energética Municipal da ELETROBRAS Procel).
- Elaboração de um planejamento do uso da energia elétrica do Município, com base na Metodologia de Elaboração de Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica (PLAMGEs) da ELETROBRAS Procel.

- Divulgação dos resultados.

O projeto poderá contemplar vários Municípios, desde que sejam apresentados dados individuais quando necessário ou solicitado.

Descrever o projeto, detalhando a estratégia de implantação da Gestão Energética Municipal no Município, com base na Metodologia de Elaboração de Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica (PLAMGEs) da ELETROBRAS Procel (vide Guia Técnico Manual para Elaboração de Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica – ELETROBRAS/Procel), contemplando as seguintes etapas:

- Sensibilização da Administração Municipal para a GEM
- Capacitação dos Técnicos Municipais
- Estruturação da UGEM – Unidade de Gestão Energética Municipal
- Organização dos Dados das Contas de Energia Elétrica do Município
- Gerenciamento do Consumo de Energia Elétrica Municipal
- Planejamento do Consumo de Energia Elétrica Municipal
- Consolidação da Gestão Energética Municipal.

O Projeto de Gestão Energética Municipal deverá considerar os setores de prédios públicos, iluminação pública (vias, praças e semáforos) e sistemas de saneamento, especificado por Tipo de Atividade (Educação, Saúde, Administração, etc.)

Apresentar os Municípios contemplados no Projeto, bem como, informar suas principais características cadastrais, socioeconômicos e geoclimáticos.

Ainda segundo o Módulo quatro do PROPEE, será preciso apresentar um cronograma de implementação da GEM com as seguintes etapas:

1. Sensibilização da Administração Municipal para a GEM
2. Capacitação dos Técnicos Municipais
3. Estruturação da UGEM
4. Organização dos Dados Relativos a Energia Elétrica
5. Gerenciamento do Consumo de Energia Elétrica
6. Planejamento do Consumo de Energia Elétrica

7. Consolidação da GEM (Elaboração do Plano Municipal de Gestão da Energia Elétrica – PLAMGE)

O projeto deverá apresentar metodologias de avaliação, metas e os benefícios que cada ação irá atingir, bem como os prazos e custos para cada etapa do projeto.

Por fim, será necessário indicar um cronograma com a etapa relativa de acompanhamento do projeto. O acompanhamento de técnicos da Concessionária de Energia Elétrica local ao projeto é fundamental para o seu bom andamento.

Os itens essenciais que deverão constar nos Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica (PLAMGEs) são os seguintes:

- a) Caracterização socioeconômica do Município;
- b) Indicadores de desempenho energético;
- c) Economia em R\$ conseguida com medidas de gestão;
- d) Potencial de economia em R\$ e kWh com a aplicação de projetos eficientes;
- e) Crescimento Anual do Consumo de Energia Elétrica, em valores;
- f) Tendências de consumo de energia elétrica do Município – Cenário de Referência e Eficiência.

Apresentar cenário com mudanças relativas às tendências de consumo de energia elétrica para um período de quatro anos.

As Tabelas 6 e 7 mostram os modelos de documentos a serem preenchidos para relatar o cenário da evolução do consumo de energia elétrica da prefeitura.

Tabela 6 - Cenário sem incluir medidas de combate ao desperdício

	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4	
	kWh	R\$	kWh	R\$	kWh	R\$	kWh	R\$
ILUMINAÇÃO PÚBLICA								
Vias								
Praças								
Semáforos								
Outros								
TOTAL DE IP								
PRÉDIOS PÚBLICOS								
Prédios Administrativos								
Escolas								
Hospitais								
Outros								
TOTAL DE PRÉDIOS PÚBLICOS								
SANEAMENTO								
Coleta tratamento e abastecimento de água.								
Coleta de despejos sanitários								
Coleta e tratamento de Lixo								
Outros								
TOTAL DE SANEAMENTO								
TOTAL DA PREFEITURA								

Fonte [9]

Tabela 7 - Cenário com inclusão de medidas de combate ao desperdício

	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4	
ILUMINAÇÃO PÚBLICA	kWh	R\$	kWh	R\$	kWh	R\$	kWh	R\$
Vias								
Praças								
Semáforos								
Outros								
TOTAL DE IP								
PRÉDIOS PÚBLICOS								
Prédios Administrativos								
Escolas								
Hospitais								
Outros								
TOTAL DE PRÉDIOS PÚBLICOS								
SANEAMENTO								
Coleta tratamento e abastecimento de água.								
Coleta de despejos sanitários								
Coleta e tratamento de Lixo								
Outros								
TOTAL DE SANEAMENTO								
TOTAL DA PREFEITURA								

Fonte [9]

2.4.2.2 Módulo 7 – Cálculo da Viabilidade

Este módulo trata dos diferentes fatores e formas de cálculo da viabilidade econômica de um projeto realizado no âmbito do PEE. [9]

O principal objetivo é nortear o cálculo da viabilidade econômica dos projetos do PEE e, o principal critério para avaliação da viabilidade econômica de um projeto do PEE é a Relação Custo Benefício (RCB) que ele proporciona.

Há dois tipos de avaliação, quanto aos dados disponíveis, que devem ser feitas durante a realização do projeto:

a) *ex ante*, com valores estimados na fase de definição, onde se avaliam o custo e benefício.

b) *ex post*, com valores mensurados, consideradas a economia de energia e a redução de demanda na ponta.

Para avaliar a viabilidade econômica do projeto realizado no âmbito do PEE, é considerado o estudo feito em relação a ótica do sistema elétrico, ou seja, valorando as economias de energia no sistema. Portanto, para fins de avaliação econômica de projeto, segundo o PROPEE, a RCB calculada pela ótica do sistema elétrico e do ponto de vista do PEE deve ser igual ou inferior a 0,8 (oito décimos). Tal índice considera que o investimento no projeto proposto é vantajoso se comparado com o mesmo investimento na expansão do sistema elétrico.

O cálculo se baseia no impacto para o sistema da carga evitada, supondo-se um perfil de carga típico e caracterizado pelo fator de carga (F_c). As perdas evitadas no sistema são calculadas a partir da redução de 1 kW na ponta, seu reflexo na demanda fora de ponta (LP) através do fator de carga, e pelos fatores de perda (F_p), que levam ao cálculo de LE1, LE2, LE3 e LE4, juntamente com a permanência de cada posto horário no ano – 450, 315, 4.686 e 3.309 h/ano respectivamente), que medem o reflexo desta redução no horário fora de ponta e na energia consumida nos 4 postos tarifários (seco e úmido, ponta e fora de ponta).

O fator de perda pode ser simulado através do fator de carga pela expressão:

$$F_p = k \times F_c + (1 - k) \times F_c^2 \quad (3)$$

Onde:

- k varia tipicamente de 0,15 a 0,30. Recomenda-se adotar $k = 0,15$ ou justificar o valor adotado no projeto.

- F_c - Fator de carga do segmento elétrico imediatamente a montante daquele considerado ou que sofreu a intervenção, ou ainda, na falta deste, admitir-se-á o médio da distribuidora dos últimos 12 meses.

O Custo da Energia Evitada (CEE) unitário será calculado pelo equacionamento a seguir:

$$CEE = \frac{(C_p \times LE_p) + (C_{fp} \times LE_{fp})}{LE_p + LE_{fp}} \quad (4)$$

$$LE_p = \frac{(7 \times LE_1) + (5 \times LE_2)}{12} \quad (5)$$

$$LE_{fp} = \frac{(7 \times LE_3) + (5 \times LE_4)}{12} \quad (6)$$

Onde:

- CEE - Custo Unitário Evitado de Energia (R\$/MWh)
- C_p - Custo unitário da energia no horário de ponta na bandeira verde (R\$/MWh)
- C_{fp} - Custo unitário da energia no horário fora de ponta na bandeira verde (R\$/MWh)
- LE_p - Constante de perda de energia no posto de ponta considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta (1)

- LE_{fp} - Constante de perda de energia no posto de fora de ponta considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta (1)
- LE_1 - Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta (1)
- LE_2 - Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta (1)
- LE_3 - Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta (1)
- LE_4 - Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta (1)

O Custo da Demanda Evitada unitário é feito da seguinte forma:

$$CED = (12 \times C_1 \times h_p \times F_c \times 10^{-3}) + (12 \times C_2 \times h_{fp} \times F_c \times 10^{-3} \times LP) \quad (7)$$

Sendo:

- CED - Custo Unitário Evitado de Demanda (R\$/Kw ano);
- C_1 - Custo unitário do uso do Sistema de Distribuição no horário de ponta (R\$/MWh)
- C_2 - Custo unitário do uso do Sistema de Distribuição no horário fora de ponta (R\$/MWh)
- LP - Constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta
- h_p - Número de horas da ponta em um mês, considerando somente os dias úteis
- h_{fp} - Número de horas fora da ponta em um mês.

- F_c - Fator de carga do segmento elétrico imediatamente a montante daquele considerado ou que sofreu a intervenção, ou ainda, na falta deste, admitir-se-á o médio da distribuidora dos últimos 12 meses.

A partir de então, é possível calcular o RCB do projeto.

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (8)$$

Onde:

- RCB - Relação Custo Benefício
- CA_T - Custo anualizado total (R\$/ano)
- BA_T - Benefício anualizado (R\$/ano)

$$CA_T = \sum_n CA_n \quad (9)$$

Onde:

- CA_T - Custo anualizado total (R\$/ano)
- CA_n - Custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (mão de obra, etc.). (R\$/ano)

Já o Custo Total em Equipamentos (CE_T) pode ser calculado:

$$CE_T = \sum_n CE_n \quad (10)$$

Onde:

- CE_T - Custo total em equipamentos (R\$)
- CE_n - Custo de cada equipamento (R\$)

Outro fator necessário para se analisar o RCB é o Fator de Recuperação de Capital (FRC_u). Pois aqui é calculado o tempo de retorno, o que é imprescindível para o planejamento.

$$FRC_u = \frac{i(1+i)^u}{(1+i)^u - 1} \quad (11)$$

- FRC_u - Fator de recuperação do capital para u anos (1/ano)
- i - Taxa de desconto considerado (1/ano)
- u - Vida útil do equipamento (ano)

A taxa de desconto que deve ser considerada é a mesma especificada no Plano Nacional de Energia vigente na data de submissão do projeto. [20]

É possível calcular o Custo anualizado dos equipamentos (CA_n), conforme a equação que segue:

$$CA_n = CE_n * \frac{CT}{CE_T} * FRC_u \quad (12)$$

Onde:

- CA_n - Custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (mão de obra, etc.) (R\$/ano)
- CE_n - Custo de cada equipamento (R\$)
- CT - Custo total do projeto (R\$)
- CE_T - Custo total em equipamentos (R\$)
- FRC_u - Fator de recuperação do capital para u anos (1/ano)
- u - Vida útil do equipamento (ano)

Após serem avaliados os custos do projeto, agora serão avaliados os benefícios anualizados (BA_T), de acordo com a equação a seguir:

$$BA_T = (EE * CEE) + (RDP * CED) \quad (13)$$

Onde:

- BA_T - Benefício anualizado (R\$/ano)
- EE - Energia anual economizada (MWh/ano)
- CEE - Custo unitário da energia (R\$/MWh)
- RDP - Demanda evitada na ponta (kW ano)
- CED - Custo unitário evitado da demanda (R\$/kW ano)

Com o objetivo de agilizar a análise do relatório final dos projetos, a memória de cálculo da Relação Custo-Benefício deverá ser apresentada na forma de tabela conforme modelo apresentado nas Tabelas 8, 9 e 10, para cada uso final.

Tabela 8 – Custos de equipamentos

Custos							
Item	Equipamento	Custo	Qtd	Custo total	Vida útil	Fator recup. Capital	Custo anualizado
1				CE_1	u_1	FCR_1	CA_1
2				CE_2	u_2	FCR_2	CA_2
3				CE_3	u_3	FCR_3	CA_3
Total equipamentos				$CE_T = \sum CE_n$			$CA_T = \sum CA_n$

Fonte [9]

Tabela 9 – Custos de serviços e demais custos

Serviços e demais custos indiretos				
Item	Descrição	Custo	Qtd	Custo total
1				CS_1
2				CS_2
3				CS_3
Total serviços e demais indiretos				$CS = \sum CA_n$
Custo total do projeto				$CT = CE_T + CS$

Fonte [9]

Tabela 10 – Benefícios

Benefícios							
1	Energia Economizada	EE	MWh/ano	Custo unitário energia	CEE	Benefício Energia	$BA_E = EE * CEE$
2	Demanda reduzida na ponta	RDP	kWh/ano	Custo unitário demanda	CDE	Benefício Demanda	$BA_D = EDP * CDE$
						Benefício Total	$BA_T = BA_E + BA_D$
						RCB	CA_T/BA_T

Fonte [9]

2.4.2.3 Módulo 8 – Medição e Verificação dos Resultados

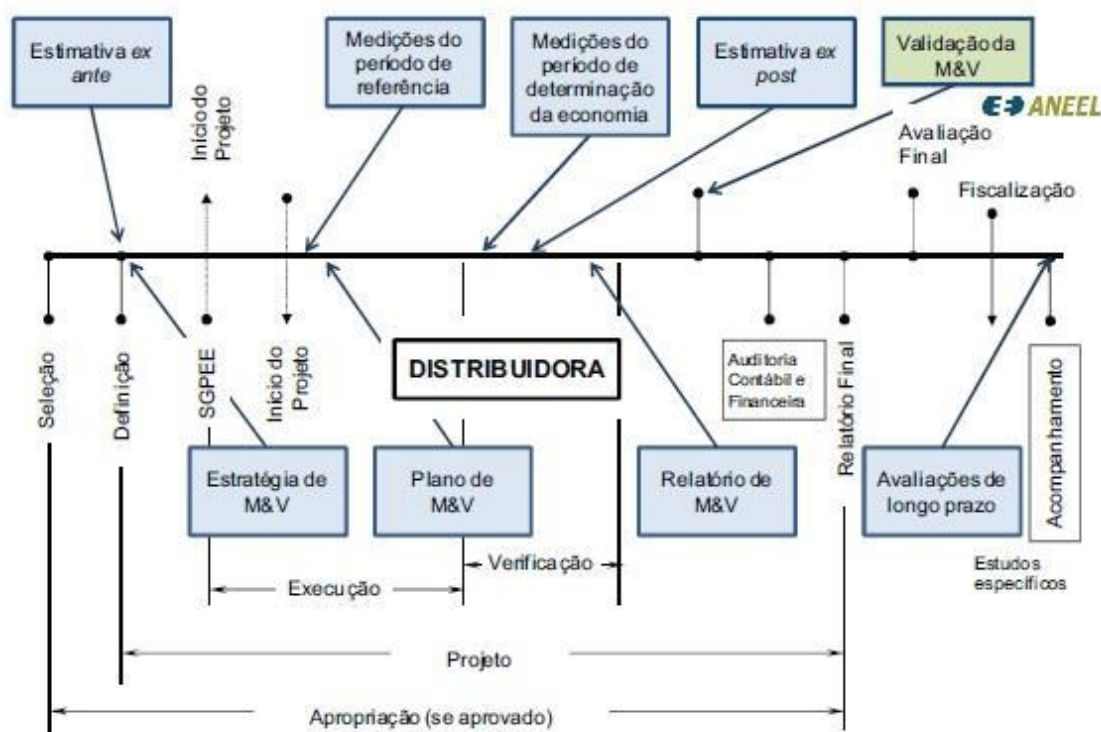
Neste módulo são estabelecidos os procedimentos para avaliação dos resultados e benefícios energéticos proporcionados pelos projetos. Tem-se então, como objetivo, estabelecer as diretrizes para as atividades de Medição e Verificação que devem ser empregadas em todos os projetos do PEE para avaliação dos resultados energéticos.

Essa parte de M&V é de extrema importância para um projeto realizado no âmbito do PEE, já que visa estabelecer requisitos mínimos a serem observados e, também orientar as atividades de M&V nas avaliações dos projetos.

A ANEEL busca conciliar as técnicas consagradas constantes do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) com a realidade de seus projetos, com intuito de aprimorar conceitos e padronizar as atividades para M&V. Há dois modos de se medir a economia, de acordo com o PIMVP: energia evitada, quando as condições do período de determinação da economia são consideradas e economia normalizada, quando estas condições são fixas.

As atividades de M&V estão presentes desde a fase de definição do projeto, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Etapas do projeto



Fonte: [9]

2.5 NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS

Um projeto de eficiência energética em iluminação pública deve seguir as indicações das normas e especificações da ABNT, da concessionária de energia elétrica e demais, que sejam pertinentes ao assunto. Dentre as normas, será realizado um estudo mais detalhado neste trabalho das seguintes:

- 1) NBR 5101 – Iluminação Pública
- 2) NBR 15129 – Luminárias para Iluminação Pública

2.5.1 NBR 5101:

A Norma 5101 trata das condições gerais necessárias para lidar com Iluminação Pública. [17]

2.5.1.1 Classificação das vias

a. Vias urbanas: aquela caracterizada pela existência de construção às suas margens, com presença de tráfego motorizado e de pedestres em maior ou menor escala. Ruas, avenidas, vielas ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis e edificados ao longo de sua extensão.

- Via de trânsito rápido: Avenidas e ruas asfaltadas, exclusivas para tráfego motorizado, onde não há predominância de construções. Baixo trânsito de pedestre e alto trânsito de veículos. Aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível, com velocidade máxima de 80 km/h.

- Via arterial: via exclusiva para tráfego motorizado, que se caracteriza por grande volume e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista. Geralmente, não existe ofuscamento pelo tráfego oposto nem construções ao longo da via. O sistema arterial serve mais especificamente a grandes geradores de tráfego e viagens de longas distâncias, mas, ocasionalmente, pode servir de tráfego local. Aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade, com velocidade máxima de 60 km/h.

- Via coletora: via exclusivamente para tráfego motorizado, que se caracteriza por um volume de tráfego inferior e por um acesso de tráfego superior àqueles das vias arteriais. Aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha

necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade, com velocidade máxima de 40km/h.

- Via local: via que permite acesso às edificações e a outras vias urbanas, com grande acesso e pequeno volume de tráfego. Aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou áreas restritas, com velocidade máxima de 30km/h.

- Vias rurais: via mais conhecida como estradas de rodagem, que nem sempre apresenta, exclusivamente, tráfego motorizado.

- Rodovias: vias para tráfego motorizado, pavimentadas, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Este tipo de via pode ter trechos classificados como urbanos, com as seguintes velocidades máximas:

- I. 110km/h para automóveis e camionetas;
- II. 90km/h para ônibus e micro-ônibus;
- III. 80km/h para os demais veículos.

- Estradas: vias para tráfego motorizado, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Este tipo de via pode ter trechos classificados como urbanos. Trata-se de via rural não pavimentada, com velocidade máxima de 60km/h.

2.5.1.2. Classificação do volume de tráfego em vias públicas

A Tabela 11 classifica o tráfego motorizado em vias públicas de acordo com o volume de tráfego.

Tabela 11 – Classificação das vias quando ao volume de tráfego.

Classificação	Volume de trafego noturno de veículos por hora , em ambos os sentidos, em pista única
Leve (L)	150 a 500
Médio (M)	501 a 1200
Intenso (I)	Acima de 1200

Fonte: [17]

A Tabela 12 classifica o tráfego para pedestres em vias públicas de acordo com o volume de tráfego motorizado.

Tabela 12 – Classificação das vias quanto ao fluxo de pedestres.

Classificação	Pedestres cruzando vias com tráfego motorizado
Sem tráfego (S)	Como nas vias arteriais
Leve (L)	Como nas vias residenciais médias
Médio (M)	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso (I)	Como nas vias comerciais primárias

Fonte: [17]

2.5.1.3 Condições específicas

As iluminâncias médias mínimas (EMED, MIN) são valores obtidos pelo cálculo da média aritmética das leituras realizadas, em plano horizontal, sobre o nível do piso e sob condições estabelecidas. Devem ser considerados os índices, levando-se em conta os valores mantidos ao longo do tempo de utilização de acordo com o fator de manutenção local.

O menor valor de iluminância (EMED, MIN) obtido das leituras realizadas, quando referente aos pontos situados sobre a pista de rolamento da via de tráfego motorizado, deve atender, às seguintes exigências:

- a) Fator de uniformidade indicado conforme o tipo de via;
- b) Ser necessariamente superior a 1lux.

2.5.1.3.2. Requisitos de Iluminância e uniformidade

As recomendações de iluminação estão em classe, de V1 a V5 para veículos e P1a P4 para pedestres [6]. As classes são selecionadas de acordo com a função da via, da densidade de tráfego, da complexidade do tráfego, da separação do tráfego e da existência de facilidades para o controle do tráfego, como os sinais. As descrições das vias e estradas são abrangentes, de modo que possam ser interpretadas como exigências

individuais para as recomendações nacionais. Quando uma seleção for feita, todos os usuários da estrada, incluindo motoristas, motociclistas, ciclistas e pedestres devem ser considerados.

2.5.1.4. Vias para tráfego de veículos

As Tabelas 13 e 14 a seguir definem a classe de iluminação para cada tipo de via para tráfego de veículos, iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação, vias para tráfego de pedestres e iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação.

Tabela 13 – Classe de iluminação para cada tipo de via

Descrição da Via	Classe de Iluminação
Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamento em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; Autoestradas.	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
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.	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação em bairros, com tráfego de pedestres elevado.	
Volume de tráfego intenso	V2
Volume de tráfego médio	V3
Volume de tráfego leve	V4
Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial.	
Volume de tráfego médio	V4
Volume de tráfego leve	V5

Fonte: [17]

Tabela 14 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação

Classe de Iluminação	Iluminância Horizontal Média $E_{med,min}$ 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: [17]

2.5.1.5. Vias para tráfego de pedestres

Nas tabelas a seguir são definidas as classes de iluminação para cada tipo de via para tráfego de pedestres, iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação.

Nas Tabelas 15 e 16, define-se a classe de iluminação para cada tipo de via para tráfego de pedestres, iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação.

Tabela 15 – Classes de iluminação para cada descrição da via.

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: [17]

Tabela 16 – Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação

Classe de Iluminação	Iluminância Horizontal Média $E_{med,min}$ 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: [17]

2.5.1.6. Projeto e manutenção

Quando o projeto de uma instalação de iluminação com valões de iluminância conforme aos requisitos anteriores, é recomendado que sejam seguidos os preceitos de manutenção indicados a seguir:

- a) Operação da fonte de luz, nos valores nominais de corrente ou tensão;
- b) Substituição das lâmpadas depreciadas, em períodos regulares;
- c) Limpeza periódica das luminárias.

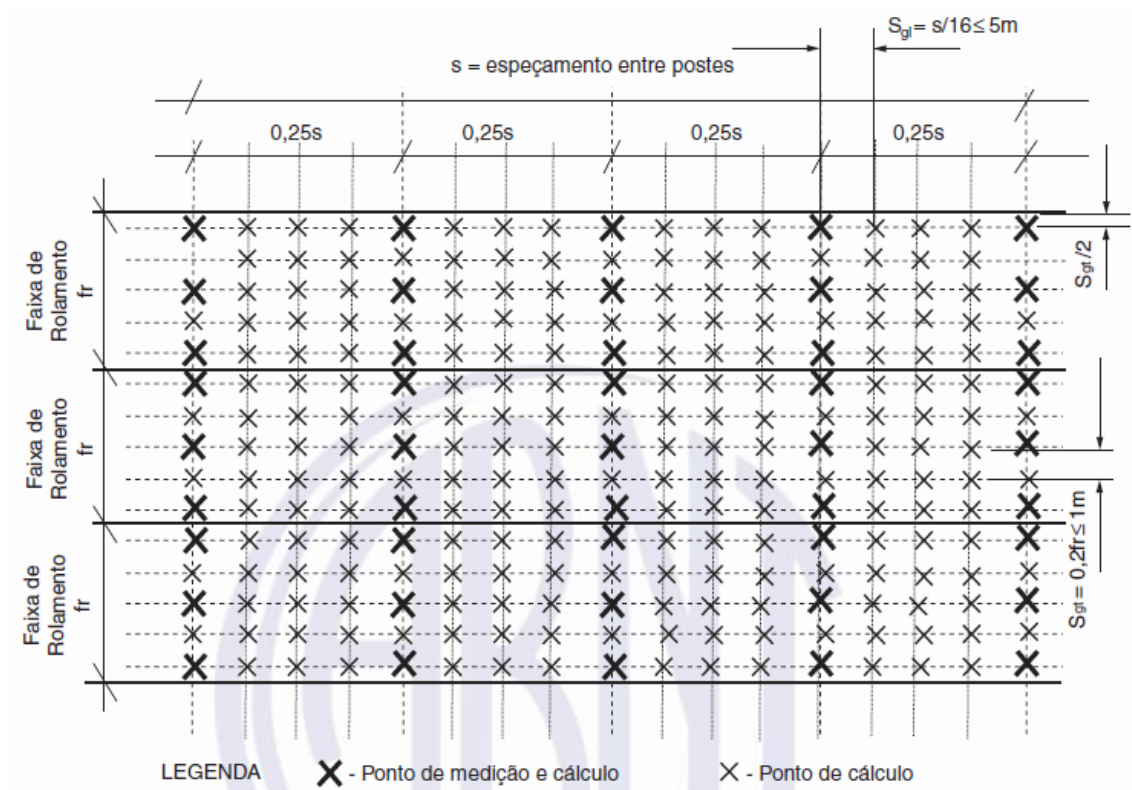
A fim de manter estes valores recomendados de iluminância, devem ser adotados esquemas de manutenção que estejam pelo menos iguais aos assumidos no projeto de instalação da iluminação. A eficiência das lâmpadas na data de substituição pode ser determinada pelos dados publicados pelos fabricantes. O fator de manutenção das luminárias varia conforme as condições locais e densidade de tráfego, devendo ser realizada a manutenção quando a iluminância média atingir 70% do valor inicial.

2.5.1.7. Inspeção

Para ser feita a malha de verificação, deve ser usada as medições ou cálculos de iluminância, em procedimento que exige detalhamento. Os pontos da grade devem ser definidos pelas interseções das linhas transversais e longitudinais à pista de rolamento e às calçadas, considerando-se a existência de:

- a) Uma linha transversal alinhada com cada luminária;
- b) Uma linha transversal no ponto entre as duas luminárias;
- c) Uma linha longitudinal no eixo de cada faixa;
- d) Uma linha longitudinal no eixo de cada calçada.

Figura 9 – Malha de Medição e cálculo



Fonte: [17]

Os espaçamentos entre os pontos da malha são definidos como a seguir:

- Espaçamento longitudinal: $s_g = s/16$

Sendo:

s = espaçamento entre postes.

OBS.: os pontos extremos de cada fileira pertencem às linhas transversais que passam pelas luminárias do vão.

- Espaçamento transversal: $s_{gt} = 0,2*fr$

Sendo:

fr = largura da faixa de rolamento.

OBS.: Os pontos extremos de cada coluna de pontos estão afastados de uma distância igual a $0,1*fr$ (ou $0,5*sgt$) em relação às linhas longitudinais do meio-fio. Como a largura típica da faixa de rolamento é da ordem de 3 m, esse espaçamento terá um valor em torno de 30 cm.

A matriz da malha de cálculo será assim composta por 17 colunas de pontos igualmente distribuídas na direção longitudinal e cinco fileiras de pontos em cada faixa de rolamento. Como a primeira e a última colunas coincidem com a posição dos postes, as colunas de pontos coincidirão com as linhas transversais que dividem o vão em 2, 4, 8 e 16 partes iguais.

2.5.2 Norma NBR-15129

A Norma NBR-15129 estabelece definições e critérios para luminárias públicas.

2.5.2.1. Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições da ABNT NBR IEC 60598-1 e os seguintes:

a) Abertura de entrada do cabo da luminária integrada com coluna: abertura na parte abaixo do solo da luminária integrada, com coluna para entrada do cabo.

b) Altura nominal da luminária integrada com coluna: distância entre a linha de centro do ponto de início da parte externa e o nível do solo desejado, para luminária integrada com coluna engastada no solo, ou a face inferior do flange para luminária integrada, com coluna com flange.

c) Cabo de ancoragem: cabo tensionado entre suportes principais, com finalidade de limitar movimentos laterais e de rotação das luminárias suspensas.

d) Cabo de suspensão: cabo fixado ao cabo de sustentação que suporta o peso da luminária.

e) Compartimento de conexão da luminária integrada: compartimento destinado a abrigar os terminais da luminária, os dispositivos de proteção, e laços dos cabos de alimentação e a caixa de conexão, se existir.

f) Caixa de conexão da luminária integrada com coluna: caixa contendo os blocos terminais.

g) Blocos terminais: dispositivo protetor que permite a conexão da luminária integrada com coluna com a rede e laços os cabos de alimentação de eletricidade.

h) Coluna de iluminação: suporte destinado a suportar uma ou mais luminárias, consistindo em uma ou mais partes, um poste, possivelmente uma peça de extensão e, se necessário, um suporte. Não estão incluídas colunas para iluminação com catenária.

i) Luminárias de túnel: luminárias para iluminação de túneis que são montadas diretamente sobre estruturas na parede ou no teto do túnel.

j) Luminárias integradas com colunas: sistemas de iluminação formados por uma luminária integrada em uma coluna de iluminação fixada ao solo.

k) Luminárias integradas: luminárias que possuem compartimento para instalação do dispositivo de controle da lâmpada.

l) Parte externa, refletora ou decorativa, da luminária integrada com coluna: dispositivo refletor de luz em uma direção fixa ou com proposta decorativa, montado externamente ao compartimento da lâmpada e geralmente no topo da luminária integrada com coluna.

m) Porta de abertura da luminária integrada com coluna: abertura na coluna da luminária integrada com coluna para acesso aos equipamentos elétricos.

2.5.2.2 Requisitos gerais para os ensaios

Para facilitar os ensaios devido às dimensões da amostra, é permitido realizá-los apenas em cada parte apropriada da luminária.

2.2.4.2.3 Classificação das luminárias

As luminárias devem ser classificadas como classe I ou II.

- a) No tubo (braço) ou similar;
- b) Sobre o suporte ou no braço de poste (coluna);
- c) No topo do poste;
- d) Sobre cabos de sustentação ou de suspensão;
- e) Na parede.

2.5.2.3. Marcação

As informações seguintes devem ser fornecidas no folheto de instruções que acompanha a luminária.

- a) Posição de projeto (posição normal de operação);
- b) Massa, incluindo dispositivo de controle, se existir;
- c) Dimensões globais;
- d) Área máxima projetada sujeita à força do vento, se prevista para montagem a mais de 8m acima do solo.
- e) Gama de seções dos cabos de suspensão adequados para a luminária, se aplicável;
- f) Adequada para uso interno, desde que os 10°C admitidos pelos efeitos de movimentação natural do ar não sejam subtraídos da temperatura medida;
- g) Dimensões do compartimento onde a caixa de conexão é instalada;
- h) O torque em newton-metro a ser aplicado nos parafusos ou roscas que fixam a luminária ao suporte.

As marcações das luminárias devem ser gravadas em placa fixada em local visível e devem conter no mínimo, de modo legível e indelével, as seguintes informações:

- a) Marca ou nome do fabricante (código ou modelo);
- b) Data de fabricação (mês e ano);
- c) Grau(s) de proteção;
- d) Potência, tensão e frequência nominais;
- e) Tipo de lâmpada (símbolo);
- f) Tipo de proteção contra choque elétrico.

3 PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE FAXINAL DOS GUEDES, SC

O presente estudo trata-se de uma auditoria para viabilizar o potencial de um projeto de eficiência energética prevista pelo Procel, dentro da GEM – Gestão Energética Municipal, na cidade de Faxinal dos Guedes / SC.

Buscou-se então levantar, dentro das características do município, uma ação de Gestão Energética Municipal com a tipologia que pode ser realizada com recursos do PEE. Para tanto, após um estudo do consumo de energia elétrica do município, constatou-se que a iluminação pública do mesmo demanda o maior gasto com energia elétrica dentro de todos os setores de consumo e, aparentemente, dispõe do maior potencial de melhorias em eficiência energética, visto que existem hoje tecnologias muito mais eficientes energeticamente do que as que estão sendo usadas e, ainda assim, acessíveis economicamente.

Ainda segundo o PROPEE, a modalidade de projetos de Iluminação Pública, tem-se por finalidade apoiar as prefeituras municipais na melhoria da eficiência energética dos sistemas de iluminação das vias públicas. A ação de eficiência energética consiste, nesse caso, no uso de lâmpadas e equipamentos mais eficientes, podendo envolver a troca de reatores, ignitores, luminárias, relés fotoelétricos, fiação, braços, postes e demais elementos de fixação. Neste trabalho, limitou-se a troca de luminárias de mudança de disposição dos postes.

A partir de então se realizou um projeto de eficiência energética nas luminárias públicas da cidade de Faxinal dos Guedes / SC, no centro da cidade, com o objetivo de comparar os dados obtidos experimentalmente, através de medições das iluminâncias fornecidas pelas luminárias, com a simulação do software DIALux, de acordo com a norma NBR5101.

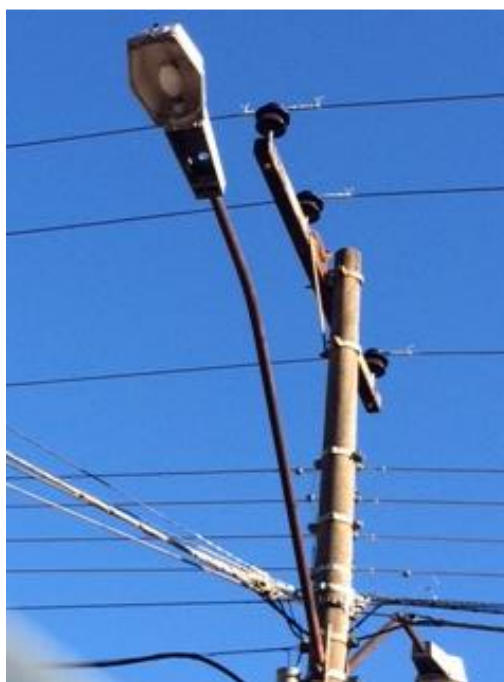
Neste projeto, será abordada, principalmente, a eficiência energética, o consumo de energia elétrica e a potência total do sistema em estudo. Além disso, também se tem como foco as iluminâncias médias e mínimas de cada tipo de lâmpada, medidas em lux.

3.1. ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE FAXINAL DOS GUEDES

Faxinal dos Guedes situa-se no Extremo Oeste de Santa Catarina, no Vale do Rio Uruguai e, tem uma população estimada de aproximadamente 11 mil habitantes, segundo dados do IBGE. Sua economia se baseia na indústria de papel e embalagens e no setor agropecuário, com destaque para a produção de milho e soja.

Analisando as instalações da iluminação pública da cidade verificou-se também certo grau de precariedade nas luminárias das principais vias, conforme mostra a Figura 10. Sendo assim, é evidente o potencial de melhorias que pode se propor para este setor, segundo os moldes do Procel GEM.

Figura 10 – Imagem iluminação pública em Faxinal dos Guedes/SC



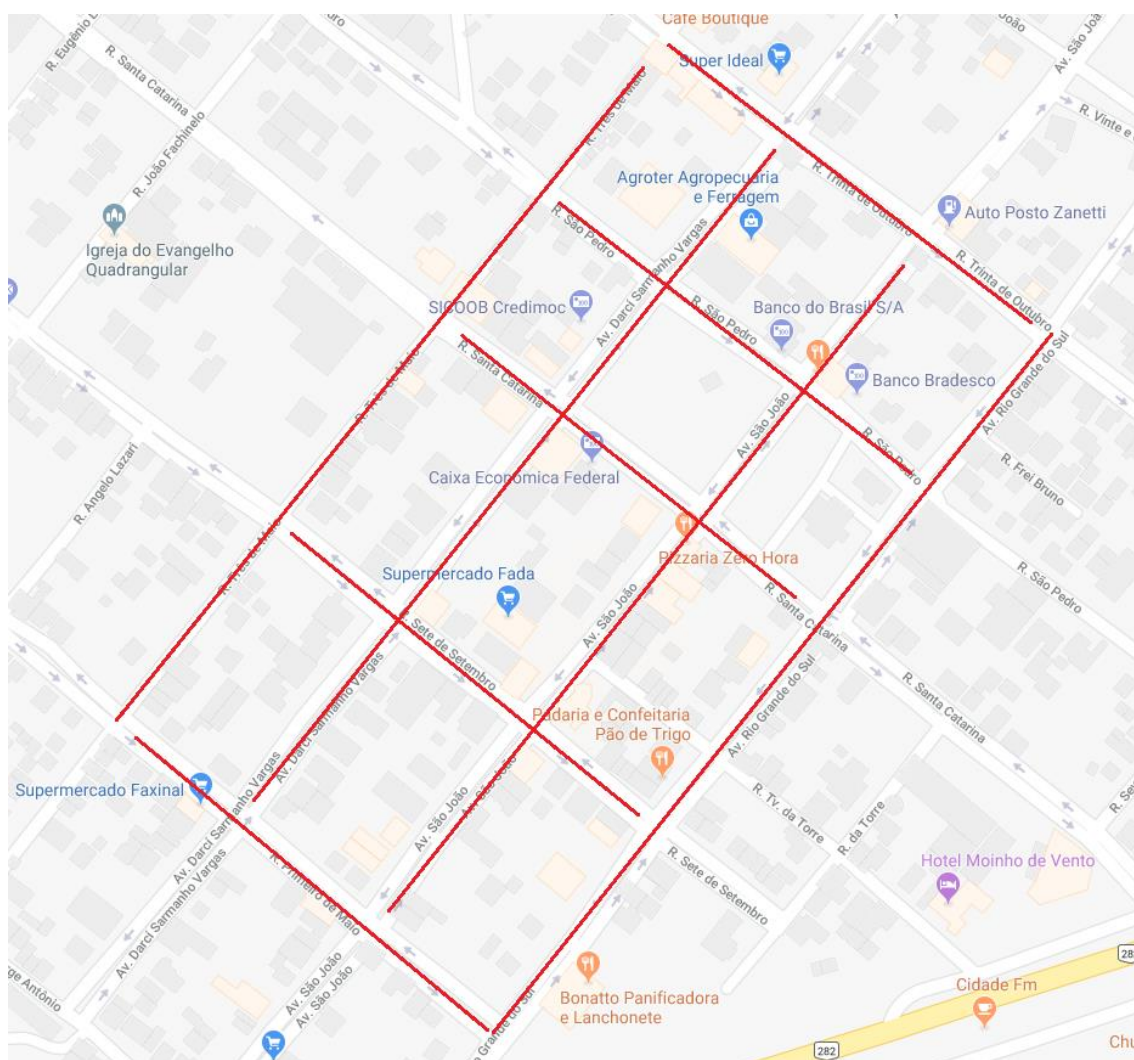
Fonte: produção do próprio autor

A escolha da região de projeto foi feita priorizando a área de maior importância na cidade. Sendo elas as principais vias do centro de Faxinal dos Guedes, delimitando-as numa região de estudo de maior praticidade.

Posteriormente, tomando como padrão a área do estudo em questão, poderá ser estendido o projeto para as demais áreas do município, observando os padrões de luminárias utilizadas e a largura das vias para adequação às normas.

A figura 11 mostra a área escolhida para a realização deste projeto.

Figura 11 – Delimitação das ruas para o projeto



Fonte: Google Maps

Por meio de pesquisa de campo, foi constatada a presença de **131** luminárias no local de estudo, localizado no centro da cidade de Faxinal dos Guedes / SC. A Tabela 17 mostra a quantidade de luminárias e a potência de cada uma delas. A partir da estrutura atual foi montado 2 modelos de propostas para possíveis melhoras no sistema de iluminação.

Tabela 17 - Situação Atual do Sistema

Tipo	Potência da Lâmpada (W)	Quantidade	Porcentagem (%)	Potência do Sistema (W)
Sódio	150	57	43,51	8550
	250	27	20,61	6750
Vapor metálico	250	15	11,45	3750
	400	32	24,43	12800
Total		131	100	31850

Fonte: Autor

A finalidade deste projeto é verificar a atual situação da iluminação pública no local de estudo e propor melhorias de eficiência energética.

Primeiramente o estudo mostrará uma primeira proposta, que será denominada P1, sugerindo a substituição das luminárias atuais, que são pouco eficientes energeticamente, por luminárias do tipo LED, que possuem uma maior eficiência energética. Esta proposta visa manter a mesma configuração dos postes, usada atualmente, substituir as luminárias por modelos mais eficientes e adequar a situação atual do sistema às normas ABNT NBR5101 de Iluminação Pública e ABNT NBR 15129 de Luminárias Públicas.

Em paralelo, será mostrada uma segunda proposta, que será denominada P2, sugerindo a substituição das luminárias atuais por modelos mais eficientes com uma alteração na configuração atual dos postes de algumas ruas para melhorar a distribuição da luz e reduzir a potência total do sistema.

As duas propostas, P1 e P2, serão demonstradas rua por rua, separadamente, para avaliar caso a caso. Todas as ruas do local desse estudo terão uma P1, porém somente algumas terão uma P2, pois a configuração dos postes dessas ruas já está de acordo com a sugestão que a P2 traria.

Após isso, será mostrado o cálculo da relação custo/benefício do conjunto das propostas P1 de cada rua, avaliando a viabilidade da aplicação do projeto e, também, será calculado o tempo de retorno do investimento do mesmo. O conjunto das propostas P1 será denominado de Projeto 1.

O PROPEE [9] descreve todas as etapas de um projeto de eficiência energética, desde o seu planejamento até as avaliações periódicas de economia. Como essas duas propostas de projetos não foram executadas, o projeto será realizado até a etapa do Plano de Medição e Verificação, que é a etapa antecedente a execução do projeto. Até essa etapa será possível realizar a Estimativa *ex ante* e Estratégia de M&V. Essas etapas têm como objetivo definir o consumo de energia da instalação e propor formas de cálculo de economia.

Na auditoria da atual situação do sistema de iluminação pública da cidade, mais precisamente na região de estudo escolhida, foram feitas medições dos níveis de iluminação das vias, utilizando um Luxímetro da marca Politerm modelo LD-150, conforme a *Figura 12*. As medições foram feitas na altura do solo, de acordo com a

norma NBR5101 de iluminação pública, formando as malhas de inspeção de cada via, conforme já visto na *Figura 9*.

Figura 12 – Luxímetro utilizado



Fonte: [15]

Para realização do projeto de iluminação pública foi utilizado o software DIALux. Tal ferramenta é de grande serventia para projetos lumintécnicos, visto que avalia os parâmetros de iluminação de acordo com a norma.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS NO LOCAL DE ESTUDO:

Na área de estudo escolhida para o projeto, observou-se um padrão na altura das luminárias e na distância entre os postes, sendo a altura das luminárias de 7 metros e a distância entre os postes de 30 metros. Nestas áreas constam nove ruas diferentes e, de acordo com a norma, cinco delas são caracterizadas como vias arteriais e quatro delas são caracterizadas como vias coletoras.

Como já visto anteriormente nas Tabelas 13 e 14 referente à Norma 5101, têm-se classes de iluminação V2 e V4 pertinentes ao local, já que se têm apenas vias arteriais e vias coletoras, com tráfego médio ou leve.

A Tabela 18 a seguir mostra os valores de iluminância média mínima e do fator de uniformidade mínimo para as classes de iluminação V2 e V4, que serão utilizadas.

Tabela 18 - Iluminancia mínima para as vias do estudo

Classe de Iluminação	Iluminância Horizontal Média $E_{med,mín}$ Lux	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{mín}/E_{med}$
V2	20	0,3
V4	10	0,2

Fonte: Autor

Na caracterização das vias em relação à circulação noturna de pedestres, têm-se todas as vias classificadas como P3 (vias de uso noturno moderado, por pedestres).

A Tabela 19 mostra os valores de iluminância média mínima e do fator de uniformidade mínimo nas calçadas de passeio para a classe P3.

Tabela 19 - Iluminancia mínima para as vias do estudo de acordo com o fluxo de pedestres

Classe de Iluminação	Iluminância Horizontal Média $E_{med,mín}$ Lux	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{mín}/E_{med}$
P3	5	0,2

Fonte: Autor

Através das malhas de inspeção feitas com os valores medidos de iluminância, nas vias da cidade, constatou-se na prática que apenas uma das vias está atendendo aos requisitos mínimos da norma NBR5101.

A partir daí, foram feitas simulações no software Dialux para modelar o cenário atual e, posteriormente, foram simuladas as propostas de melhorias que serão descritas a partir daqui, rua por rua.

3.3 PROPOSTAS POR VIA

No Apêndice A tem os resultados completos gerados no DIALux, tanto para a situação atual quanto para proposta.

3.3.1 Rua Três de Maio

A Rua Três de Maio caracteriza-se, segundo a norma, como uma via Arterial de tráfego médio (V2) e com fluxo moderado de pedestres. Ela possui 5 metros de largura de pista e, mais 1,5 metros de estacionamento em cada extremidade, totalizando oito metros de via.

A iluminação é feita por luminárias de 150 W de potência, montadas em postes, há 7 metros de altura e, cada poste fica posicionado há 30 metros de distância do outro. Todos localizados em apenas um dos lados da pista. Esta via tem um montante de 15 luminárias no local de estudo, totalizando 2250 W de potência total.

A figura 13 mostra o cenário atual da via.

Figura 13 – Cenário atual da Rua Três de Maio.



Fonte: Google Maps

A malha de inspeção da Iluminância do cenário atual da Rua Três de Maio é demonstrada na Tabela 20 a seguir, onde mostra os valores medidos e simulados, em

Lux, da Iluminância da via em cada ponto de medição, conforme descrito na norma NBR-5101, já apresentada anteriormente e, mostrada na Figura 9.

A sigla **SIM** da Tabela 20 se refere aos valores simulados de Iluminância enquanto a sigla **MED** se refere aos valores medidos. A letra *S* representa a distância total de um poste a outro, também conforme já visto na Figura 9. A comparação é feita exatamente nos pontos de medição da malha de inspeção, sendo *Faixa 1* a faixa da extremidade da via mais próxima dos postes, *Faixa 2* a faixa da outra extremidade e *Faixa Central* a faixa do meio, conforme a figura 13, mostrada anteriormente.

Os espaços destacados entre as colunas na tabela abaixo representam as distâncias de 0,25S que separam uma linha horizontal de pontos de medição da pista, da outra linha, conforme é explicado na descrição da norma NBR-5101.

Os pontos de cálculo foram omitidos visto que o objetivo aqui é demonstrar um comparativo dos valores simulados com os obtidos através das medições feitas no local.

Tabela 20 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Três de Maio, nos pontos de medição determinados pela malha de inspeção.

	SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED
Faixa 2	19,7	6,0		10,6	3,0		8,66	2,0		10,3	6,0		19,7	6,0
Faixa Central	32,5	15,0		12,4	4,0		8,79	2,0		12,4	9,0		32,5	19,0
Faixa 1	40,6	20,0		11,0	5,0		5,76	2,0		11,0	14,0		40,6	43,0
	Poste 1			0,25S			0,5S			0,75S			Poste 2	

Fonte: Próprio autor

A discrepância entre os resultados obtidos via software e experimentalmente, deve-se a fatores como:

- Diferença na marca da lâmpada;
- Sujeira nas luminárias;
- Precariedade da instalação.

Os valores de Iluminância média e Uniformidade, para o cenário atual, medidos e simulados dessa rua, estão contidos na tabela abaixo, onde *Emed* é a Iluminância média da malha de medição entre postes, dada em Lux e, *U* é o Fator de Uniformidade do sistema, onde $U = E_{mín} / E_{med}$.

Os valores de *Emed* e *U* são muito importantes para o projeto, pois são estes que determinam se o sistema de iluminação está ou não de acordo com a norma NBR-5101, a qual é uma das bases de orientação para esse trabalho.

As siglas *Emín* e *Emáx* são o menor e o maior valor de Iluminância medido na malha, respectivamente, também dados em Lux.

A Tabela 21 mostra os valores de Iluminância e Uniformidade medidos e simulados referente ao cenário atual da Rua Três de Maio.

Tabela 21 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Três de Maio, medidos e simulados.

Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U
Medido	Sódio	150	15000	10,4	2,0	43,0	0,19
Simulado	Sódio	150	15000	16,30	5,76	40,60	0,35

Fonte: Autor

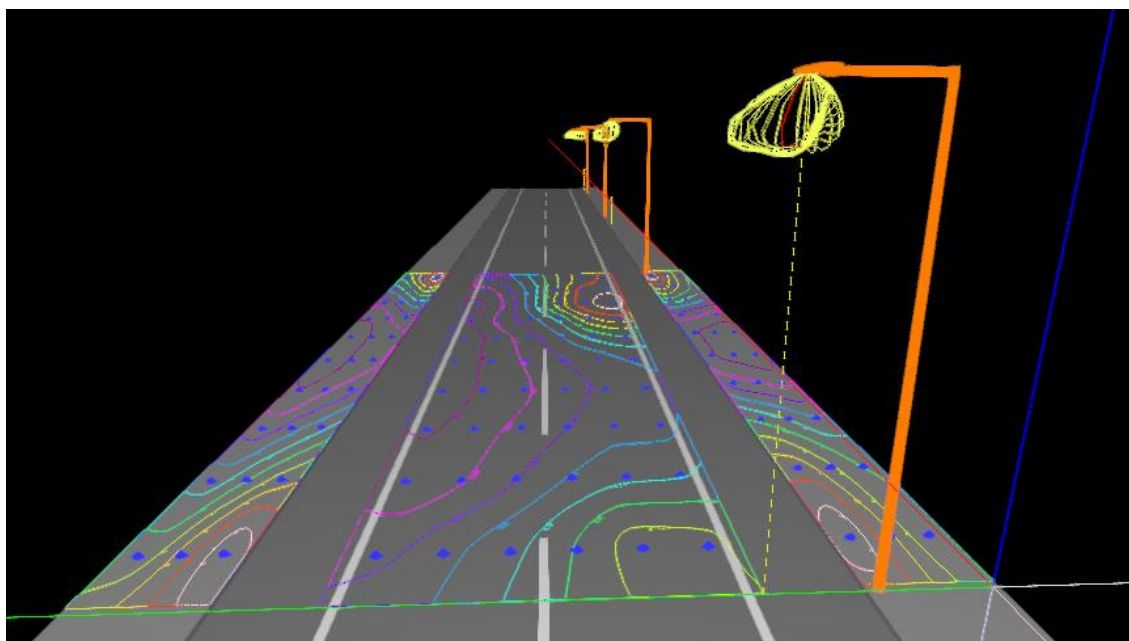
A norma exige que a Iluminância média *Emed* de uma via classificada com V2 seja de no mínimo 20 lux e que o fator de Uniformidade *U* dela seja de no mínimo 0,3, conforme já mostrado anteriormente na Tabela 18. Portanto, constatou-se que o cenário atual da iluminação pública da Rua Três de Maio não está atendendo aos requisitos mínimos da norma NBR-5101.

As propostas P1 e P2 descritas a seguir visam, além de melhorar a eficiência energética do sistema, adequar a iluminação pública da via aos requisitos da norma.

A P1 para essa rua sugere a troca das luminárias atuais por luminárias do tipo LED 120 W, com pelo menos 13440 lumens de irradiação para atender aos requisitos mínimos da norma. Chegou-se a essa proposta após serem feitas várias simulações para diferentes potências de luminárias.

A Figura 14 abaixo mostra o desenho do cenário da P1, simulado no software Dialux.

Figura 14 – Cenário simulado da P1 para a Rua Três de Maio



Fonte: Dialux

A malha de inspeção de Iluminância da Rua Três de Maio para o sistema da P1 é demonstrada na Figura 15 a seguir. Nela constam os valores de Iluminância nos pontos de medição como os da Tabela 20 e também nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P1 no Dialux, pois o software já calcula todos os pontos automaticamente. Na Figura 15 estão destacados o *Emáx* e o *Emín* simulados na P1.

Figura 15 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1

Rua 3 de Maio

Potência luminosa horizontal [lx]

9.458	24.5	19.1	14.8	11.3	8.72	8.72	11.3	14.8	19.1	24.5
8.375	28.7	21.9	17.0	12.2	9.26	9.26	12.2	17.0	21.9	28.7
7.292	33.3	25.0	18.9	12.9	9.61	9.61	12.9	18.9	25.0	33.3
6.208	38.5	28.1	20.4	13.4	9.38	9.38	13.4	20.4	28.1	38.5
5.125	42.4	30.1	21.2	13.0	8.86	8.86	13.0	21.2	30.1	42.4
4.042	42.3	30.0	20.8	12.3	8.15	8.15	12.3	20.8	30.0	42.3
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.2	8.15	42.4	0.404	0.192

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P1 simulada estão descritos na Tabela 22 a seguir.

Tabela 22 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua Três de Maio.

Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U
Simulado	LED	120	13440	20,20	8,15	42,40	0,40

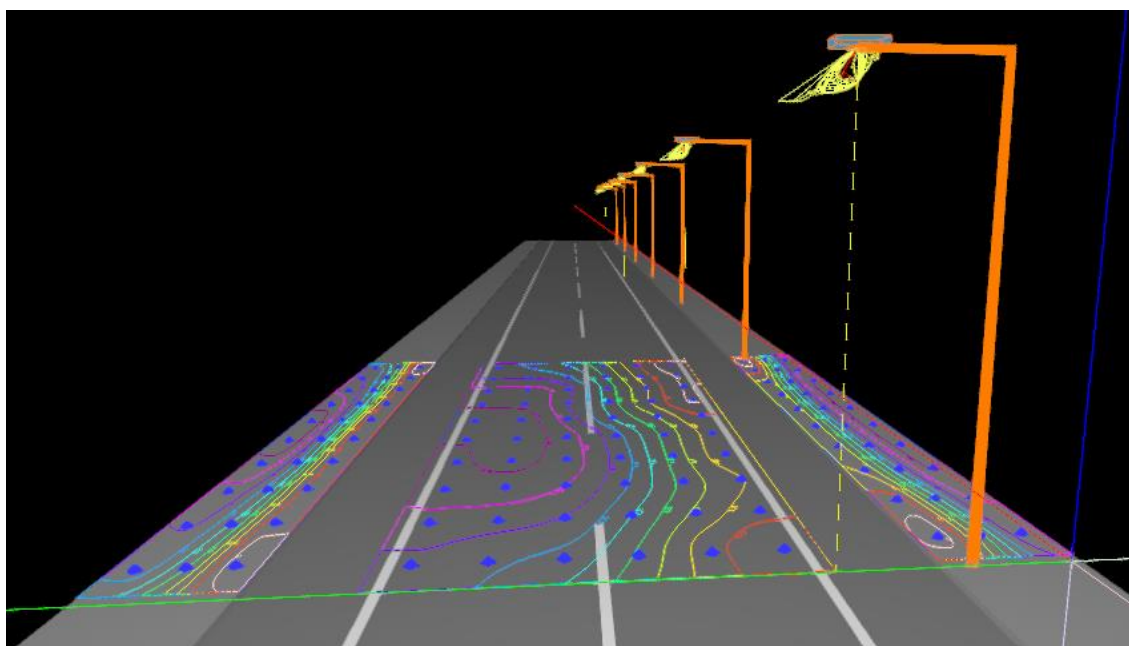
Fonte: Autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P1 atende aos requisitos mínimos da norma utilizando luminárias mais eficientes e de menor potência, reduzindo assim, a potência total utilizada.

Como alternativa para tentar melhorar a distribuição da iluminação da via e com a intenção de reduzir ainda mais a potência do sistema, foi simulada a P2 para essa rua, que sugere o aumento do número de postes da via, alocando cada poste há uma distância de 15 metros do outro e, cada poste contendo uma luminária de 50 W de potência.

A Figura 16 mostra o desenho do cenário da P2, simulado no software Dialux.

Figura 16 – Cenário simulado da P2 para a rua Três de Maio



Fonte: Dialux

A malha de inspeção de Iluminância da Rua Três de Maio para o sistema da P2 é demonstrada na Figura 17 a seguir. Nela constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P2 no Dialux, com destaque para o *Emáx* e o *Emín*.

Figura 17 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2

Rua Três de Maio (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.458	18.2	16.7	17.4	20.5	26.4	26.4	20.5	17.4	16.7	18.2
8.375	20.5	16.9	17.3	19.8	26.5	26.5	19.8	17.3	16.9	20.5
7.292	22.5	18.0	17.1	19.2	25.0	25.0	19.2	17.1	18.0	22.5
6.208	25.0	19.2	17.1	18.0	22.5	22.5	18.0	17.1	19.2	25.0
5.125	26.5	19.8	17.3	16.9	20.5	20.5	16.9	17.3	19.8	26.5
4.042	26.4	20.5	17.4	16.7	18.2	18.2	16.7	17.4	20.5	26.4
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.1	16.7	26.5	0.828	0.630

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P2 simulada estão descritos na Tabela 23 a seguir.

Tabela 23 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Rua Três de Maio.

Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U
Simulado	LED	50	8281	20,10	16,70	26,50	0,83

Fonte: Autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P2 atende aos requisitos mínimos da norma.

O aumento do número de postes na via proporcionou uma diminuição considerável na potência das luminárias. Mesmo considerando que essa proposta sugere dobrar o número de luminárias, somadas as potências de duas delas daria um total de 100 W, que ainda é uma potência menor do que apenas uma luminária da P1, que era de

120 W. Assim, tem-se um cenário que atende aos requisitos mínimos da norma e reduz ainda mais a potência total do sistema.

3.3.2 Rua São Pedro

A Rua São Pedro caracteriza-se, segundo a norma, como uma via Coletora de tráfego leve (V4) e com fluxo moderado de pedestres. Ela possui duas pistas com sentidos de fluxo opostos, canteiro de 1 metro de largura fazendo a divisão, 5 metros de largura para cada pista mais 1,5 metros de estacionamento em cada extremidade do conjunto da via.

A iluminação é feita por luminárias de 150 W de potência, montadas em postes, há sete metros de altura e com 30 metros de distância entre postes. Todos os postes localizados em apenas um dos lados da pista. Esta via tem um montante de nove luminárias no local de estudo, totalizando 1350W de potência total.

A Figura 18 mostra o cenário atual da via.

Figura 18 – Cenário atual da Rua São Pedro.



Fonte: Google Maps

A malha de inspeção da Iluminância do cenário atual da Rua São Pedro é demonstrada na Tabela 24 a seguir.

Tabela 24 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua São Pedro, nos pontos de medição da malha de inspeção.

	SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED
Faixa 22	7,3	6,0		6	4		5,2	3,0		6	3,0		7,3	3,0
Faixa Central 2	11,0	9,0		7,8	8		6,15	3,0		7,8	5,0		11,0	5,0
Faixa 12	20,2	16,0		10,4	11		7,4	3,0		10,4	6,0		20,2	8,0
Canteiro Central														
Faixa 2	27,8	19,0		11,5	12		7,3	3,0		11,5	7,0		27,8	11,0
Faixa Central	35,1	20,0		10,9	13		6,4	3,0		10,9	7,0		35,1	12,0
Faixa 1	38,5	20,0		10,1	15		4,7	2,0		10,1	8,0		38,5	12,0
	Poste 1			0,25S			0,5S			0,75S			Poste 2	

Fonte: Próprio autor

Os valores de Iluminância média e Uniformidade, para o cenário atual, medidos e simulados dessa rua, estão contidos na Tabela 25, sendo consideradas *Pista 1* como a pista mais próxima da localização dos postes e a *Pista 2* a mais afastada.

Tabela 25 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua São Pedro, medidos e simulados.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Medido	Sódio	150	15000	6,20	3,0	16,0	0,50	11,0	2,0	20,0	0,18
Simulado	Sódio	150	15000	9,19	5,20	20,20	0,56	15,10	4,77	38,50	0,31

Fonte: Próprio autor

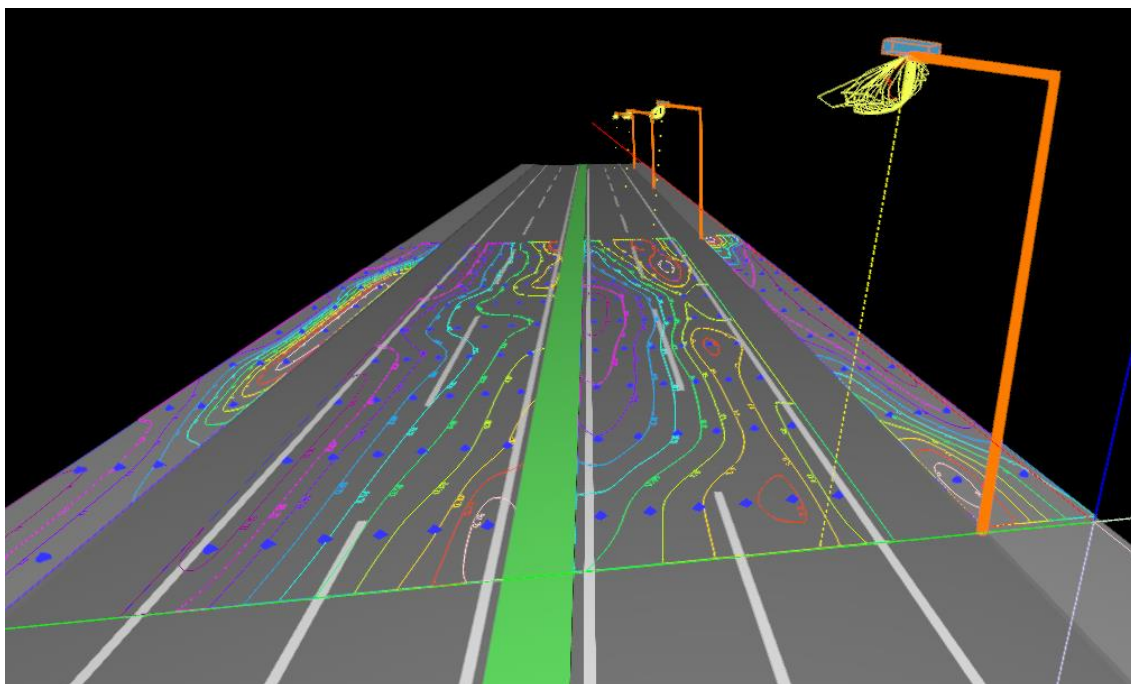
A norma exige que a Iluminância média *Emed* de uma via classificada com *V4* seja de no mínimo 10 lux e que o fator de Uniformidade *U* dela seja de no mínimo 0,2, conforme já mostrado anteriormente na Tabela 18. Portanto, constatou-se que o cenário atual da iluminação pública da Rua Três de Maio não está atendendo aos requisitos mínimos da norma NBR-5101.

A P1 para essa rua sugere a troca das luminárias atuais por luminárias do tipo LED 75 W, com pelo menos 8600 lumens de irradiação para atender aos requisitos mínimos da norma. Chegou-se a essa proposta após serem feitas várias simulações para diferentes potências de luminárias.

Para um melhor aproveitamento da capacidade de iluminação das luminárias, recomenda-se a instalação há 7 metros de altura, inclinação de 6° e posicionada 0,5 metros adentro da faixa de início da pista (braço de 2 metros de comprimento), conforme simulado.

A Figura 19 abaixo mostra o desenho do cenário da P1, simulado no software Dialux.

Figura 19 – Cenário simulado da P1 para a Rua São Pedro



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância das duas vias da Rua São Pedro para o sistema da P1 são demonstradas nas Figuras 20 e 21 a seguir. Nelas constams os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P1 no Dialux tanto para a via mais próxima dos postes quanto para a via mais afastada deles.

Figura 20 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)

Pista lado Poste

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	27.2	18.8	12.5	8.25	6.00	6.00	8.25	12.5	18.8	27.2
7.250	29.5	19.7	12.5	7.81	5.79	5.79	7.81	12.5	19.7	29.5
6.417	31.2	20.0	12.4	7.69	5.52	5.52	7.69	12.4	20.0	31.2
5.583	31.2	20.0	12.3	7.46	5.19	5.19	7.46	12.3	20.0	31.2
4.750	29.0	19.2	11.9	7.10	4.80	4.80	7.10	11.9	19.2	29.0
3.917	23.4	15.9	10.1	6.13	4.34	4.34	6.13	10.1	15.9	23.4
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
14.4	4.34	31.2	0.301	0.139

Fonte: Dialux

Figura 21 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)

Pista Lado Oposto

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	8.02	7.10	6.44	6.39	6.99	6.99	6.39	6.44	7.10	8.02
13.250	11.6	9.77	8.33	7.44	7.82	7.82	7.44	8.33	9.77	11.6
12.417	14.6	12.2	10.3	8.44	8.47	8.47	8.44	10.3	12.2	14.6
11.583	17.1	14.0	11.3	9.32	8.19	8.19	9.32	11.3	14.0	17.1
10.750	18.7	15.0	11.8	9.92	7.78	7.78	9.92	11.8	15.0	18.7
9.917	21.5	15.7	12.0	9.49	7.24	7.24	9.49	12.0	15.7	21.5
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.8	6.39	21.5	0.594	0.298

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P1 simulada estão descritos na Tabela 26 a seguir.

Tabela 26 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua São Pedro.

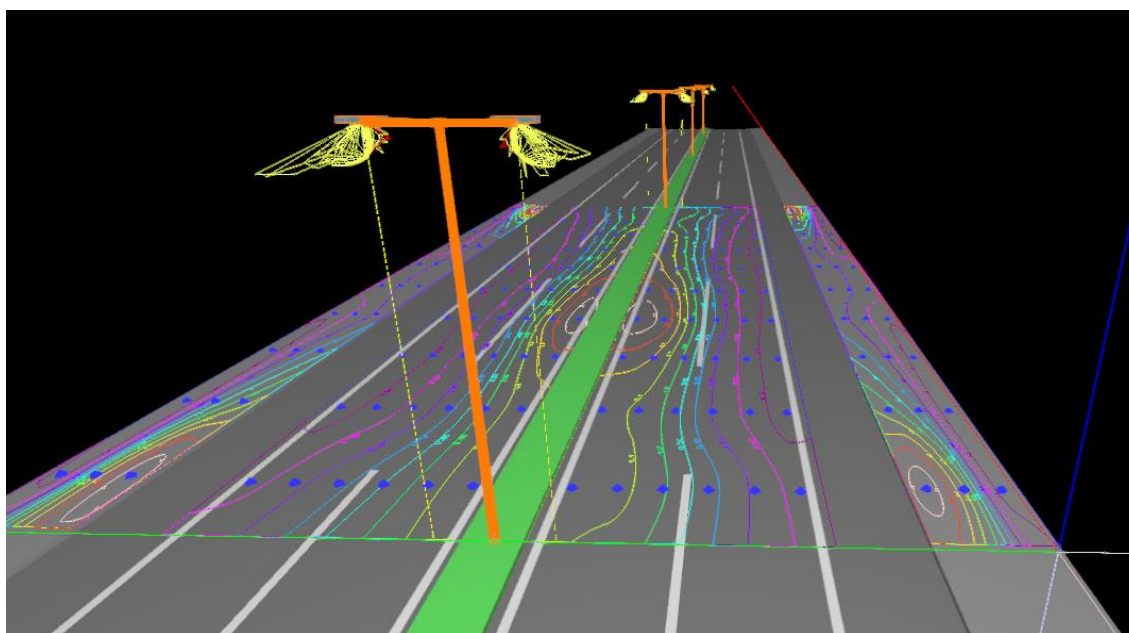
				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	75	8600	10,80	6,39	21,50	0,59	14,40	4,34	31,20	0,30

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P1 atende aos requisitos mínimos da norma utilizando luminárias mais eficientes e de menor potência, reduzindo assim, a potência total utilizada.

A P2 para essa rua sugere o deslocamento da posição dos postes para o canteiro central, mantendo a distância entre postes de 30 metros e, acrescentando uma luminária por poste. Para este caso, foram simuladas duas luminárias de 35 W de potência cada, por poste.

A figura 22 abaixo mostra o desenho do cenário da P2, simulado no software Dialux.

Figura 22 – Cenário simulado da P2 para a Rua São Pedro



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância da Rua São Pedro para o sistema da P2 são demonstradas nas Figuras 23 e 24. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P2 no Dialux, tanto para a via mais próxima dos postes quanto para a via mais afastada deles.

Figura 23 - Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1.

Pista lado Poste

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	22.4	14.6	9.71	6.82	5.59	5.59	6.82	9.71	14.6	22.4
7.250	21.6	13.6	8.70	6.21	5.29	5.29	6.21	8.70	13.6	21.6
6.417	20.8	12.7	8.15	5.65	4.92	4.92	5.65	8.15	12.7	20.8
5.583	19.8	12.3	7.92	5.46	4.71	4.71	5.46	7.92	12.3	19.8
4.750	18.2	11.9	7.79	5.55	4.78	4.78	5.55	7.79	11.9	18.2
3.917	16.1	11.0	7.70	5.85	5.13	5.13	5.85	7.70	11.0	16.1
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.4	4.71	22.4	0.455	0.210

Fonte: Dialux

Figura 24 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na pista 2.

Pista Lado Oposto

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	16.1	11.0	7.70	5.85	5.13	5.13	5.85	7.70	11.0	16.1
13.250	18.2	11.9	7.79	5.55	4.78	4.78	5.55	7.79	11.9	18.2
12.417	19.8	12.3	7.92	5.46	4.71	4.71	5.46	7.92	12.3	19.8
11.583	20.8	12.7	8.15	5.65	4.92	4.92	5.65	8.15	12.7	20.8
10.750	21.6	13.6	8.70	6.21	5.29	5.29	6.21	8.70	13.6	21.6
9.917	22.4	14.6	9.71	6.82	5.59	5.59	6.82	9.71	14.6	22.4
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.4	4.71	22.4	0.455	0.210

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P2 simulada estão descritos na Tabela 27 a seguir.

Tabela 27 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Rua São Pedro.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	35 + 35	4550	10,40	4,71	22,40	0,45	10,40	4,71	22,40	0,45

Fonte: Autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P2 atende aos requisitos mínimos da norma e é uma boa alternativa para a redução da potência total do sistema.

3.3.3 Rua Sete de Setembro

A Rua São Pedro caracteriza-se, segundo a norma, como uma via Coletora de tráfego leve (V4) e com fluxo moderado de pedestres. Ela possui duas pistas com sentidos de fluxo opostos, canteiro de 1 metro de largura fazendo a divisão, 5 metros de largura para cada pista mais 1,5 metros de estacionamento em cada extremidade do conjunto da via. Como se pode notar, ela possui as mesmas dimensões da Rua São Pedro.

A iluminação é feita por luminárias de 150 W de potência, montadas em postes, há sete metros de altura e com 30 metros de distância entre postes. Todos os postes localizados em apenas um dos lados da pista. Esta via tem um montante de nove luminárias no local de estudo, totalizando 1350 W de potência total.

A Figura 25 mostra o cenário atual da via.

Figura 25 – Cenário atual da Rua Sete de Setembro.



Fonte: Google Maps

Os valores medidos e simulados dos pontos de medição da malha de inspeção da Iluminância do cenário atual da Rua São Pedro é demonstrada na Tabela 28 a seguir.

Tabela 28 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Sete de Setembro, nos pontos de medição da malha de inspeção.

	SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED
Faixa 22	7,3	3,0		6,0	4,0		5,2	2,0		6,0	3,0		7,3	3,0
Faixa Central 2	11,0	6,0		7,8	8,0		6,15	1,0		7,8	4,0		11,0	6,0
Faixa 12	20,2	15,0		10,4	13,0		7,4	3,0		10,4	7,0		20,2	12,0
Canteiro Central														
Faixa 2	27,8	19,0		11,5	8,0		7,3	3,0		11,5	8,0		27,8	15,0
Faixa Central	35,1	27,0		10,9	10,0		6,4	4,0		10,9	11,0		35,1	21,0
Faixa 1	38,5	26,0		10,1	13,0		4,7	3,0		10,1	12,0		38,5	23,0
	Poste 1			0,25S			0,5S			0,75S			Poste 2	

Fonte: Próprio autor

Os valores de Iluminância média e Uniformidade, para o cenário atual, medidos e simulados dessa rua, estão contidos na Tabela 29.

Tabela 29 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Sete de Setembro, medidos e simulados.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Medido	Sódio	150	15000	6,0	1,0	15,0	0,17	13,5	3,0	27,0	0,22
Simulado	Sódio	150	15000	9,19	5,20	20,20	0,56	15,10	4,77	38,50	0,31

Fonte: Próprio autor

Pode-se notar que tanto para a simulação quanto para os valores medidos e calculados, a Rua Sete de Setembro não está atendendo aos requisitos mínimos da norma.

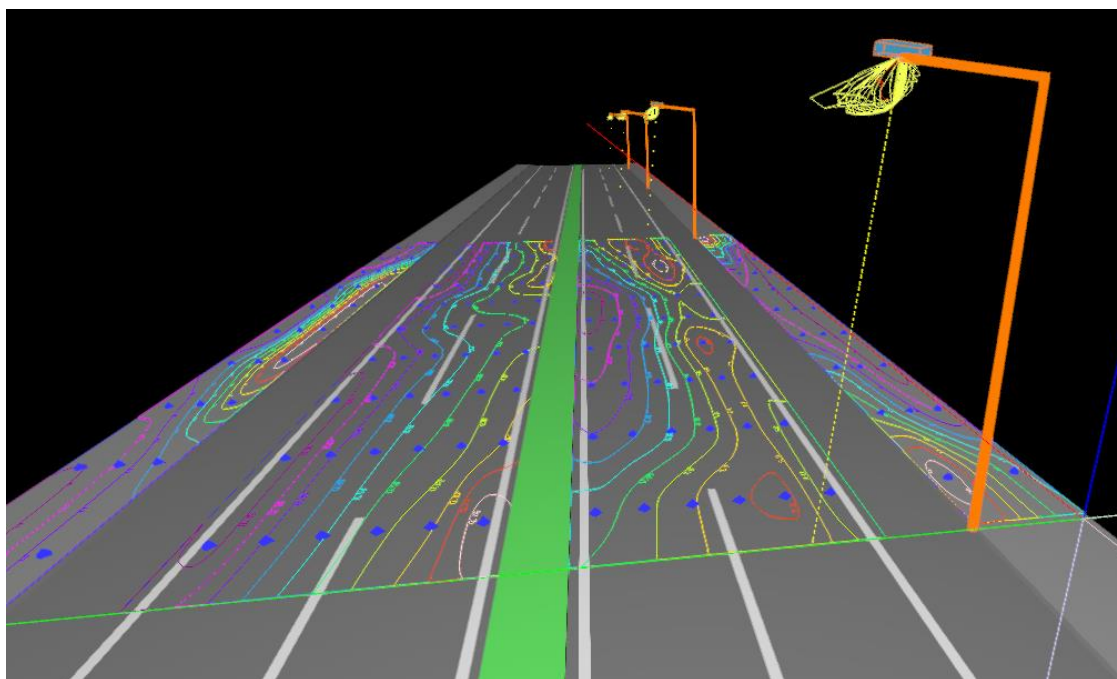
Como a Rua Sete de Setembro tem as mesmas dimensões que a Rua São Pedro, tanto a proposta P1 quanto a P2, para essa rua, serão as mesmas que as anteriores da Rua São Pedro.

Assim, a P1 para essa rua sugere a troca das luminárias atuais por luminárias do tipo LED 75 W, com pelo menos 8600 lumens de irradiação para atender aos requisitos mínimos da norma. A potência total desse sistema ficaria de 675 W.

Para um melhor aproveitamento da capacidade de iluminação das luminárias, recomenda-se a instalação há 7 metros de altura, inclinação de 6° e posicionada 0,5 metros adentro da faixa de início da pista (braço de 2 metros de comprimento), conforme simulado.

A figura 26 abaixo mostra o desenho do cenário da P1, simulado no software Dialux.

Figura 26 – Cenário simulado da P1 para a Rua Sete de Setembro



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância das duas vias da Rua Sete de Setembro para o sistema da P1 são demonstradas nas Figuras 27 e 28 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P1 no Dialux tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 27 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)

Pista lado Poste

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	27.2	18.8	12.5	8.25	6.00	6.00	8.25	12.5	18.8	27.2
7.250	29.5	19.7	12.5	7.81	5.79	5.79	7.81	12.5	19.7	29.5
6.417	31.2	20.0	12.4	7.69	5.52	5.52	7.69	12.4	20.0	31.2
5.583	31.2	20.0	12.3	7.46	5.19	5.19	7.46	12.3	20.0	31.2
4.750	29.0	19.2	11.9	7.10	4.80	4.80	7.10	11.9	19.2	29.0
3.917	23.4	15.9	10.1	6.13	4.34	4.34	6.13	10.1	15.9	23.4
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
14.4	4.34	31.2	0.301	0.139

Fonte: Dialux

Figura 28 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)

Pista Lado Oposto

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	8.02	7.10	6.44	6.39	6.99	6.99	6.39	6.44	7.10	8.02
13.250	11.6	9.77	8.33	7.44	7.82	7.82	7.44	8.33	9.77	11.6
12.417	14.6	12.2	10.3	8.44	8.47	8.47	8.44	10.3	12.2	14.6
11.583	17.1	14.0	11.3	9.32	8.19	8.19	9.32	11.3	14.0	17.1
10.750	18.7	15.0	11.8	9.92	7.78	7.78	9.92	11.8	15.0	18.7
9.917	21.5	15.7	12.0	9.49	7.24	7.24	9.49	12.0	15.7	21.5
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.8	6.39	21.5	0.594	0.298

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P1 simulada estão descritos na Tabela 30 a seguir.

Tabela 30 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua Sete de Setembro.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	75	8600	10,80	6,39	21,50	0,59	14,40	4,34	31,20	0,30

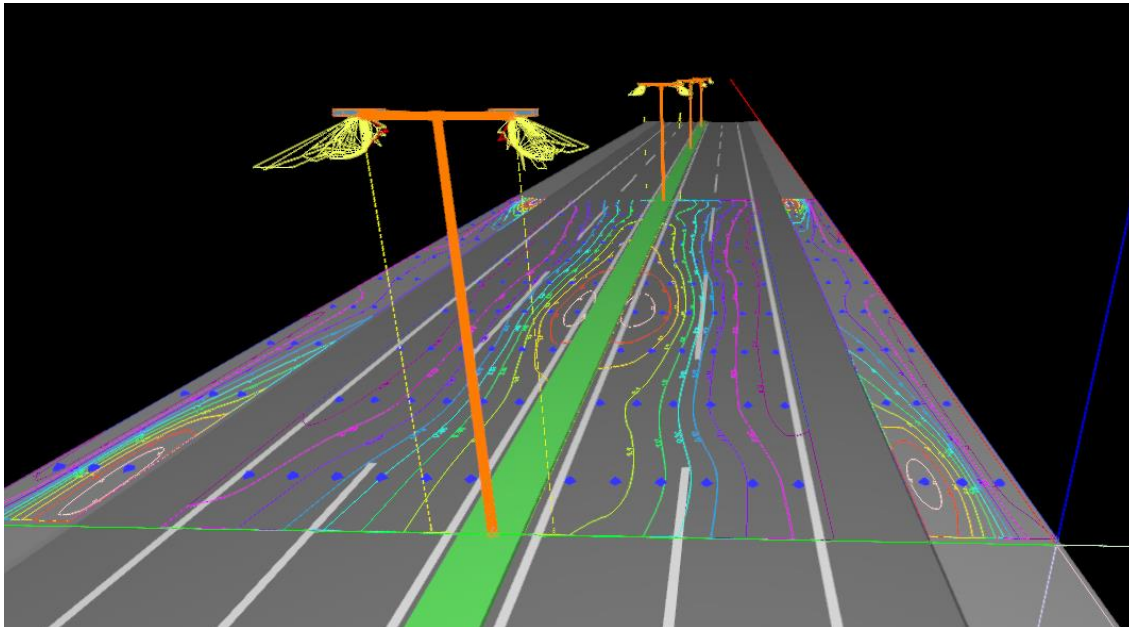
Fonte: Autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P1 atende aos requisitos mínimos da norma utilizando luminárias mais eficientes e de menor potência, reduzindo assim, a potência total utilizada.

A P2 para essa rua sugere o deslocamento da posição dos postes para o canteiro central, mantendo a distância entre postes de 30 metros e, acrescentando uma luminária por poste. Para este caso, foram simuladas duas luminárias de 35 W de potência cada, por poste. Assim, a potência total desse sistema ficaria de 630 W.

A Figura 29 abaixo mostra o desenho do cenário da P2, simulado no software Dialux.

Figura 29 – Cenário simulado da P2 para a Rua Sete de Setembro.



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância da Rua Sete de Setembro para o sistema da P2 são demonstradas nas Figuras 30 e 31 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P2 no Dialux, tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 30 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1.

Pista lado Poste

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	22.4	14.6	9.71	6.82	5.59	5.59	6.82	9.71	14.6	22.4
7.250	21.6	13.6	8.70	6.21	5.29	5.29	6.21	8.70	13.6	21.6
6.417	20.8	12.7	8.15	5.65	4.92	4.92	5.65	8.15	12.7	20.8
5.583	19.8	12.3	7.92	5.46	4.71	4.71	5.46	7.92	12.3	19.8
4.750	18.2	11.9	7.79	5.55	4.78	4.78	5.55	7.79	11.9	18.2
3.917	16.1	11.0	7.70	5.85	5.13	5.13	5.85	7.70	11.0	16.1
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.4	4.71	22.4	0.455	0.210

Fonte: Dialux

Figura 31 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na pista 2.

Pista Lado Oposto

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	16.1	11.0	7.70	5.85	5.13	5.13	5.85	7.70	11.0	16.1
13.250	18.2	11.9	7.79	5.55	4.78	4.78	5.55	7.79	11.9	18.2
12.417	19.8	12.3	7.92	5.46	4.71	4.71	5.46	7.92	12.3	19.8
11.583	20.8	12.7	8.15	5.65	4.92	4.92	5.65	8.15	12.7	20.8
10.750	21.6	13.6	8.70	6.21	5.29	5.29	6.21	8.70	13.6	21.6
9.917	22.4	14.6	9.71	6.82	5.59	5.59	6.82	9.71	14.6	22.4
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.4	4.71	22.4	0.455	0.210

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P2 simulada estão descritos na Tabela 31 a seguir.

Tabela 31 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Rua Sete de Setembro.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	35 + 35	4550	10,40	4,71	22,40	0,45	10,40	4,71	22,40	0,45

Fonte: Autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P2 atende aos requisitos mínimos da norma e é uma boa alternativa para a redução da potência total do sistema.

3.3.4 Rua Primeiro de Maio

A Rua 1° de Maio possui as mesmas dimensões e características das Ruas São Pedro e Sete de Setembro. A figura 32 mostra o cenário atual da via.

Figura 32 – Cenário atual da Rua Primeiro de Maio.



Fonte: Google Maps

Os valores medidos e simulados dos pontos de medição da malha de inspeção da Iluminância do cenário atual da Rua São Pedro é demonstrada na Tabela 32 a seguir.

Tabela 32 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Primeiro de Maio, nos pontos de medição da malha de inspeção.

	SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED
Faixa 22	7,3	2,0		6,0	2,0		5,2	2,0		6,0	3,0		7,3	3,0
Faixa Central 2	11,0	4,0		7,8	4,0		6,15	4,0		7,8	4,0		11,0	6,0
Faixa 12	20,2	8,0		10,4	5,0		7,4	3,0		10,4	9,0		20,2	11,0
Canteiro Central														
Faixa 2	27,8	16,0		11,5	7,0		7,3	6,0		11,5	12,0		27,8	20,0
Faixa Central	35,1	18,0		10,9	9,0		6,4	7,0		10,9	15,0		35,1	27,0
Faixa 1	38,5	19,0		10,1	11,0		4,7	7,0		10,1	18,0		38,5	27,0
	Poste 1			0,25S			0,5S			0,75S			Poste 2	

Fonte: Próprio autor

Os valores de Iluminância média e Uniformidade, para o cenário atual, medidos e simulados dessa rua, estão contidos na Tabela 33.

Tabela 33 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Primeiro de Maio, medidos e simulados.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Medido	Sódio	150	15000	4,6	2,0	11,0	0,43	14,6	6,0	27,0	0,41
Simulado	Sódio	150	15000	9,19	5,20	20,20	0,56	15,10	4,77	38,50	0,31

Fonte: Próprio autor

Pode-se notar que tanto para a simulação quanto para os valores medidos e calculados, a Rua Sete de Setembro não está atendendo aos requisitos mínimos da norma.

As propostas P1 e P2 para essa via são as mesmas que as das Ruas São Pedro e Sete de Setembro, considerando a troca das luminárias atuais por luminárias LED 75 W na P1 e, para a P2, fazendo a substituição das luminárias atuais por luminárias LED 35W, deslocando os postes para o centro dos canteiros e dispondo duas luminárias por poste.

Dessa forma têm-se nove luminárias de 75 W para a P1, totalizando 675 W de potência no sistema.

Já para a P2, tem-se 18 luminárias de 35 W de potência, totalizando 630 W de potência no sistema.

Como já visto anteriormente na descrição das últimas duas ruas, tanto a P1 quanto a P2 para essa via atendem aos requisitos mínimos da norma.

3.3.5 Avenida Darcy Sarmanho Vargas

A Avenida Darcy Sarmanho Vargas caracteriza-se, segundo a norma, como uma via Arterial de tráfego médio (V2) e com fluxo moderado de pedestres. Ela possui duas pistas com sentidos de fluxo opostos, canteiro de 1 metro de largura fazendo a divisão, 6 metros de largura para cada pista mais 1,5 metros de estacionamento em cada extremidade do conjunto da via.

A iluminação é feita por luminárias de 150 W de potência, montadas em postes, há sete metros de altura e com 30 metros de distância entre postes. Todos os postes localizados em apenas um dos lados da pista.. Esta via tem um montante de quinze luminárias no local de estudo, totalizando 2250 W de potência total.

A figura 33 mostra o cenário atual da via.

Figura 33 – Cenário atual da Avenida Darcy Sarmanho Vargas.



Fonte: Google Maps.

Os valores medidos e simulados dos pontos de medição da malha de inspeção da Iluminância do cenário atual da Avenida Darcy S. Vargas é demonstrada na Tabela 34 a seguir.

Tabela 34 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Avenida Darcy S. Vargas, nos pontos de medição da malha de inspeção.

	SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED
Faixa 22	4,74	2,0		4,9	2,0		4,5	2,0		4,11	4,0		4,61	5,0
Faixa Central 2	7,55	3,0		8,9	4,0		6,6	2,0		7,6	5,0		7,3	9,0
Faixa 12	17,4	9,0		13,0	6,0		9,5	2,0		10,9	9,0		16,9	17,0
Canteiro Central														
Faixa 2	30,0	13,0		17,0	9,0		10,4	2,0		11,5	11,0		29,7	25,0
Faixa Central	41,1	19,0		16,2	10,0		8,66	2,0		11,6	11,0		41,7	42,0
Faixa 1	33,8	18,0		12,3	9,0		6,68	2,0		9,43	11,0		34,2	42,0
	Poste 1			0,25S			0,5S			0,75S			Poste 2	

Fonte: Próprio autor

Os valores de Iluminância média e Uniformidade, para o cenário atual, medidos e simulados dessa rua, estão contidos na Tabela 35.

Tabela 35 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Sete de Setembro, medidos e simulados.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Medido	Sódio	150	15000	5,4	2,0	17,0	0,37	15,1	2,0	42,0	0,13
Simulado	Sódio	150	15000	9,19	5,20	20,20	0,56	15,10	4,77	38,50	0,31

Fonte: Próprio autor

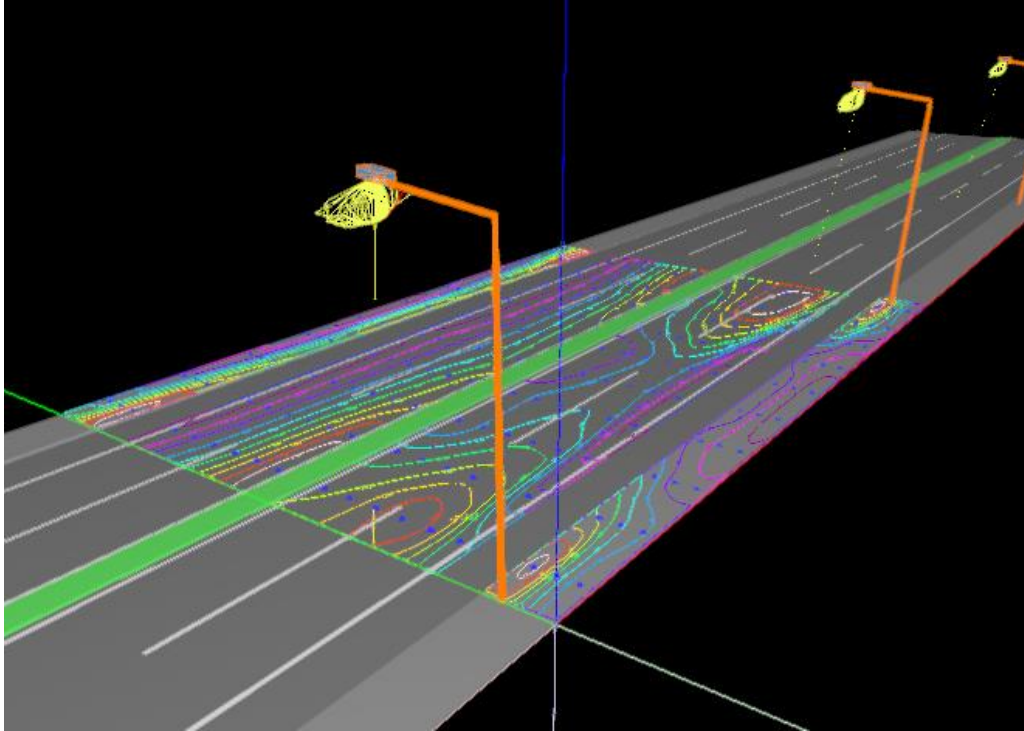
Pode-se notar que tanto para a simulação quanto para os valores medidos e calculados, a Avenida Darcy Sarmanho Vargas não está atendendo aos requisitos mínimos da norma.

Por se tratar de uma via classificada como V2, pode-se observar que os níveis de iluminância encontrados são bem inferiores aos mínimos exigidos.

A P1 para essa rua sugere a troca das luminárias atuais por luminárias do tipo LED 140 W, com pelo menos 18800 lumens de irradiação para atender aos requisitos mínimos da norma. A potência total desse sistema ficaria de 2100 W. Para um melhor aproveitamento da capacidade de iluminação das luminárias, recomenda-se a instalação há 9 metros de altura, inclinação de 7° e posicionada 1 metro adentro da faixa de início da pista (braço de 2,5 metros de comprimento), conforme simulado.

A Figura 34 abaixo mostra o desenho do cenário da P1, simulado no software Dialux.

Figura 34 – Cenário simulado da P1 para a Avenida Darcy S. Vargas



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância das duas vias da Avenida Darcy S. Vargas para o sistema da P1 são demonstradas nas Figuras 35 e 36 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P1 no Dialux tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 35 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)

Pista lado Poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	48.9	38.8	29.3	23.9	19.5	19.4	24.1	29.2	38.3	48.7
8.000	50.2	39.2	28.2	22.7	18.7	18.7	22.8	28.2	38.8	50.0
7.000	51.8	39.9	28.3	21.5	17.6	17.6	21.6	28.4	39.8	51.6
6.000	53.2	40.4	27.7	20.3	16.3	16.2	20.3	28.0	40.4	52.8
5.000	50.9	38.1	25.0	17.6	14.1	14.0	17.6	25.5	38.4	51.1
4.000	43.3	30.9	19.8	13.8	11.2	11.3	14.0	20.3	31.1	43.2
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
30.0	11.2	53.2	0.374	0.211

Fonte: Dialux

Figura 36 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)

Pista Oposta (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

16.000	11.4	10.2	9.70	9.23	9.33	9.18	9.31	9.64	10.1	11.4
15.000	17.6	15.6	13.7	12.5	11.9	11.8	12.5	13.7	15.5	17.6
14.000	22.6	20.7	17.9	15.7	14.2	14.1	15.6	17.9	20.7	22.6
13.000	29.2	26.5	22.2	18.4	16.1	16.0	18.3	22.0	26.5	29.2
12.000	37.6	33.0	26.8	21.0	17.7	17.6	20.8	26.3	32.6	37.4
11.000	45.0	38.6	29.2	22.7	19.0	18.9	22.6	28.9	38.1	44.7
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.4	9.18	45.0	0.449	0.204

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P1 simulada estão descritos na Tabela 36 a seguir.

Tabela 36 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Avenida Darcy S. Vargas.

Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Pista 2				Pista 1			
				Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	140	18800	20,40	9,18	45,0	0,45	30,0	11,2	53,2	0,37

Fonte: Próprio autor

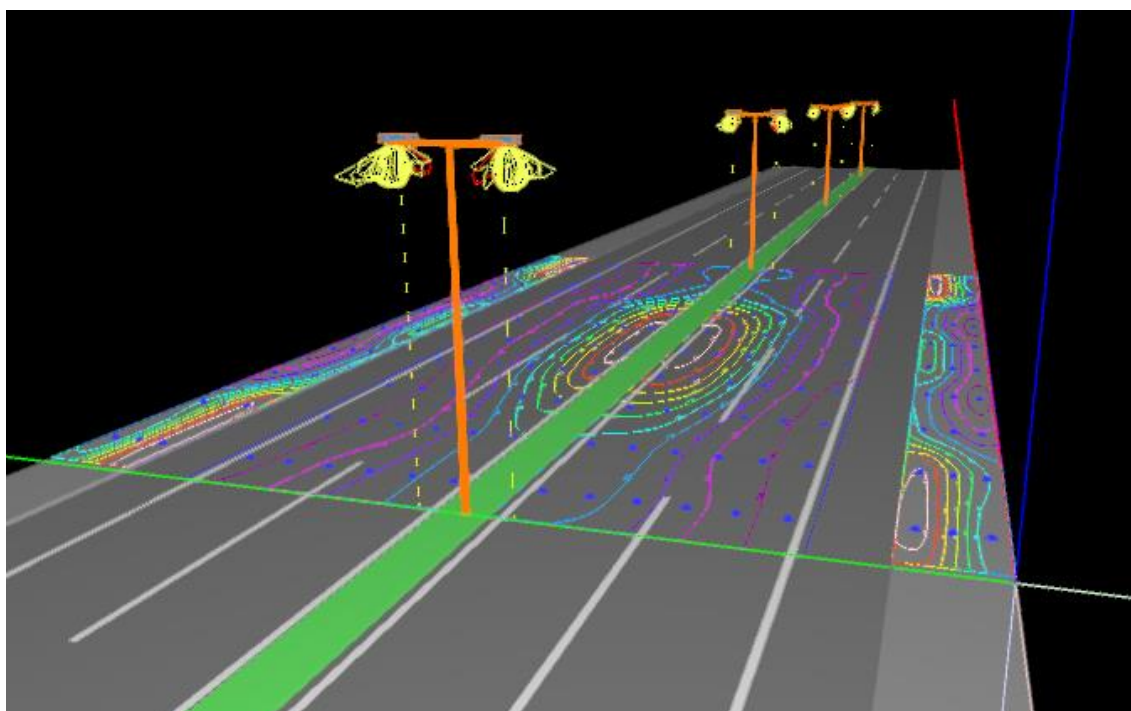
A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P1 atende aos requisitos mínimos da norma utilizando luminárias mais eficientes e de menor potência, reduzindo assim, a potência total utilizada.

A P2 para essa rua sugere o deslocamento da posição dos postes para o canteiro central, mantendo a distância entre postes de 30 metros e, acrescentando uma luminária por poste. Para este caso, foram simuladas duas luminárias de 70 W de potência cada, por poste, para atender aos níveis mínimos da via. Assim, a potência total desse sistema ficaria de 2100 W.

Pode-se notar neste caso que a P2 propõe um sistema com potência total igual ao da P1.

A Figura 37 abaixo mostra o desenho do cenário da P2, simulado no software Dialux.

Figura 37 – Cenário simulado da P2 para a Avenida Darcy S. Vargas.



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância da Avenida Darcy S. Vargas para o sistema da P2 são demonstradas nas Figuras 38 e 39 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P2 no Dialux, tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 38 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1.

Pista lado Poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	45.3	28.0	20.6	20.6	19.1	19.1	20.6	20.6	28.0	45.3
8.000	44.9	26.8	18.2	18.4	17.2	17.2	18.4	18.2	26.8	44.9
7.000	40.6	25.2	17.6	16.8	14.9	14.9	16.8	17.6	25.2	40.6
6.000	36.3	23.3	16.7	15.6	13.3	13.3	15.6	16.7	23.3	36.3
5.000	29.1	21.1	15.7	13.8	12.3	12.3	13.8	15.7	21.1	29.1
4.000	21.1	17.9	14.0	11.9	11.5	11.5	11.9	14.0	17.9	21.1
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
21.6	11.5	45.3	0.531	0.253

Fonte: Dialux

Figura 39 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na pista 2.

Pista Oposta (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

16.000	21.1	17.9	14.0	11.9	11.5	11.5	11.9	14.0	17.9	21.1
15.000	29.1	21.1	15.7	13.8	12.3	12.3	13.8	15.7	21.1	29.1
14.000	36.3	23.3	16.7	15.6	13.3	13.3	15.6	16.7	23.3	36.3
13.000	40.6	25.2	17.6	16.8	14.9	14.9	16.8	17.6	25.2	40.6
12.000	44.9	26.8	18.2	18.4	17.2	17.2	18.4	18.2	26.8	44.9
11.000	45.3	28.0	20.6	20.6	19.1	19.1	20.6	20.6	28.0	45.3
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
21.6	11.5	45.3	0.531	0.253

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P2 simulada estão descritos na Tabela 37 a seguir.

Tabela 37 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Avenida Darcy S.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	70 + 70	9310	21,60	11,50	45,30	0,53	21,60	11,50	45,30	0,53

Fonte: Próprio autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P2 atende aos requisitos mínimos da norma e é uma boa alternativa para a redução da potência total do sistema.

3.3.6 Rua Santa Catarina

A Rua Santa Catarina caracteriza-se, segundo a norma, como uma via Arterial de tráfego médio (V2) e com fluxo moderado de pedestres. Ela possui duas pistas com sentidos de fluxo opostos, canteiro de 1 metro de largura fazendo a divisão, 5 metros de largura para cada pista mais 1,5 metros de estacionamento em cada extremidade do conjunto da via.

A iluminação é feita por luminárias de 250 W de potência, montadas em postes, há sete metros de altura e com 30 metros de distância entre postes. Todos os postes localizados nos canteiros centrais. Em cada poste estão montadas duas luminária, uma direcionada para cada pista. Ao todo são 18 luminárias de 250 W cada, totalizando 4500 W de potência total nesse sistema.

A Figura 40 mostra o cenário atual da via.

Figura 40 – Cenário atual da Rua Santa Catarina



Fonte: Google Maps.

Os valores medidos e simulados dos pontos de medição da malha de inspeção da Iluminância do cenário atual da Rua Santa Catarina é demonstrada na Tabela 38 a seguir.

Tabela 38 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Santa Catarina, nos pontos de medição da malha de inspeção.

	SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED
Faixa 22	92,7	27,0		14,4	21,0		4,22	6,0		13,3	12,0		93,8	22,0
Faixa Central 2	77,4	36,0		13,2	27,0		3,76	6,0		12,3	11,0		77,7	24,0
Faixa 12	75,9	54,0		11,5	35,0		3,67	5,0		11,4	11,0		65,3	26,0
Canteiro Central														
Faixa 2	75,6	56,0		11,5	32,0		3,67	6,0		11,5	10,0		71,2	24,0
Faixa Central	93,7	65,0		12,9	21,0		4,0	6,0		13,2	12,0		78,2	17,0
Faixa 1	91,8	47,0		13,8	18,0		4,43	9,0		14,4	9,0		93,2	12,0
	Poste 1			0,25S			0,5S			0,75S			Poste 2	

Fonte: Próprio autor

Os valores de Iluminância média e Uniformidade, para o cenário atual, medidos e simulados dessa rua, estão contidos na Tabela 39.

Tabela 39 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Santa Catarina, medidos e simulados.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Medido	Sódio	250	20000	21,5	5,0	54,0	0,23	22,9	6,0	56,0	0,29
Simulado	Sódio	250	20000	30,3	3,67	93,8	0,12	30,5	3,67	93,7	0,12

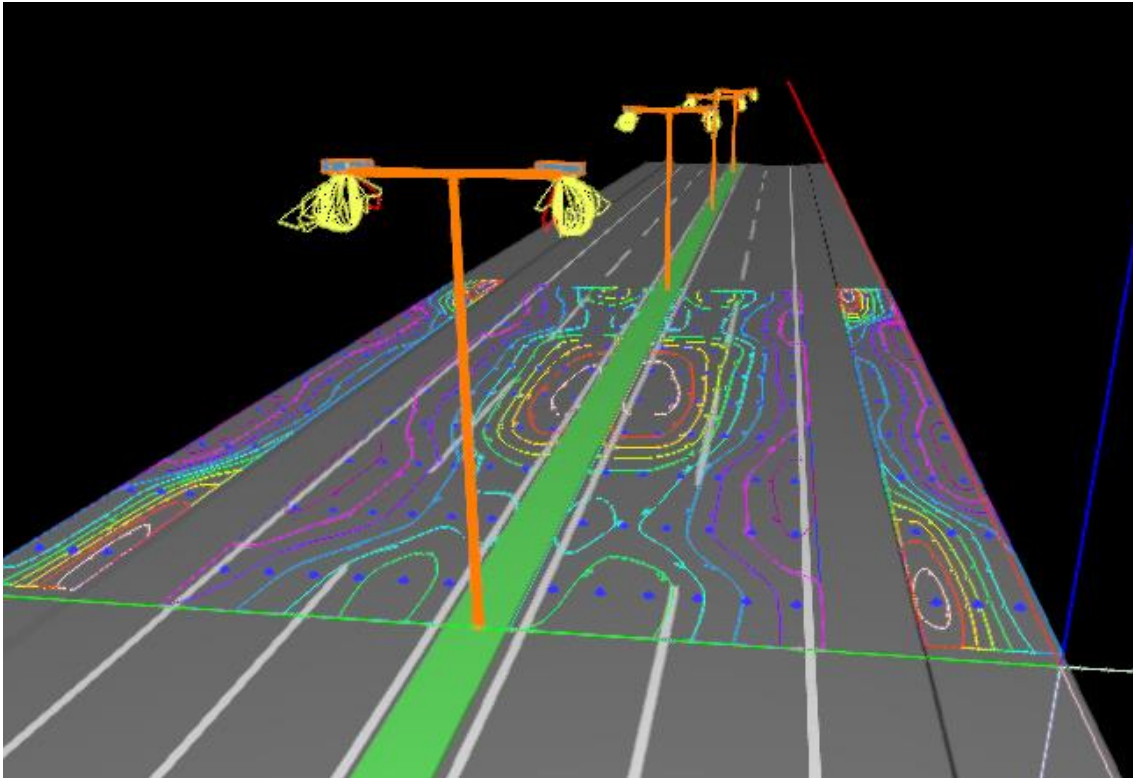
Fonte: Próprio autor

A partir da tabela acima, pode-se notar que a Rua Santa Catarina tem níveis médios de iluminância acima dos níveis mínimos exigidos pela norma, porém, o fator de uniformidade está abaixo o exigido, o que quer dizer que a via possui alguns pontos muito bem iluminados e outro pontos muito pouco iluminados.

A P1 para essa rua sugere a troca das luminárias atuais por luminárias do tipo LED 70 W, com pelo menos 9310 lumens de irradiação para atender aos requisitos mínimos da norma. A potência total desse sistema ficaria de 1260 W. Para um melhor aproveitamento da capacidade de iluminação das luminárias, recomenda-se a instalação há 7 metros de altura, inclinação de 0° e com braços de 1,5 metros de comprimento.

A Figura 41 abaixo mostra o desenho do cenário da P1, simulado no software Dialux.

Figura 41 – Cenário simulado da P1 para a Rua Santa Catarina.



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância das duas vias da Rua Santa Catarina para o sistema da P1 são demonstradas nas Figuras 42 e 43 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P1 no Dialux tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 42 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)

Pista lado poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	38.4	23.6	17.3	18.0	17.6	17.6	18.0	17.3	23.6	38.4
7.250	44.7	26.1	17.4	17.1	16.1	16.1	17.1	17.4	26.1	44.7
6.417	43.4	25.9	17.6	16.4	14.5	14.5	16.4	17.6	25.9	43.4
5.583	39.9	24.7	17.1	16.0	13.3	13.3	16.0	17.1	24.7	39.9
4.750	36.8	23.2	16.5	15.3	12.7	12.7	15.3	16.5	23.2	36.8
3.917	32.1	21.8	15.7	14.1	12.3	12.3	14.1	15.7	21.8	32.1
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
22.2	12.3	44.7	0.554	0.275

Fonte: Dialux

Figura 43 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)

Pista lado oposto (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	32.1	21.8	15.7	14.1	12.3	12.3	14.1	15.7	21.8	32.1
13.250	36.8	23.2	16.5	15.3	12.7	12.7	15.3	16.5	23.2	36.8
12.417	39.9	24.7	17.1	16.0	13.3	13.3	16.0	17.1	24.7	39.9
11.583	43.4	25.9	17.6	16.4	14.5	14.5	16.4	17.6	25.9	43.4
10.750	44.7	26.1	17.4	17.1	16.1	16.1	17.1	17.4	26.1	44.7
9.917	38.4	23.6	17.3	18.0	17.6	17.6	18.0	17.3	23.6	38.4
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
22.2	12.3	44.7	0.554	0.275

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P1 simulada estão descritos na Tabela 40 a seguir.

Tabela 40 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua Santa Catarina.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	70 + 70	9310	22,20	12,30	44,70	0,55	22,20	12,30	44,70	0,55

Fonte: Próprio autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P1 atende aos requisitos mínimos da norma utilizando luminárias mais eficientes e de menor potência, reduzindo assim, a potência total utilizada.

A Rua Santa Catarina não terá uma P2, pois os postes já estão dispostos nos canteiros no centro da via e permitindo uma boa distribuição da iluminação.

3.3.7 Rua Trinta de Outubro

A Rua 30 de Outubro caracteriza-se, segundo a norma, como uma via Coletora de tráfego leve (V4) e com fluxo moderado de pedestres. Ela possui duas pistas com sentidos de fluxo opostos, canteiro de 1 metro de largura fazendo a divisão, 5 metros de largura para cada pista mais 1,5 metros de estacionamento em cada extremidade do conjunto da via.

A iluminação é feita por luminárias de 250 W de potência, montadas em postes, há sete metros de altura e com 30 metros de distância entre postes. Todos os postes localizados em apenas um dos lados da pista. Considerando que essa rua dispõe de nove luminárias no trecho em questão, a potência total para esse sistema é de 2250 W.

A Figura 44 mostra o cenário atual da via.

Figura 44 – Cenário atual da Rua Trinta de Outubro.



Fonte: Google Maps.

Os valores medidos e simulados dos pontos de medição da malha de inspeção da Iluminância do cenário atual da Rua Trinta de Outubro é demonstrada na Tabela 41 a seguir.

Tabela 41 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Rua Trinta de Outubro, nos pontos de medição da malha de inspeção.

	SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED
Faixa 22	12,6	6,0		5,6	4,0		1,9	2,0		3,35	4,0		6,6	5,0
Faixa Central 2	22,6	11,0		6,3	4,0		2,38	2,0		4,5	7,0		11,9	10,0
Faixa 12	35,2	21,0		6,63	5,0		2,3	3,0		5,4	9,0		16,5	19,0
Canteiro Central														
Faixa 2	48,3	34,0		6,47	6,0		2,0	3,0		6,14	9,0		22,8	25,0
Faixa Central	79,3	45,0		6,14	5,0		1,7	2,0		6,0	8,0		30,6	36,0
Faixa 1	87,7	46,0		6,14	5,0		1,59	2,0		6,7	7,0		34,4	32,0
	Poste 1			0,25S			0,5S			0,75S			Poste 2	

Fonte: Próprio autor

Os valores de Iluminância média e Uniformidade, para o cenário atual, medidos e simulados dessa rua, estão contidos na Tabela 42.

Tabela 42 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Rua Trinta de Outubro, medidos e simulados.

Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Pista 2				Pista 1			
				Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Medido	Sódio	250	20000	7,50	2,0	21,0	0,26	17,6	2,0	46,0	0,11
Simulado	Sódio	250	20000	8,43	1,90	35,2	0,22	17,2	1,59	87,7	0,09

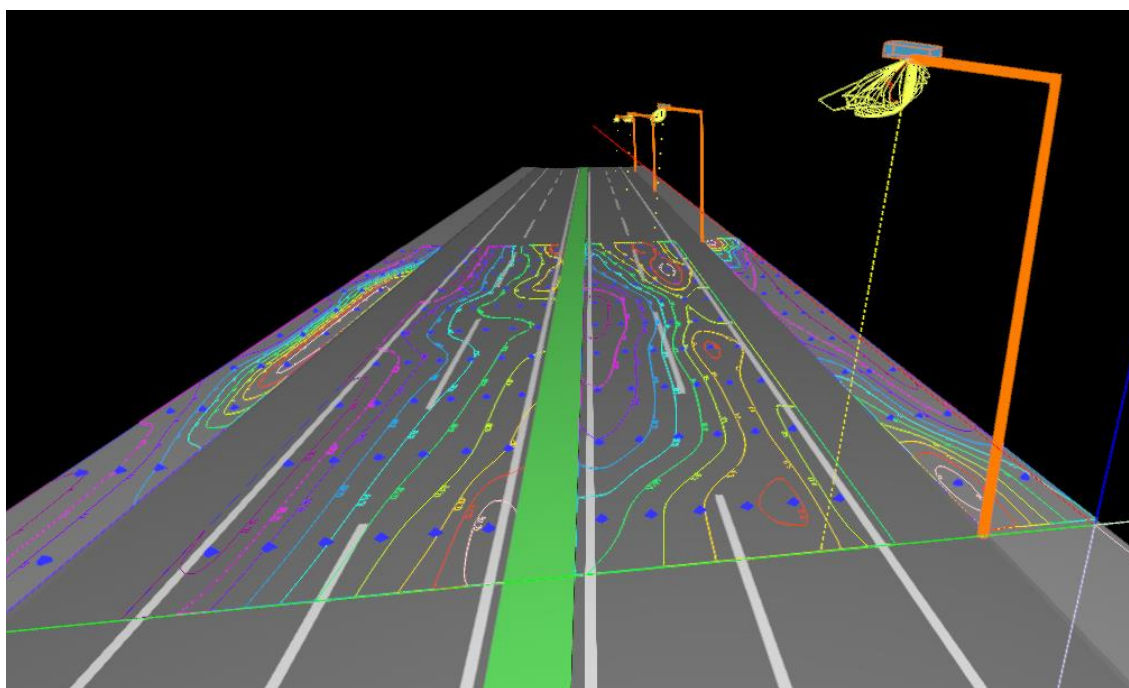
Fonte: Próprio autor

A partir da tabela acima, pode-se notar que a iluminação Pública dessa rua não está atendendo aos requisitos mínimos da norma.

A P1 para essa rua sugere a troca das luminárias atuais por luminárias do tipo LED 75 W, com pelo menos 8600 lumens de irradiação para atender aos requisitos mínimos da norma. A potência total desse sistema ficaria de 675 W. Para um melhor aproveitamento da capacidade de iluminação das luminárias, recomenda-se a instalação há 7 metros de altura, inclinação de 6° e posicionada 0,5 metros adentro da faixa de início da pista (braço de 2 metros de comprimento), conforme simulado.

A Figura 45 abaixo mostra o desenho do cenário da P1, simulado no software Dialux.

Figura 45 – Cenário simulado da P1 para a Rua Trinta de Outubro.



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância das duas vias da Rua Trinta de Outubro para o sistema da P1 são demonstradas nas Figuras 46 e 47 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P1 no Dialux tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 46 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)

Pista lado Poste

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	27.2	18.8	12.5	8.25	6.00	6.00	8.25	12.5	18.8	27.2
7.250	29.5	19.7	12.5	7.81	5.79	5.79	7.81	12.5	19.7	29.5
6.417	31.2	20.0	12.4	7.69	5.52	5.52	7.69	12.4	20.0	31.2
5.583	31.2	20.0	12.3	7.46	5.19	5.19	7.46	12.3	20.0	31.2
4.750	29.0	19.2	11.9	7.10	4.80	4.80	7.10	11.9	19.2	29.0
3.917	23.4	15.9	10.1	6.13	4.34	4.34	6.13	10.1	15.9	23.4
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
14.4	4.34	31.2	0.301	0.139

Fonte: Dialux

Figura 47 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)

Pista Lado Oposto

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	8.02	7.10	6.44	6.39	6.99	6.99	6.39	6.44	7.10	8.02
13.250	11.6	9.77	8.33	7.44	7.82	7.82	7.44	8.33	9.77	11.6
12.417	14.6	12.2	10.3	8.44	8.47	8.47	8.44	10.3	12.2	14.6
11.583	17.1	14.0	11.3	9.32	8.19	8.19	9.32	11.3	14.0	17.1
10.750	18.7	15.0	11.8	9.92	7.78	7.78	9.92	11.8	15.0	18.7
9.917	21.5	15.7	12.0	9.49	7.24	7.24	9.49	12.0	15.7	21.5
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.8	6.39	21.5	0.594	0.298

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P1 simulada estão descritos na Tabela 43 a seguir.

Tabela 43 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Rua Trinta de Outubro.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	75	8600	10,80	6,39	21,50	0,59	14,40	4,34	31,20	0,30

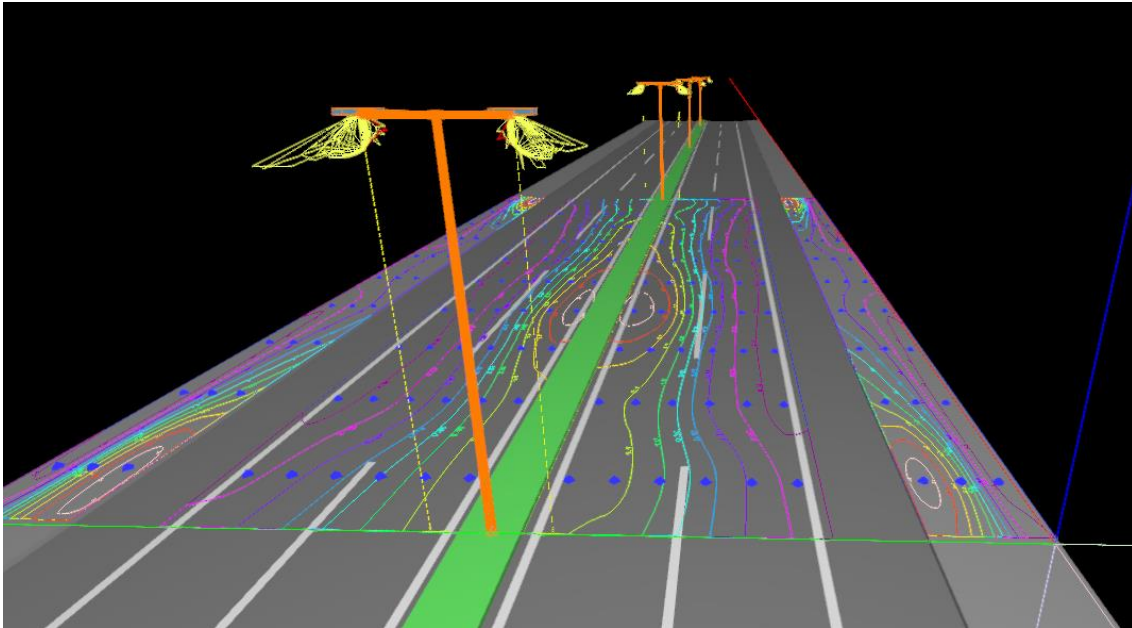
Fonte: Próprio autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P1 atende aos requisitos mínimos da norma utilizando luminárias mais eficientes e de menor potência, reduzindo assim, a potência total utilizada.

A P2 para essa rua sugere o deslocamento da posição dos postes para o canteiro central, mantendo a distância entre postes de 30 metros e, acrescentando uma luminária por poste. Para este caso, foram simuladas duas luminárias de 35 W de potência cada, por poste. Assim, a potência total desse sistema ficaria de 630 W.

A Figura 48 abaixo mostra o desenho do cenário da P2, simulado no software Dialux.

Figura 48 – Cenário simulado da P2 para a Rua Trinta de Outubro.



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância da Rua Trinta de Outubro para o sistema da P2 são demonstradas nas figuras 49 e 50 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P2 no Dialux, tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 49 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1.

Pista lado Poste

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	22.4	14.6	9.71	6.82	5.59	5.59	6.82	9.71	14.6	22.4
7.250	21.6	13.6	8.70	6.21	5.29	5.29	6.21	8.70	13.6	21.6
6.417	20.8	12.7	8.15	5.65	4.92	4.92	5.65	8.15	12.7	20.8
5.583	19.8	12.3	7.92	5.46	4.71	4.71	5.46	7.92	12.3	19.8
4.750	18.2	11.9	7.79	5.55	4.78	4.78	5.55	7.79	11.9	18.2
3.917	16.1	11.0	7.70	5.85	5.13	5.13	5.85	7.70	11.0	16.1
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.4	4.71	22.4	0.455	0.210

Fonte: Dialux

Figura 50 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na pista 2.

Pista Lado Oposto

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	16.1	11.0	7.70	5.85	5.13	5.13	5.85	7.70	11.0	16.1
13.250	18.2	11.9	7.79	5.55	4.78	4.78	5.55	7.79	11.9	18.2
12.417	19.8	12.3	7.92	5.46	4.71	4.71	5.46	7.92	12.3	19.8
11.583	20.8	12.7	8.15	5.65	4.92	4.92	5.65	8.15	12.7	20.8
10.750	21.6	13.6	8.70	6.21	5.29	5.29	6.21	8.70	13.6	21.6
9.917	22.4	14.6	9.71	6.82	5.59	5.59	6.82	9.71	14.6	22.4
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.4	4.71	22.4	0.455	0.210

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P2 simulada estão descritos na Tabela 44 a seguir.

Tabela 44 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Rua Trinta de Outubro.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	35 + 35	4550	10,40	4,71	22,40	0,45	10,40	4,71	22,40	0,45

Fonte: Próprio autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P2 atende aos requisitos mínimos da norma e é uma boa alternativa para a redução da potência total do sistema.

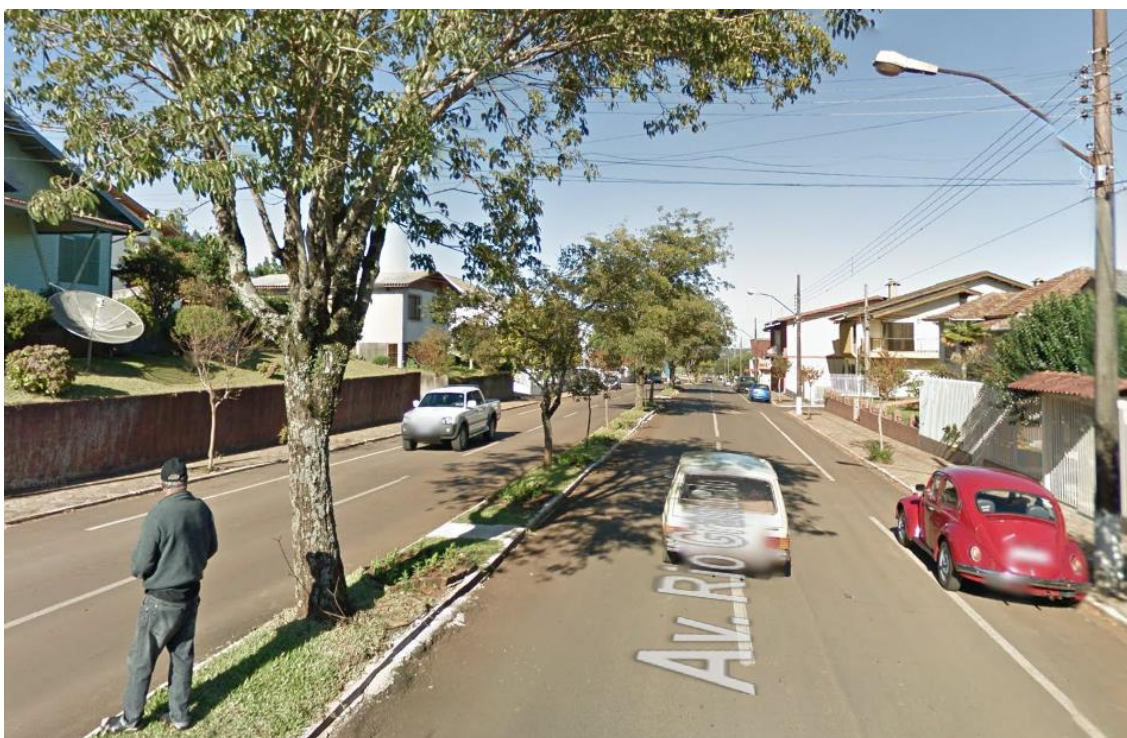
3.3.8 Av. Rio Grande do Sul

A Avenida Rio Grande do Sul caracteriza-se, segundo a norma, como uma via Arterial de tráfego médio (V2) e com fluxo moderado de pedestres. Ela possui duas pistas com sentidos de fluxo opostos, canteiro de 1 metro de largura fazendo a divisão, 6 metros de largura para cada pista mais 1,5 metros de estacionamento em cada extremidade do conjunto da via.

A iluminação é feita por luminárias de 250 W de potência, montadas em postes, há sete metros de altura e com 30 metros de distância entre postes. Todos os postes localizados em apenas um dos lados da pista. Considerando que essa rua dispõe de quinze luminárias no trecho em questão, a potência total para esse sistema é de 3750 W.

A Figura 51 mostra o cenário atual da via.

Figura 51 – Cenário atual da Avenida Rio Grande do Sul



Fonte: Google Maps.

Os valores medidos e simulados dos pontos de medição da malha de inspeção da Iluminância do cenário atual da Av. Rio Grande do Sul é demonstrada na Tabela 45 a seguir.

Tabela 45 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Avenida Rio Grande do Sul, nos pontos de medição da malha de inspeção.

	SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED
Faixa 22	8,32	6,0		5,88	4,0		2,9	1,0		3,74	2,0		6,82	2,0
Faixa Central 2	11,2	13,0		6,11	5,0		2,9	1,0		4,76	2,0		9,1	3,0
Faixa 12	18,8	13,0		5,52	6,0		2,71	1,0		5,86	3,0		13,0	7,0
Canteiro Central														
Faixa 2	22,9	17,0		10,6	11,0		2,5	1,0		6,37	4,0		17,5	10,0
Faixa Central	28,6	28,0		11,5	13,0		2,12	1,0		5,9	4,0		25,1	15,0
Faixa 1	41,2	25,0		12,2	17,0		2,21	1,0		6,82	4,0		30,1	15,0
	Poste 1			0,25S			0,5S			0,75S			Poste 2	

Fonte: Próprio autor

Os valores de Iluminância média e Uniformidade, para o cenário atual, medidos e simulados dessa rua, estão contidos na Tabela 46.

Tabela 46 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Avenida Rio Grande do Sul, medidos e simulados.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Medido	Sódio	250	20000	5,0	1,0	13,0	0,20	11,0	1,0	28,0	0,09
Simulado	Sódio	250	20000	7,16	2,71	18,8	0,38	12,9	2,12	41,2	0,16

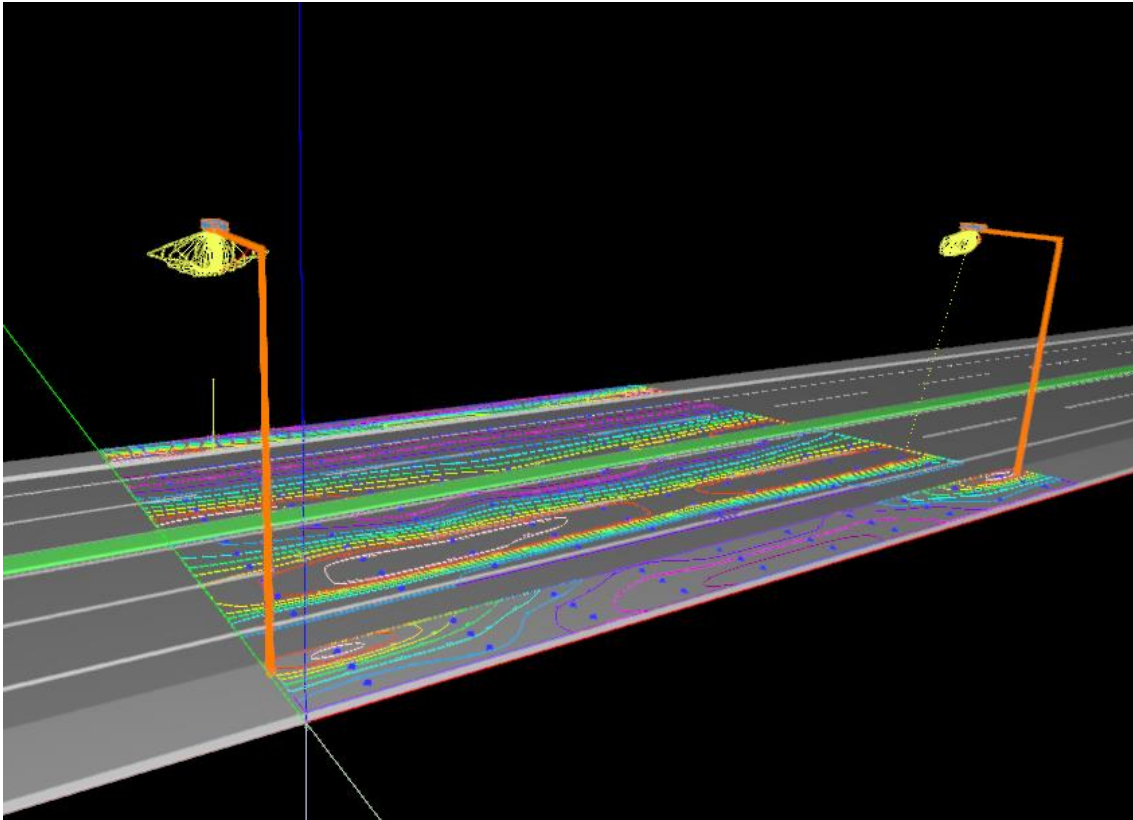
Fonte: Próprio autor

A partir da tabela acima, pode-se notar que a iluminação Pública da Avenida Rio Grande do Sul não está atendendo aos requisitos mínimos da norma.

A P1 para essa rua sugere a troca das luminárias atuais por luminárias do tipo LED 140 W, com pelo menos 18800 lumens de irradiação para atender aos requisitos mínimos da norma. A potência total desse sistema ficaria de 2100 W Para um melhor aproveitamento da capacidade de iluminação das luminárias, recomenda-se a instalação há 9 metros de altura, inclinação de 0° e com braços de 2,5 metros de comprimento.

A Figura 52 abaixo mostra o desenho do cenário da P1, simulado no software Dialux.

Figura 52 – Cenário simulado da P1 para a Avenida Rio Grande do Sul.



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância das duas vias dessa avenida para o sistema da P1 são demonstradas nas Figuras 53 e 54 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P1 no Dialux tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 53 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)

Pista lado Poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	48.9	38.8	29.3	23.9	19.5	19.4	24.1	29.2	38.3	48.7
8.000	50.2	39.2	28.2	22.7	18.7	18.7	22.8	28.2	38.8	50.0
7.000	51.8	39.9	28.3	21.5	17.6	17.6	21.6	28.4	39.8	51.6
6.000	53.2	40.4	27.7	20.3	16.3	16.2	20.3	28.0	40.4	52.8
5.000	50.9	38.1	25.0	17.6	14.1	14.0	17.6	25.5	38.4	51.1
4.000	43.3	30.9	19.8	13.8	11.2	11.3	14.0	20.3	31.1	43.2
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
30.0	11.2	53.2	0.374	0.211

Fonte: Dialux

Figura 54 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)

Pista Oposta (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

16.000	11.4	10.2	9.70	9.23	9.33	9.18	9.31	9.64	10.1	11.4
15.000	17.6	15.6	13.7	12.5	11.9	11.8	12.5	13.7	15.5	17.6
14.000	22.6	20.7	17.9	15.7	14.2	14.1	15.6	17.9	20.7	22.6
13.000	29.2	26.5	22.2	18.4	16.1	16.0	18.3	22.0	26.5	29.2
12.000	37.6	33.0	26.8	21.0	17.7	17.6	20.8	26.3	32.6	37.4
11.000	45.0	38.6	29.2	22.7	19.0	18.9	22.6	28.9	38.1	44.7
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.4	9.18	45.0	0.449	0.204

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P1 simulada estão descritos na Tabela 47 a seguir.

Tabela 47 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Avenida Rio Grande do Sul.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	140	18800	20,40	9,18	45,0	0,45	30,0	11,2	53,2	0,37

Fonte: Próprio autor

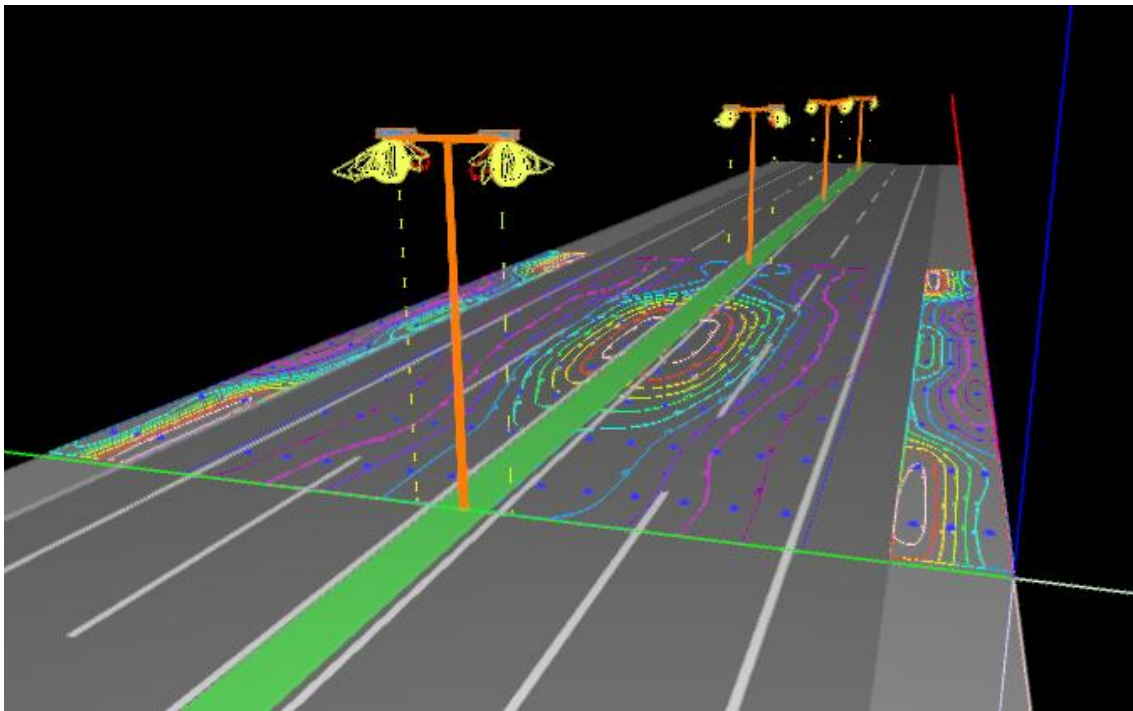
A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P1 atende aos requisitos mínimos da norma utilizando luminárias mais eficientes e de menor potência, reduzindo assim, a potência total utilizada.

A P2 para essa rua sugere o deslocamento da posição dos postes para o canteiro central, mantendo a distância entre postes de 30 metros e, acrescentando uma luminária por poste. Para este caso, foram simuladas duas luminárias de 70 W de potência cada, por poste, para atender aos níveis mínimos da via. Assim, a potência total desse sistema ficaria de 2100 W.

Pode-se notar neste caso que a P2 propõe um sistema com potência total igual ao da P1.

A Figura 55 abaixo mostra o desenho do cenário da P2, simulado no software Dialux.

Figura 55 – Cenário simulado da P2 para a Avenida Rio Grande do Sul.



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância Avenida Rio Grande do Sul para o sistema da P2 são demonstradas nas Figuras 56 e 57 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P2 no Dialux, tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 56 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 1 da Av. Rio Grande do Sul.

Pista lado Poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	45.3	28.0	20.6	20.6	19.1	19.1	20.6	20.6	28.0	45.3
8.000	44.9	26.8	18.2	18.4	17.2	17.2	18.4	18.2	26.8	44.9
7.000	40.6	25.2	17.6	16.8	14.9	14.9	16.8	17.6	25.2	40.6
6.000	36.3	23.3	16.7	15.6	13.3	13.3	15.6	16.7	23.3	36.3
5.000	29.1	21.1	15.7	13.8	12.3	12.3	13.8	15.7	21.1	29.1
4.000	21.1	17.9	14.0	11.9	11.5	11.5	11.9	14.0	17.9	21.1
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
21.6	11.5	45.3	0.531	0.253

Fonte: Dialux

Figura 57 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P2 na Pista 2 da Av. Rio Grande do Sul.

Pista Oposta (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

16.000	21.1	17.9	14.0	11.9	11.5	11.5	11.9	14.0	17.9	21.1
15.000	29.1	21.1	15.7	13.8	12.3	12.3	13.8	15.7	21.1	29.1
14.000	36.3	23.3	16.7	15.6	13.3	13.3	15.6	16.7	23.3	36.3
13.000	40.6	25.2	17.6	16.8	14.9	14.9	16.8	17.6	25.2	40.6
12.000	44.9	26.8	18.2	18.4	17.2	17.2	18.4	18.2	26.8	44.9
11.000	45.3	28.0	20.6	20.6	19.1	19.1	20.6	20.6	28.0	45.3
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
21.6	11.5	45.3	0.531	0.253

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P2 simulada estão descritos na Tabela 48 a seguir.

Tabela 48 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P2 para a Avenida Rio Grande do Sul.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	70 + 70	9310	21,60	11,50	45,30	0,53	21,60	11,50	45,30	0,53

Fonte: Próprio autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P2 atende aos requisitos mínimos da norma e é uma boa alternativa para a redução da potência total do sistema.

3.3.9 Av. São João

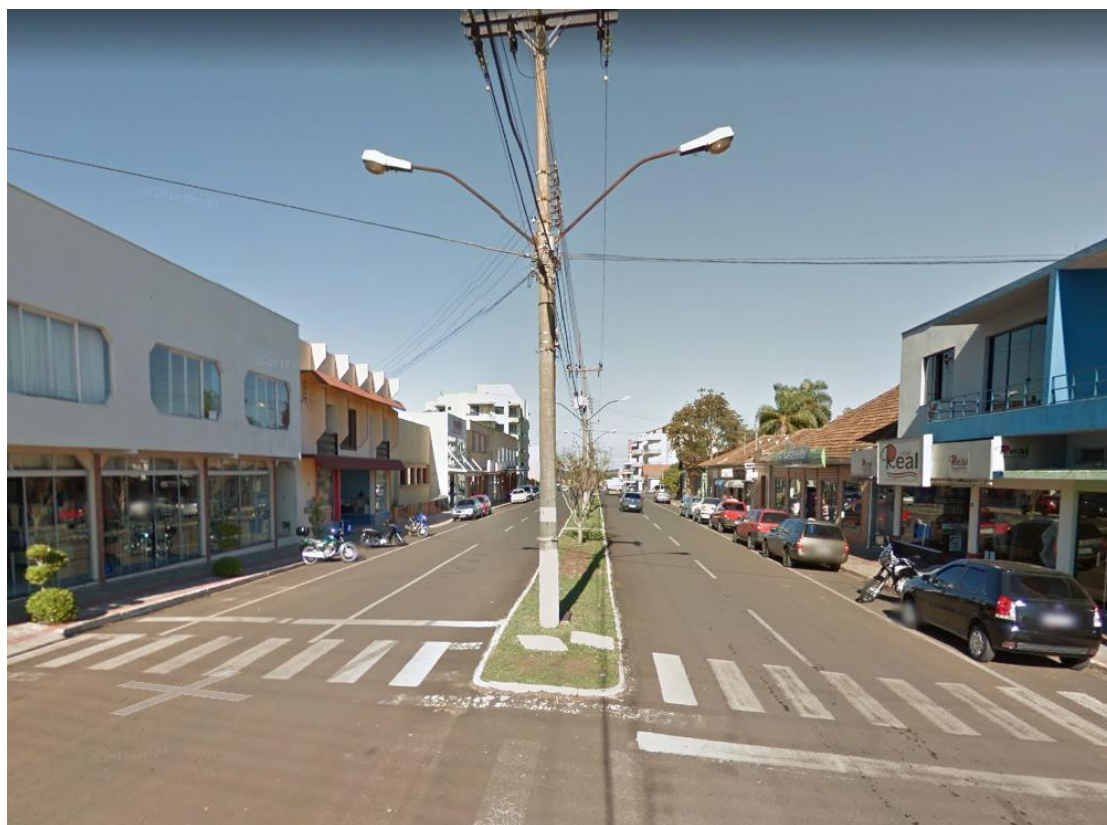
A Avenida São João caracteriza-se, segundo a norma, como uma via Arterial de tráfego médio (V2) e com fluxo moderado de pedestres. Ela possui duas pistas com sentidos de fluxo opostos, canteiro de 2 metros de largura fazendo a divisão, 6 metros de largura para cada pista mais 1,5 metros de estacionamento em cada extremidade do conjunto da via.

A iluminação é feita por luminárias de 400 W de potência, montadas em postes, há sete metros de altura e com 30 metros de distância entre postes. Todos os postes localizados nos canteiros centrais. Em cada poste estão montadas duas luminária, uma direcionada para cada pista.

Considerando que essa via possui 16 postes no trecho de estudo e, cada poste dispõe de 2 luminárias de 400 W cada, a potência total desse sistema é de 12800 W.

A Figura 58 mostra o cenário atual da via.

Figura 58 – Cenário atual da Avenida São João.



Fonte: Google Maps.

Os valores medidos e simulados dos pontos de medição da malha de inspeção da Iluminância do cenário atual da Av. São João é demonstrada na Tabela 49 a seguir.

Tabela 49 – Valores medidos e simulados de Iluminância, em Lux, da Avenida São João, nos pontos de medição da malha de inspeção.

	SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED		SIM	MED
Faixa 22	8,32	25,0		5,88	18,0		2,9	5,0		3,74	18,0		6,82	25,0
Faixa Central 2	11,2	60,0		6,11	14,0		2,9	5,0		4,76	14,0		9,1	50,0
Faixa 12	18,8	55,0		5,52	15,0		2,71	5,0		5,86	15,0		13,0	52,0
Canteiro Central														
Faixa 2	22,9	66,0		10,6	30,0		2,5	8,0		6,37	30,0		17,5	87,0
Faixa Central	28,6	70,0		11,5	28,0		2,12	8,0		5,9	28,0		25,1	90,0
Faixa 1	41,2	76,0		12,2	32,0		2,21	8,0		6,82	32,0		30,1	70,0
	Poste 1			0,25S			0,5S			0,75S			Poste 2	

Fonte: Próprio autor

Os valores de Iluminância média e Uniformidade, para o cenário atual, medidos e simulados dessa rua, estão contidos na Tabela 50.

Tabela 50 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário atual da Avenida Rio Grande do Sul, medidos e simulados.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Medido	Vapor Metálico	400	34000	25	5,0	60,0	0,20	44,2,0	8,0	90,0	0,18
Simulado	Vapor Metálico	400	34000	42,40	12,20	92,20	0,28	42,70	12,4	91,9	0,29

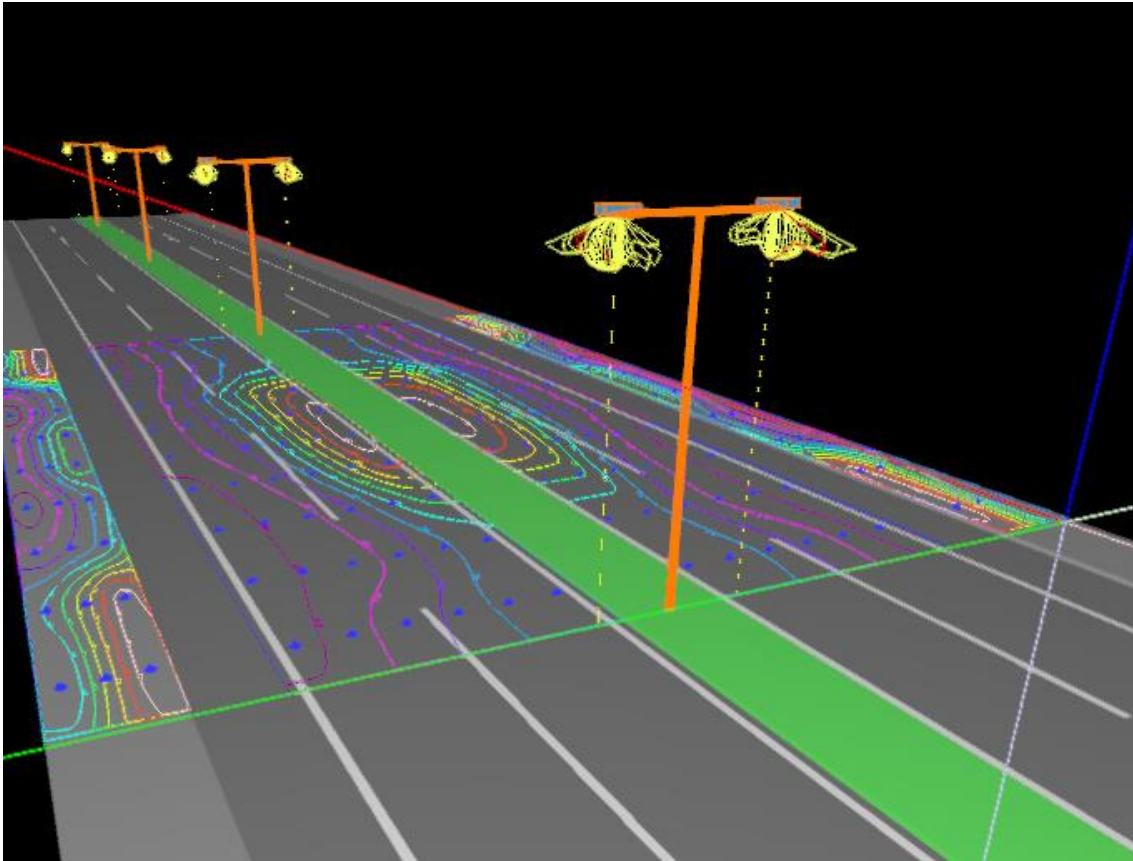
Fonte: Próprio autor

A partir da tabela acima, pode-se notar que a iluminação Pública da Avenida São João tem níveis médios de iluminância acima dos níveis mínimos exigidos pela norma, porém, o fator de uniformidade, calculado a partir dos valores medidos de iluminância na *Pista 1*, está abaixo do exigido pela norma.

A P1 para essa rua sugere a troca das luminárias atuais por luminárias do tipo LED 70 W, com pelo menos 9310 lumens de irradiação para atender aos requisitos mínimos da norma. A potência total desse sistema ficaria de 2240 W. Para um melhor aproveitamento da capacidade de iluminação das luminárias, recomenda-se a instalação há 9 metros de altura, inclinação de 0° e com braços de 2,5 metros de comprimento.

A Figura 59 abaixo mostra o desenho do cenário da P1, simulado no software Dialux.

Figura 59 – Cenário simulado da P1 para a Av. São João.



Fonte: Dialux

As malhas de inspeção de Iluminância das duas vias da Avenida São João para o sistema da P1 são demonstradas nas Figuras 60 e 61 a seguir. Nelas constam os valores de Iluminância nos pontos de medição e nos pontos de cálculo, obtidos da simulação da P1 no Dialux tanto para a *Pista 1* quanto para a *Pista 2*.

Figura 60 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais próxima dos postes (Pista 1)

Pista de rodagem 2 (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

17.000	21.0	17.7	13.8	11.5	11.2	11.2	11.5	13.8	17.7	21.0
16.000	29.1	21.1	15.9	13.2	12.0	12.0	13.2	15.9	21.1	29.1
15.000	37.0	23.2	16.8	14.8	12.4	12.4	14.8	16.8	23.2	37.0
14.000	41.3	24.9	17.4	15.9	13.2	13.2	15.9	17.4	24.9	41.3
13.000	45.7	26.4	17.8	16.6	14.5	14.5	16.6	17.8	26.4	45.7
12.000	45.8	26.1	17.5	17.6	16.6	16.6	17.6	17.5	26.1	45.8
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.9	11.2	45.8	0.537	0.246

Fonte: Dialux

Figura 61 – Valores da malha de inspeção obtidos no Dialux para o sistema simulado da P1 na via mais afastada dos postes (Pista 2)

Pista de rodagem 1 (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	45.8	26.1	17.5	17.6	16.6	16.6	17.6	17.5	26.1	45.8
8.000	45.7	26.4	17.8	16.6	14.5	14.5	16.6	17.8	26.4	45.7
7.000	41.3	24.9	17.4	15.9	13.2	13.2	15.9	17.4	24.9	41.3
6.000	37.0	23.2	16.8	14.8	12.4	12.4	14.8	16.8	23.2	37.0
5.000	29.1	21.1	15.9	13.2	12.0	12.0	13.2	15.9	21.1	29.1
4.000	21.0	17.7	13.8	11.5	11.2	11.2	11.5	13.8	17.7	21.0
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.9	11.2	45.8	0.537	0.246

Fonte: Dialux

Os valores de Iluminância média e Uniformidade para a P1 simulada estão descritos na Tabela 51 a seguir.

Tabela 51 – Valores de Iluminância e Uniformidade do cenário simulado da P1 para a Av. São João.

				Pista 2				Pista 1			
Sistema	Tipo	Potência (W)	Lumens	Emed	Emín	Emáx	U2	Emed	Emín	Emáx	U1
Simulado	LED	70 + 70	9310	20,90	11,20	45,80	0,53	20,90	11,20	45,80	0,53

Fonte: Próprio autor

A partir dos valores obtidos de *Emed* e *U* para o cenário simulado, pode-se notar que a proposta P1 atende aos requisitos mínimos da norma utilizando luminárias mais eficientes e de menor potência, reduzindo assim, a potência total utilizada.

A Avenida São João não terá uma P2, pois os postes já estão dispostos nos canteiros no centro da via e permitindo uma boa distribuição da iluminação.

3.4 VIABILIDADE FINANCEIRA DO PROJETO

Feitas todas as simulações das propostas, de acordo com a norma, usando luminárias mais eficientes e atendendo aos níveis mínimos de iluminação exigidos, conforme mostrado anteriormente nas descrições de cada rua, desenvolve-se a partir daqui os cálculos da viabilidade da implementação do projeto, tendo uma estimativa *ex ante*, conforme as orientações do PROPEE já demonstradas nesse trabalho.

Essa estimativa será feita para o *Projeto 1*, onde foi simulada a substituição das luminárias atuais de cada rua, por modelos mais eficientes energeticamente, com atendimento a norma e sem mudar a configuração dos postes.

A proposta que altera a configuração dos postes em algumas das ruas fica apenas para comparação de carga instalada, pois não se obteve uma base de custos para a realização de uma obra de troca dos postes.

As Tabelas 52 e 53 mostram as características dos sistemas atuais e proposto sem alteração da configuração dos postes.

Tabela 52 – Resultados Verificados

Sistema Atual - Centro de Faxinal dos Guedes					
Lâmpada	Vapor de Sódio 150 W	Vapor de Sódio 250 W	Vapor Metálico 250 W	Vapor Metálico 400 W	Total
Potência lâmpada (W)	150	250	250	400	
Quantidade	57	27	15	32	131
Potência Instalada (kW)	8,55	6,75	3,75	12,8	31,85
Tempo de Utilização do Sistema (h/dia)	11h54min	11h54mim	11h54mim	11h54mim	11h54min
Dias de Utilização do Sistema (dia/ano)	365	365	365	365	365
Horas (numerico)	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
Funcionamento (h/ano)	4343,5	4343,5	4343,5	4343,5	4343,5
Energia Consumida (MWh/ano)	37,14	29,32	16,29	55,60	138,34

Fonte: Próprio autor

Tabela 53 – Resultados Obtidos

Sistema Proposto					
Lâmpada	LED 70 W	LED 75 W	LED 120 W	LED 140 W	Total
Potência lâmpada (W)	70	75	120	140	
Quantidade	50	36	30	15	131
Potência Instalada (kW)	3,5	2,7	3,6	2,1	11,9
Tempo de Utilização do Sistema (horas)	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
Dias de Utilização do Sistema (dia/ano)	365	365	365	365	365
Funcionamento (h/ano)	4343,5	4343,5	4343,5	4343,5	4343,5
Energia Consumida (MWh/ano)	15,20	11,73	15,64	9,12	51,69

Fonte: Próprio autor

A Tabela 54 mostra a economia de energia que se obtém utilizando o sistema proposto.

Tabela 54 – Resultados finais de economia

Resultados	
Energia Economizada (MWh/ano)	86,65
Energia Economizada (%)	62,64

Fonte: Próprio autor

O cálculo do RCB é descrito a seguir. Algumas considerações importantes devem ser feitas:

- Não se tem demanda contratada.
- Para o cálculo do FRCu foi considerado uma taxa de desconto de 8% conforme PDE. [19]
- Os preços das lâmpadas foram definidos através de pesquisa online e contato com empresas que prestam serviços na área de iluminação pública.
- De acordo com o PEE da CELESC de 2015, deverá ser utilizado o funcionamento das lâmpadas de 8h/dia. No entanto, através de contato com a concessionária da região, foi constatado que o período de funcionamento é de 11h54min.

A Tabela 55 a seguir mostra o custo dos equipamentos.

Tabela 55 – Custo dos equipamentos

Equipamento	Custo (R\$)	Qtd	Custo Total (R\$)	Vida Útil (anos)	FRCu	Custo Anualizado
LED 70 W	455	50	22750	11,41	0,136883	R\$ 67,85
LED 75 W	525	36	18900	11,41	0,136883	R\$ 78,29
LED 120 W	740	30	22200	11,41	0,136883	R\$ 110,36
LED 140 W	960	15	14400	11,41	0,136883	R\$ 143,16
Total Equipamentos			CET = 78250		CAT =	R\$ 399,66

Fonte: Próprio autor

O custo das luminárias foi obtido através de uma média, seguida de arredondamento, de luminárias de marcas diferentes, observando as mesmas potências utilizadas nesse projeto.

Gastos como mão de obra e materiais extras é estimado em R\$7000,00, considerando dois profissionais para efetuarem a troca dos equipamentos. Demais gastos não serão contabilizados, visto que o projeto não foi executado. Assim, o custo total será:

$$CT = R\$ 85.250,00$$

Os custos tarifários foram obtidos através de consulta à concessionária da região. A cidade se enquadra na modalidade convencional, onde não há diferença entre preço no horário de ponta e fora de ponta. A Tabela 56 mostra os valores de tarifas convencionais para cada grupo de acordo com a CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina – que é a concessionária de energia local. Neste caso, o subgrupo utilizado na cidade é B4b – Iluminação Pública – Bulbo da lâmpada.

Tabela 56 – Valores tarifários

Subgrupos	Classificação	Energia R\$/kWh
B1	Residencial Normal	0,45985
	Residencial Baixa Renda até 30kWh	0,1497265
	Residencial Baixa Renda de 31 a 100kWh	0,256674
	Residencial Baixa Renda de 101 a 220kWh	0,385011
	Residencial Baixa Renda acima de 220kWh	0,42779
B2	Rural, não cooperativa	0,32189
	Cooperativa de Eletrificação	0,32189
	Serviço Público de Irrigação	0,27591
B3	Água, Esgoto e Saneamento	0,3908725
	Demais Classes	0,45985
B4a	Iluminação Pública - Rede de Distribuição	0,25292
B4b	Iluminação Pública - Bulbo da Lâmpada	0,27591

Fonte: [18]

Para os cálculos de CEE e CED, é importante ressaltar, novamente, que não há demanda contratada no local, o cálculo do custo de energia é feito utilizando apenas a potência instalada. Sendo assim, o termo CED será desconsiderado a partir de então.

A ANEEL sugere que seja utilizado um fator de carga de 0,7 e um valor de k de 0,15, assim, utilizando a Tabela do Anexo A, foram obtidos os valores de LE1, LE2, LE3, LE4, necessários para o cálculo de LEp e LEfp, dados nas equações (5) e (6), respectivamente.

A Tabela 57 mostra os valores de custo de energia, fator de carga e constantes de perda de energia calculadas.

Tabela 57 - Custos de Energia

C	Custo Unitário da Energia	0,275910 (R\$/kWh)
Fc	Fator de Carga	0,7
LEp	Constante de perda de energia na ponta	0,3368
LEfp	Constante de perda de energia fora de ponta	2,01296
LE1	Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos	0,38516
LE2	Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos	0,2691
LE3	Constante de perda de energia no posto fora de ponta de períodos secos	2,29381
LE4	Constante de perda de energia no posto de fora ponta de períodos úmidos	1,61977

Fonte: Produção Autor

Dessa forma, é possível calcular o valor do Custo Evitado de Energia, CEE, através da equação (4):

$$CEE = 0,27591$$

Logo, foi possível calcular o RCB do projeto, mostrado na Tabela 58 a seguir.

Tabela 58 - RCB

Energia Economizada	86,65 MWh/ano	Custo Unitário de Energia	0,27591 R\$/kWh	Benefício Total	R\$ 23.908,38
Benefício Anualizado Total					R\$ 23.908,38

Custo Anualizado Total	R\$ 399,66
RCB <i>ex ante</i>	0,017

Fonte: Produção Autor

O resultado de 0,017 é muito satisfatório, já que se encontra bem abaixo do limite estipulado pela ANEEL de 0,8, e indica que o projeto é extremamente viável para ser executado.

Considerando o custo total do projeto de R\$ 85.250,00 e que o mesmo se mostra viável a partir da relação Custo/Benefício obtida, a Tabela 59 abaixo mostra os valores de economia de energia em reais e tempo de retorno do investimento, em anos.

Tabela 59 – Tempo de Retorno do Investimento

Custo total do Projeto (R\$)	Custo Unitário de Energia (R\$/kWh)	Custo Unitário de Energia (R\$/MWh)	Energia Economizada (MWh/ano)	Economia anual (R\$)	Retorno do Investimento (anos)
R\$ 85.250,00	0,27591	275,91	86,65	23907,60	3,57

Fonte: Produção do Autor

4 CONCLUSÃO

A partir da metodologia do Procel GEM, com a intenção de ajudar o administrador público da cidade de Faxinal dos Guedes, SC a combater o desperdício de energia elétrica no município, se desenvolveu um estudo para identificar possíveis oportunidades de se fazer eficiência energética nos setores de responsabilidade da prefeitura e, constatou-se um grande potencial de melhorias para o setor de iluminação pública, o qual possui a maior demanda entre todos os setores em questão.

Para viabilizar uma proposta de melhorias neste setor, foram feitas medições da quantidade de iluminância disposta entre postes nas principais vias do centro da cidade, de acordo com as instruções da norma NBR-5101e, seguindo as orientações do PROPEE. Tais medições levaram a constatação de que a iluminação pública das vias estudadas não está atendendo aos requisitos mínimos da norma e, a potência total do sistema está muito acima do que se tem ao usar luminárias com tecnologia LED.

Data tal constatação, foram estudadas algumas propostas para substituição das luminárias usadas atualmente por modelos mais eficientes energeticamente. Usando o software Dialux, foram simulados vários cenários de iluminação das vias do estudo, usando tecnologia LED, com diferentes potências de luminárias. Dessa forma, foram identificados os modelos de luminárias mais adequadas para substituírem as usadas atualmente.

Os modelos de luminárias escolhidos, conforme apresentado no decorrer do projeto, atendem a norma NBR-5101 de iluminação pública e reduzem a potencia total do sistema. Portanto, conforme o objetivo desse estudo, foi mostrado um projeto de eficiência energética que reduz o consumo de energia do município e, conseqüentemente, irá reduzir os gastos do administrador público com energia elétrica.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o projeto apresentado é viável para aplicação, ajuda o administrador público a economizar energia elétrica conforme o objetivo do Procel GEM, tem um retorno de investimento de 3,8 anos e, reduz o consumo de energia elétrica no sistema estudado em 62,64%.

5 REFERÊNCIAS

[1] PROCEL INFO. Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: www.procelinfo.com.br. Acesso em: Maio 2018.

[2] MME – Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%Aancia+Energ%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863?version=1.1>. Acesso em: Junho 2018.

[3] Resultados Procel 2017. Disponível em: http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/docs/rel_procel2017_web.pdf. Acesso em: Junho 2018.

[4] Guia Técnico procel GEM. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B9C74D948-F2E2-46C0-8D9D-63EEC68BB115%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>. Acesso em: Junho 2018.

[5] MANUAL DE ILUMINAÇÃO (Org.). Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf. Acesso em: Junho 2018.

[6] Iluminação Pública – O Paraná em Debate. Disponível em: <http://177.92.30.55/ws/wp-content/uploads/2016/12/iluminacao-publica.pdf>. Acesso em: Junho 2018.

[7] Manual do Programa de Eficiência Energética 2008. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/aren2008300_2.pdf. Acesso em: Junho 2018.

[8] NEW LINE. Disponível em: <http://www.newline.ind.br/iluminacao-com-tecnologia-led/>. Acesso em: Junho 2018.

[9] PEE Celesc. Disponível em: <http://site.celesc.com.br/peecelesc/index.php/o-programa>. Acesso em: Junho 2018.

[10] NASCIMENTO, Leandro Augusto do. Projeto de Eficiência Energética com Ênfase em Luminotécnica, Aplicado no CCT - UDESC. 2015. Monografia – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville 2015.

[11] MANZIONE, Sergio. Modernização e Eficientização dos Sistemas de Iluminação Pública Municipais: o caso da Bahia. Disponível em: <http://saturno.unifei.edu.br/bim/0030595.pdf>. Acesso em: Junho 2018.

[12] Rede de Cidades Eficientes. Disponível em: www.rce.org.br. Acesso em: Outubro 2017.

- [13] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Org.). Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE 2013. Brasília: ANEEL, 2013.
- [14] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Org.). Estudo para a Expansão da Geração. Rio de Janeiro: EPE, 2017.
- [15] COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (Org.). Projetos de Iluminação Pública. Minas Gerais: CEMIG, 2012.
- [16] Luxímetro Politerm LD-150. Disponível em:
<<http://www.24demaio.com.br/catalogo/imagens/LUXIMETRO%20DIGITAL%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20LD-510%20.jpg>>. Acesso em: Junho 2018.
- [17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5101 - Iluminação Pública. Brasília, 2012.
- [18] LUIZ, Cássia Cruz. Estudo de Eficiência Energética em Luminárias Destinadas à Iluminação Pública na Cidade de Jaguaruna, SC. Joinville, 2016.
- [19] CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA S.A. – Tarifas. Disponível em: <http://www.celesc.com.br/portal/index.php/duvidas-mais-frequentes/1140-tarifa>. Acesso em: Maio de 2018.
- [20] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Taxa de desconto PDE. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-67/NT%20DEE%202027_17.pdf. Acesso em: Junho 2018.
- [21] KURAHASSI, Luiz Fernando. Gestão da Energia Elétrica – Bases para uma Política Pública Municipal. São Paulo, 2006.
- [22] BENITO LIGHT. Iluminação Pública. Disponível em: https://www.benito.com.br/iluminacao_publica/. Acesso em: Junho 2018.
- [23] PHILIPS. Luminaires eCatalog. Disponível em: <http://www.lightingproducts.philips.com/search-tool.html#!q=What%20are%20you%20looking%20for?&es=false&ia=0&nomessages=1>. Acesso em: Junho 2018.
- [24] NATIONAL LIGHTING. Products. Disponível em: <https://www.nationallighting.com/products/>. Acesso em: Junho 2018.
- [25] AURA LIGHT. Luminaires. Disponível em: <http://www.auralight.com/products/luminaires/gallery/>. Acesso em: Junho 2018.
- [26] BRIGHT SPECIAL LIGHTING. Outdoor Lighting Products. Disponível em: http://www.bright.gr/outdoor_lighting_products/. Acesso em: Junho 2018.
- [27] RODRIGUES, Fernando. Eficiência Energética Aplicada em Sistemas de Iluminação Pública. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12208/TCCE_EEAPP_EaD_2017_RODRIGUES_FERNANDO.pdf?sequence=1. Acesso em: Junho 2018.

APENDICE A – RESULTADOS DIALUX

RUA TRÊS DE MAIO

Vapor de Sódio 150 W

Rua 3 de Maio

08/06/2018

National Lighting 851/150W.HPS National Lighting 1xHigh pressure sodium vapour lamp / National Lighting - National Lighting
(1xHigh pressure sodium vapour lamp)

DIALux

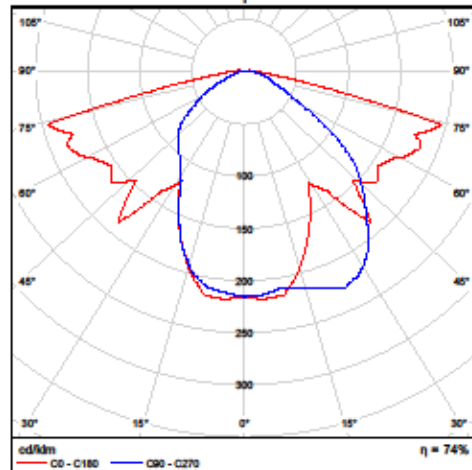
National Lighting 851/150W.HPS National Lighting 1xHigh pressure sodium vapour lamp

Area Lighting- Street Lighting



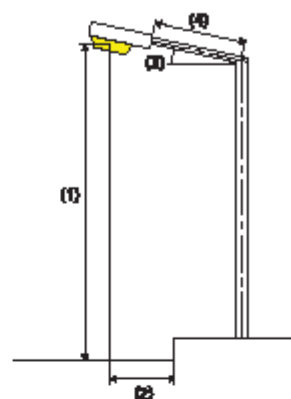
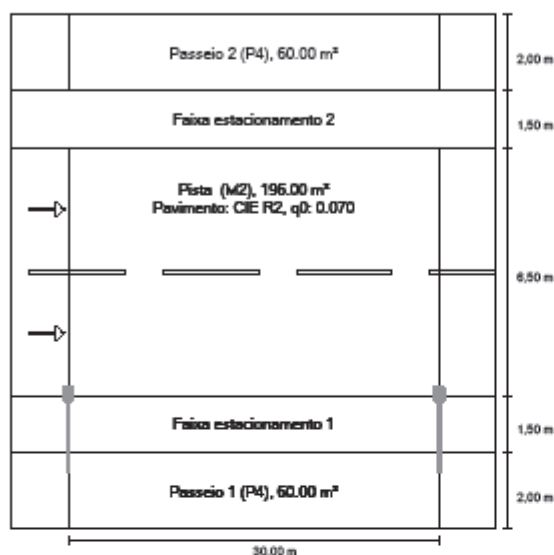
Grau de actuação operacional: 74.32%
Fluxo luminoso de lâmpada: 16000 lm
Fluxo luminoso da luminária: 11148 lm
Potência: 160.0 W
Rendimento luminoso: 74.3 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Rua 3 de Maio Atual 1 (150W) em direcção EN 13201:2015

National Lighting 851/150W.HPS National Lighting



Lâmpada:	1xHigh pressure sodium vapour lamp
Fluxo luminoso (luminária):	11148.16 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	16000.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 150.0 W
W/lkm:	4960.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	6.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.985 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	0.000 m

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Passeio 2

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.78	✓ 6.26

Rua 3 de Maio

Lm [cd/m²] ≥ 1.60	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.70	TI [%] ≤ 10	EIR ≥ 0.60
✗ 1.11	✓ 0.64	✗ 0.60	✗ 21	✓ 0.65

Passeio 1 (P4)

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✗ 9.76	✓ 3.33

Resultados para indicadores de eficiência energética

Indicador de Densidade de potência (Dp)	0.036 W/lkm²
Densidade de consumo de energia	
Distribuição: National Lighting (600.0 kWh/fr)	1.9 kWh/m² fr

ULR:	0.02
ULOR:	0.02

Valor máximo da potência luminosa

com 70°:	496 cd/klm
com 80°:	263 cd/klm
com 90°:	62.1 cd/klm

Classe de potência luminosa: /

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.1

Rua 3 de Maio

08/06/2018

DIALux

Rua 3 de Maio Atual 1 (150W) : Alternativa 4 / Rua 3 de Maio / Tabela

Rua 3 de Maio

Potência luminosa horizontal [lx]

9.468	19.7	16.6	10.3	8.96	8.66	8.66	8.96	10.3	16.6	19.7
8.376	26.6	20.7	11.1	9.66	9.03	9.03	9.66	11.1	20.7	26.6
7.292	32.6	23.6	12.4	9.63	8.79	8.79	9.63	12.4	23.6	32.6
6.208	36.6	24.3	13.4	9.02	8.16	8.16	9.02	13.4	24.3	36.6
5.125	40.6	21.1	12.4	7.96	6.96	6.96	7.96	12.4	21.1	40.6
4.042	40.6	16.7	11.0	6.97	6.76	6.76	6.97	11.0	16.7	40.6
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
16.3	6.76	40.6	0.363	0.142

Rua 3 de Maio

08/06/2018

DIALux

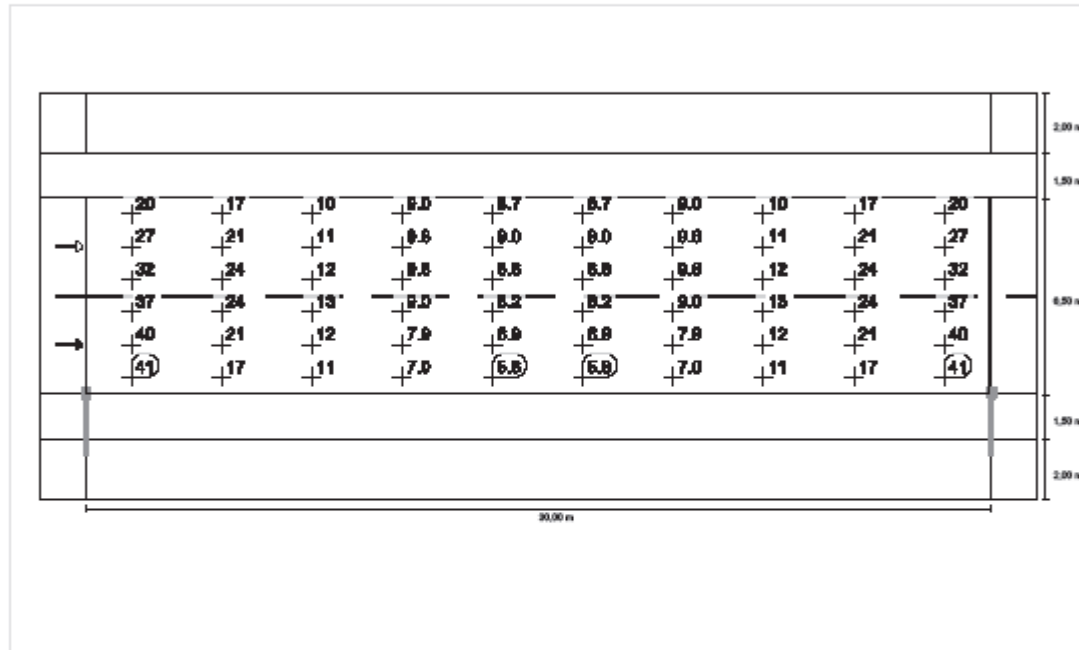
Rua 3 de Maio Abal 1 (150W) : Alternativa 4 / Rua 3 de Maio / Gráfico de valores

Rua 3 de Maio

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 1.60	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.60
✘ 1.11	✔ 0.64	✘ 0.60	✘ 21	✔ 0.66

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 120 W

Rua 3 de Maio

08/06/2018

Aura Light 467178 Indico Asymmetric Type III 120W Nightdimming 4000K 1xLED / Aura Light - Indico Asymmetric Type III 120W Nightdimming 4000K (1xLED)

DIALux

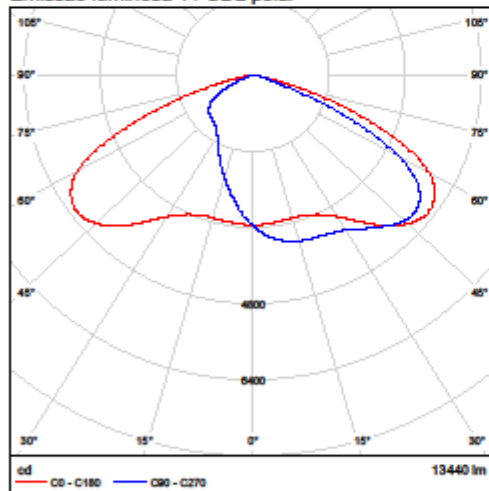
Aura Light 467178 Indico Asymmetric Type III 120W Nightdimming 4000K 1xLED



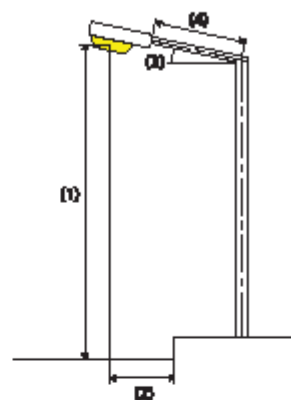
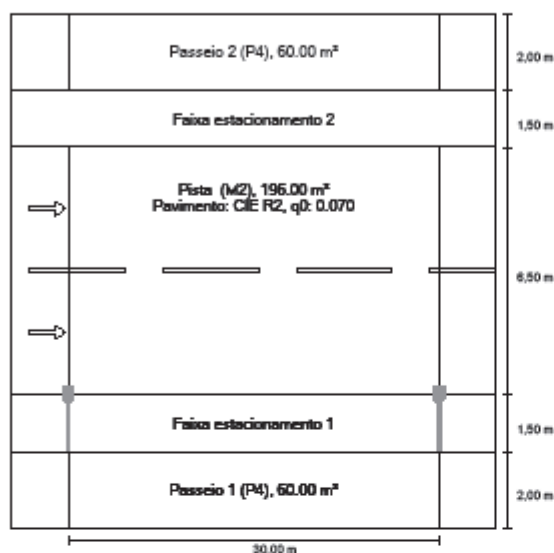
NOTE: Adjustable $\pm 15^\circ$ at both horizontal and vertical mount.
APPLICATIONS: Streets, parks, parking, bicycle paths and pedestrian zones.
MATERIAL: Housing in die-cast aluminium. Cooling fins on 90W and 120W versions. Tempered front glass IK08. Silicone gasket. Mounting screws in stainless steel. Powder coating in colour Pantone 8403C. Similar to RAL 7010.
INSTALLATION AND CONNECTION: Tool-less opening of housing. Turnable bracket for horizontal or vertical pole, 48-60 mm. Adjustable $\pm 15^\circ$, in steps of $2,5^\circ$. Delivered with 8 m cable on 36 W versions and 10 m cable on 60 W versions. 90 W and 120 W can be fitted with cable on request. The modular design provides long lifetime since both driver and LED module can be replaced and upgraded.
TECHNICAL DATA: Xitanium driver from Philips. 10 kV surge protection device. Samsung LED package. Asymmetric PMMA lens with light distribution type III. 220-240 V. 60-60 Hz. IP66. Class II. IK08. Windage 0,072 m². Ambient temperature -40°C to $+45^\circ\text{C}$. CE.

Fotometria absoluta
 Fluxo luminoso da luminária: 13440 lm
 Potência: 120,0 W
 Rendimento luminoso: 112,0 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Rua 3 de Maio LED (120W) em direção EN 13201:2015

Aura Light 467178 Indico Asymmetric Type III 120W
Nightdimming 4000K

Lâmpada:	1xLED
Fluxo luminoso (luminária):	13439.99 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	13440.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 120.0 W
W/km:	3960.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	0.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.000 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	0.000 m

Resultados para os campos de avaliação
Factor de manutenção: 0.67

Passeio 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 9.66	✔ 6.76

Rua 3 de Maio

Lm [cd/m²] ≥ 1.60	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.70	TI [%] ≤ 10	EIR ≥ 0.60
✘ 1.26	✔ 0.67	✘ 0.66	✔ 9	✔ 0.64

Passeio 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 14.16	✔ 4.69

Resultados para indicadores de eficiência energética

Indicador de Densidade de potência (Dp) 0.022 W/m²

Densidade de consumo de energia

Distribuição: Indico Asymmetric Type III 120W Nightdimming 1.6 kWh/m².fr
4000K (480.0 kWh/fr)

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Valor máximo da potência luminosa	
com 70°:	313 cd/klm
com 80°:	73.6 cd/klm
com 90°:	0.00 cd/klm
Classe de potência luminosa:	G*6

Em todas as direções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.2

Rua 3 de Maio

08/06/2018

DIALux

Rua 3 de Maio LED (120W): Alternativa 14 / Rua 3 de Maio / Tabela

Rua 3 de Maio

Potência luminosa horizontal [lx]

9.468	24.6	19.1	14.8	11.3	8.72	8.72	11.3	14.8	19.1	24.6
8.376	28.7	21.9	17.0	12.2	9.26	9.26	12.2	17.0	21.9	28.7
7.292	33.3	26.0	18.9	12.9	9.61	9.61	12.9	18.9	26.0	33.3
6.208	38.6	28.1	20.4	13.4	9.38	9.38	13.4	20.4	28.1	38.6
5.125	42.4	30.1	21.2	13.0	8.86	8.86	13.0	21.2	30.1	42.4
4.042	42.3	30.0	20.8	12.3	8.16	8.16	12.3	20.8	30.0	42.3
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.2	8.16	42.4	0.404	0.192

Rua 3 de Maio

08/06/2018

DIALux

Rua 3 de Maio LED (120W) Alternativa 14 / Rua 3 de Maio / Gráfico de valores

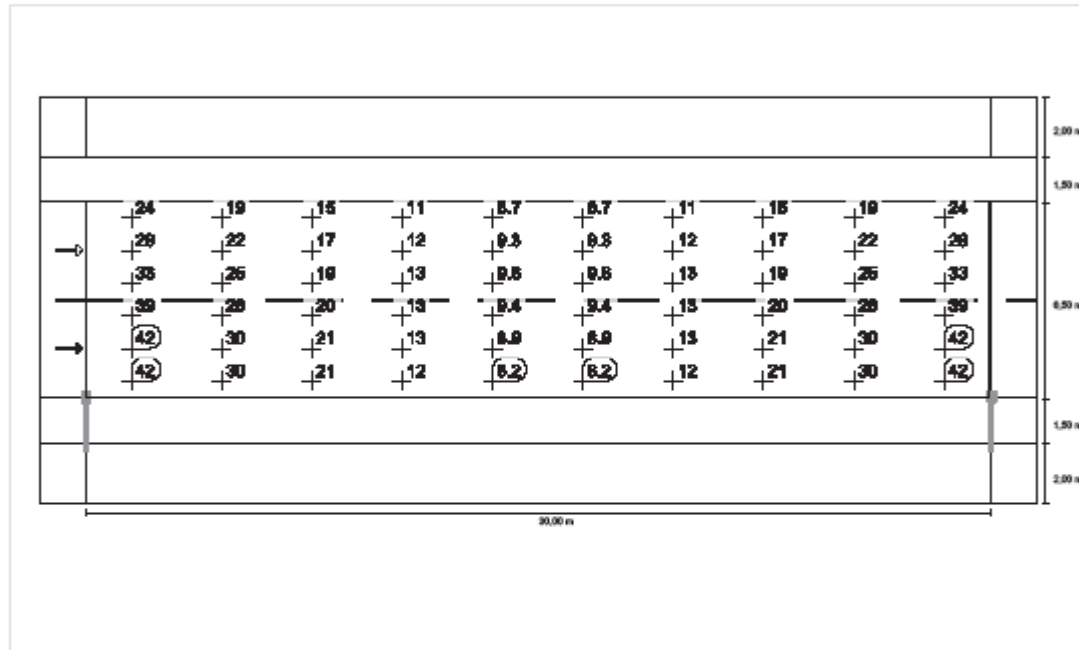
Rua 3 de Maio

Factor de manutenção: 0.67

Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 1.60	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.60
✘ 1.25	✔ 0.67	✘ 0.65	✔ 9	✔ 0.64

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 50 W

Rua 3 de Maio

08/06/2018

BENITO URBAN ILLI03233 ELIUM 32LED @500mA 50W 3000K T3 1xLED / BENITO URBAN - ELIUM 32LED @500mA 50W 3000K T3 (1xLED)

DIALux

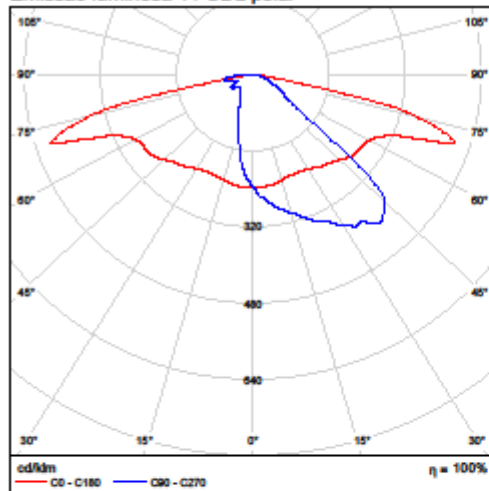
BENITO URBAN ILLI03233 ELIUM 32LED @500mA 50W 3000K T3 1xLED

Lighting fixture with 32LEDs 3000°K IRC>70 @600mA. Maximum input power of 50W. Light distribution T3. Class I. IP66. IK09. Aerodynamic design. Body in die cast aluminum. Excellent thermal dissipation. Packaging extra flat to reduce transport costs. Low surface air resistance. Quick access to the driver by screws. Fixing tube diameter 60mm both Top and Side. Possibility of inclination of 0°, 5°, 10° and 15°. Finished in gray RAL9006 body.

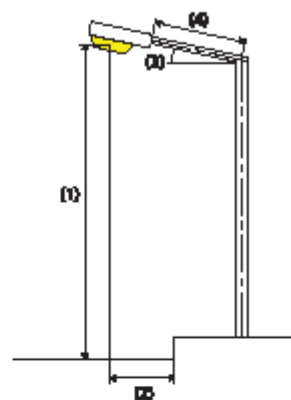
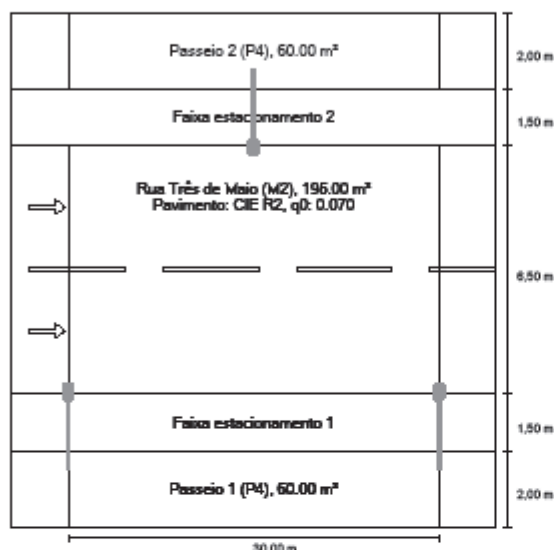


Grau de actuação operacional: 100.07%
 Fluxo luminoso de lâmpada: 6733 lm
 Fluxo luminoso da luminária: 6737 lm
 Potência: 50.0 W
 Rendimento luminoso: 114.7 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Rua 3 de Maio LED (50W) em direcção EN 13201:2015

BENITO URBAN ILLI03233 ELIUM 32LED @500mA
50W 3000K T3

Lâmpada:	1xLED
Fluxo luminoso (luminária):	6737.20 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	6733.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 60.0 W
W/km:	3300.0
Distribuição:	bilateral alternadamente
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	0.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.000 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	0.000 m

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Passeio 1 (P4)

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 8.33	✔ 4.26

Rua Três de Maio (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 1.60	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✘ 1.44	✔ 0.89	✔ 0.77	✔ 11	✔ 0.61

Passeio 2 (P4)

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 8.33	✔ 4.26

Resultados para indicadores de eficiência energética

Indicador de Densidade de potência (Dp) 0.020 W/km²
Densidade de consumo de energia

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Valor máximo da potência luminosa	
com 70°:	992 cd/klm
com 80°:	113 cd/klm
com 90°:	46.4 cd/klm
Classe de potência luminosa:	G*1

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.2

Rua 3 de Maio

08/06/2018

DIALux

Rua 3 de Maio LED (50W): Alternativa 10 / Rua Três de Maio (M2) / Tabela

Rua Três de Maio (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.468	18.2	16.7	17.4	20.5	26.4	26.4	20.5	17.4	16.7	18.2
8.376	20.5	16.9	17.3	19.8	26.5	26.5	19.8	17.3	16.9	20.5
7.292	22.6	18.0	17.1	19.2	26.0	26.0	19.2	17.1	18.0	22.6
6.208	25.0	19.2	17.1	18.0	22.6	22.6	18.0	17.1	19.2	25.0
5.125	26.5	19.8	17.3	16.9	20.5	20.5	16.9	17.3	19.8	26.5
4.042	26.4	20.5	17.4	16.7	18.2	18.2	16.7	17.4	20.5	26.4
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.1	16.7	26.5	0.828	0.630

Rua 3 de Maio

08/06/2018

DIALux

Rua 3 de Maio LED (50W): Alternativa 10 / Rua Três de Maio (M2) / Gráfico de valores

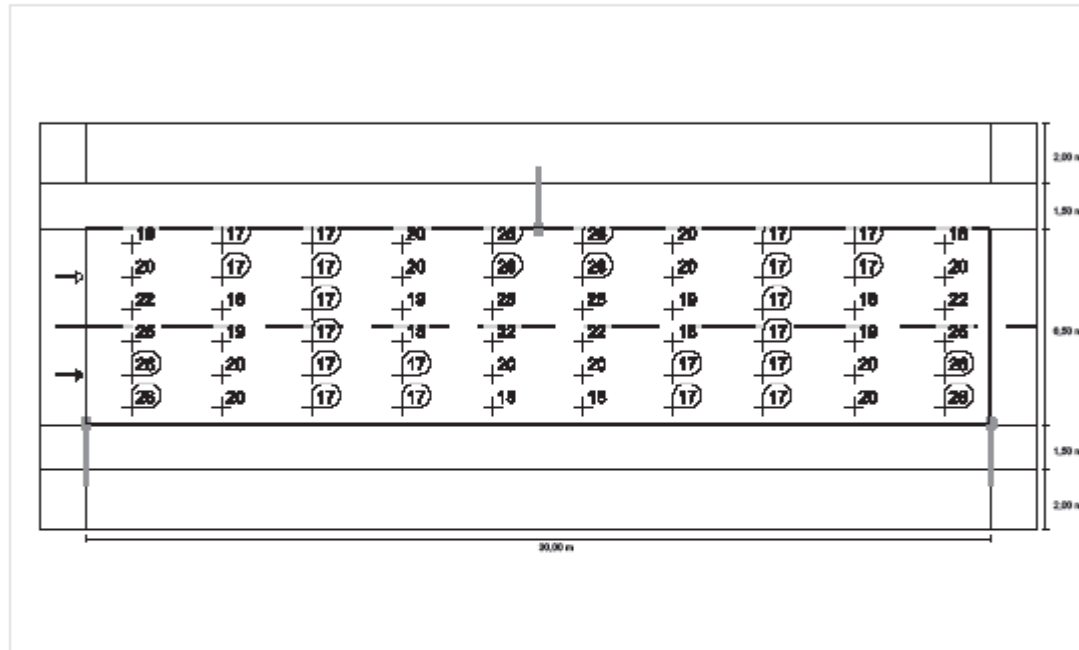
Rua Três de Maio (M2)

Factor de manutenção: 0.67

Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 1.60	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
✘ 1.44	✔ 0.89	✔ 0.77	✔ 11	✔ 0.61

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

RUA SÃO PEDRO / RUA SETE DE SETEMBRO / RUA PRIMEIRO DE MAIO

Vapor de Sódio 150 W

1

22/04/2018

National Lighting 851/150W.HPS National Lighting 1xHigh pressure sodium vapour lamp / National Lighting - National Lighting
(1xHigh pressure sodium vapour lamp)

DIALux

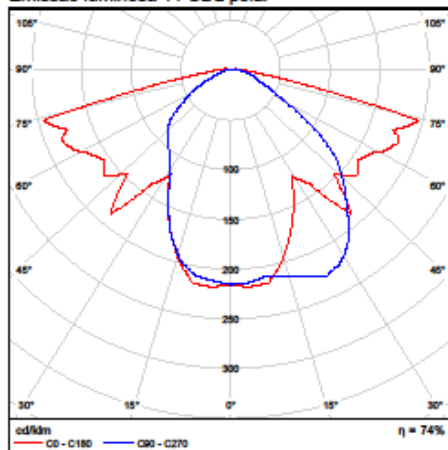
National Lighting 851/150W.HPS National Lighting 1xHigh pressure sodium vapour lamp

Area Lighting- Street Lighting

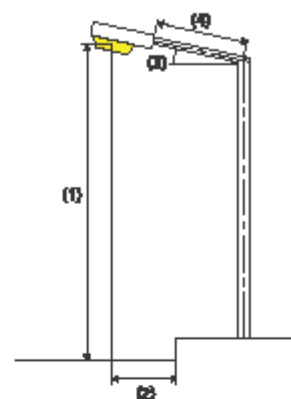
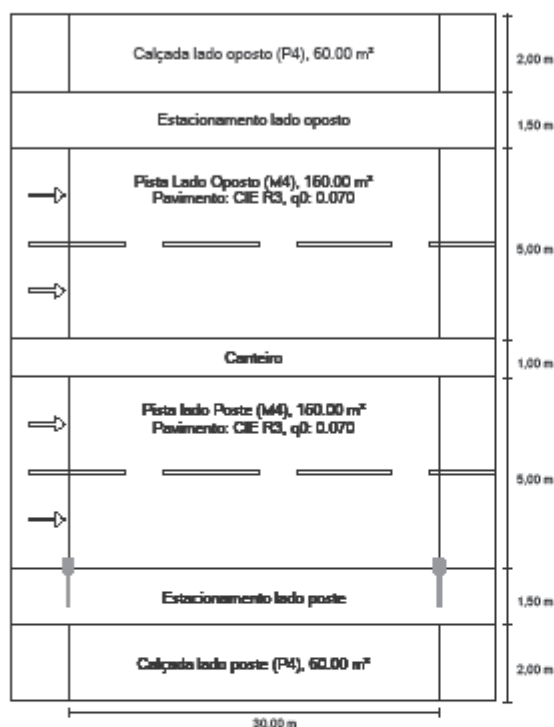


Grau de actuação operacional: 74.32%
Fluxo luminoso de lâmpada: 16000 lm
Fluxo luminoso da luminária: 11148 lm
Potência: 160.0 W
Rendimento luminoso: 74.3 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Rua são Pedro Atual 1 (150W) NLC em direcção EN 13201:2015 National Lighting 851/150W.HPS National Lighting



Lâmpada:	1xHigh pressure sodium vapour lamp
Fluxo luminoso (luminária):	11148.16 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	16000.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 160.0 W
W/km:	4960.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	16.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.000 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	0.000 m

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Calçada lado oposto

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 3.00	≥ 0.60
≤ 4.60	
✓ 3.76	✓ 3.06

Pista Lado Oposto

Lm [cd/m²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
✗ 0.49	✓ 0.60	✓ 0.70	✗ 24	✓ 0.64

Pista lado Poste

Lm [cd/m²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
✓ 0.98	✓ 0.60	✓ 0.60	✗ 19	* 0.72

ULR: 0.03

ULOR: 0.02

Valor máximo da potência luminosa

com 70°: 496 cd/km

com 80°: 446 cd/km

com 90°: 106 cd/km

Classe de potência luminosa: /

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.0

1

22/04/2018

DIALux

Rua são Pedro Atual 1 (150W) NLC: Alternativa 5 / Pista lado Poste / Tabela

Pista lado Poste

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	27.8	20.8	11.6	8.37	7.31	7.31	8.37	11.6	20.8	27.8
7.260	31.2	20.3	11.6	8.07	7.01	7.01	8.07	11.6	20.3	31.2
6.417	36.1	18.7	10.9	7.46	6.46	6.46	7.46	10.9	18.7	36.1
5.683	37.1	16.0	10.6	6.91	6.84	6.84	6.91	10.6	16.0	37.1
4.760	38.6	14.6	10.1	6.47	6.24	6.24	6.47	10.1	14.6	38.6
3.917	36.1	12.8	8.86	6.89	4.77	4.77	6.89	8.86	12.8	36.1
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
16.1	4.77	38.6	0.316	0.124

1

22/04/2018

DIALux

Rua São Pedro Atual 1 (150W) NLC: Alternativa 5 / Pista Lado Oposto / Tabela

Pista Lado Oposto

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	7.30	7.19	6.99	6.22	6.20	6.20	6.22	6.99	7.19	7.30
13.260	8.84	8.67	6.92	6.88	6.72	6.72	6.88	6.92	8.67	8.84
12.417	11.0	10.3	7.84	6.39	6.16	6.16	6.39	7.84	10.3	11.0
11.683	13.8	12.4	8.81	6.92	6.71	6.71	6.92	8.81	12.4	13.8
10.750	16.8	14.6	9.67	7.44	7.18	7.18	7.44	9.67	14.6	16.8
9.917	20.2	17.0	10.4	7.86	7.44	7.44	7.86	10.4	17.0	20.2
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
9.19	6.20	20.2	0.666	0.268

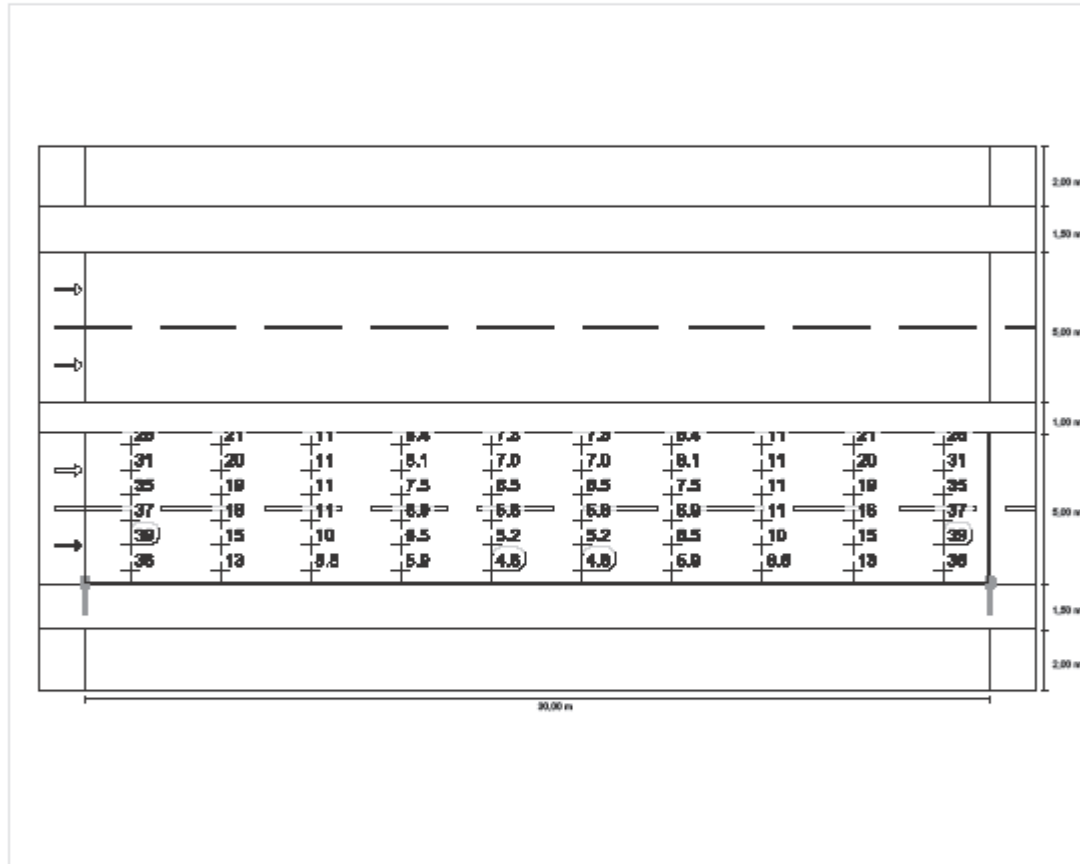
Pista lado Poste

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR
✓ 0.98	✓ 0.60	✓ 0.60	✗ 19	* 0.72

* informativo, não faz parte da avaliação

Potência luminosa horizontal



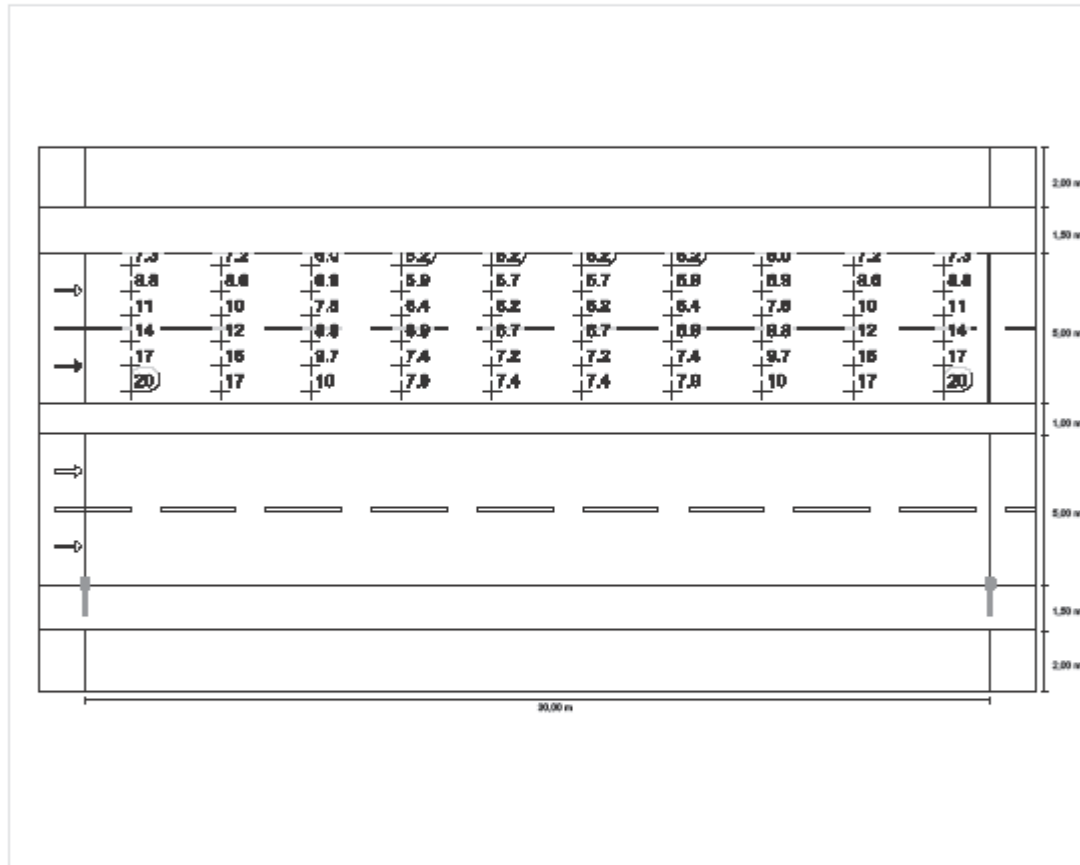
Escala: 1 : 200

Pista Lado Oposto

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✘ 0.66	✔ 0.68	✔ 0.62	✘ 22	✔ 0.64

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 75 W

1

22/04/2018

BENITO URBAN ILLI04833 ELIUM 48LED @500mA 75W 3000K T3 1xLED / BENITO URBAN - ELIUM 48LED @500mA 75W 3000K T3 (1xLED)

DIALux

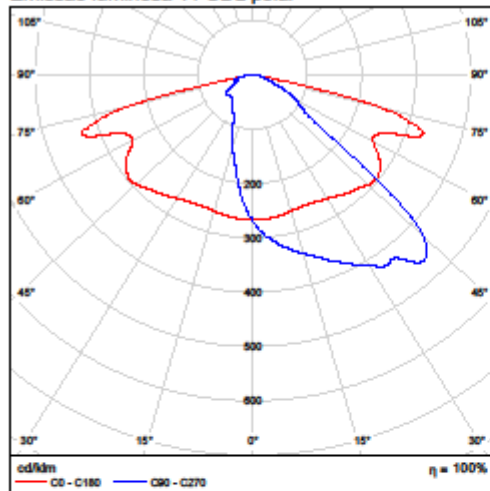
BENITO URBAN ILLI04833 ELIUM 48LED @500mA 75W 3000K T3 1xLED



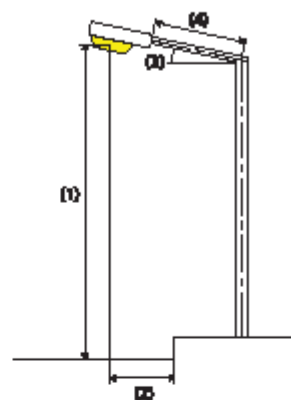
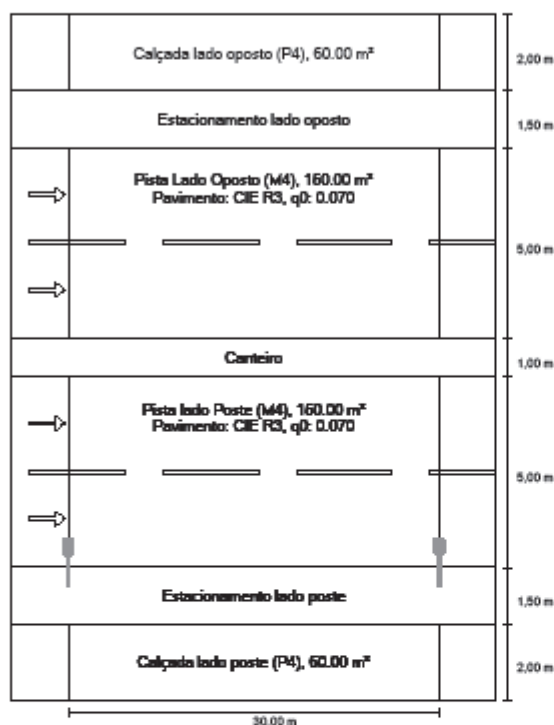
Lighting fixture with 48LEDs 3000°K IRC>70 @600mA. Maximum input power of 75W. Light distribution T3. Class I. IP66. IK09. Aerodynamic design. Body in die cast aluminum. Excellent thermal dissipation. Packaging extra flat to reduce transport costs. Low surface air resistance. Quick access to the driver by screws. Fixing tube diameter 60mm both Top and Side. Possibility of inclination of 0°, 5°, 10° and 15°. Finished in grey RAL9006 body.

Grau de actuação operacional: 100%
 Fluxo luminoso de lâmpada: 8600 lm
 Fluxo luminoso da luminária: 8600 lm
 Potência: 75.0 W
 Rendimento luminoso: 114.7 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Rua são Pedro LED Benito (75W) em direcção EN 13201:2015

BENITO URBAN ILLI04833 ELIUM 48LED @500mA
75W 3000K T3

Lâmpada:	1xLED
Fluxo luminoso (luminária):	8699.78 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	8600.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 75.0 W
W/km:	2475.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	6.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.000 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	0.600 m

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Calçada lado oposto

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 3.00	≥ 0.60
≤ 4.60	
2.68	1.86

Pista Lado Oposto

Lm [cd/m²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
0.63	0.60	0.83	13	0.44

Pista lado Poste

Lm [cd/m²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.36
0.94	0.66	0.63	12	0.49

ULR: 0.00

ULOR: 0.00

Valor máximo da potência luminosa

com 70°: 766 cd/klm

com 80°: 188 cd/klm

com 90°: 4.73 cd/klm

Classe de potência luminosa: G*1

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.3

1

22/04/2018

DIALux

Rua são Pedro LED Berilo (75W): Alternativa 10 / Pista lado Poste / Tabela

Pista lado Poste

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	27.2	18.8	12.6	8.26	6.00	6.00	8.26	12.6	18.8	27.2
7.260	29.6	19.7	12.6	7.81	6.79	6.79	7.81	12.6	19.7	29.6
6.417	31.2	20.0	12.4	7.69	6.62	6.62	7.69	12.4	20.0	31.2
6.683	31.2	20.0	12.3	7.46	6.19	6.19	7.46	12.3	20.0	31.2
4.760	29.0	19.2	11.9	7.10	4.80	4.80	7.10	11.9	19.2	29.0
3.917	23.4	16.9	10.1	6.13	4.34	4.34	6.13	10.1	16.9	23.4
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
14.4	4.34	31.2	0.301	0.139

Pista Lado Oposto

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	8.02	7.10	6.44	6.39	6.99	6.99	6.39	6.44	7.10	8.02
13.260	11.6	9.77	8.33	7.44	7.82	7.82	7.44	8.33	9.77	11.6
12.417	14.6	12.2	10.3	8.44	8.47	8.47	8.44	10.3	12.2	14.6
11.683	17.1	14.0	11.3	9.32	8.19	8.19	9.32	11.3	14.0	17.1
10.750	18.7	16.0	11.8	9.92	7.78	7.78	9.92	11.8	16.0	18.7
9.917	21.6	16.7	12.0	9.49	7.24	7.24	9.49	12.0	16.7	21.6
m	1.500	4.500	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

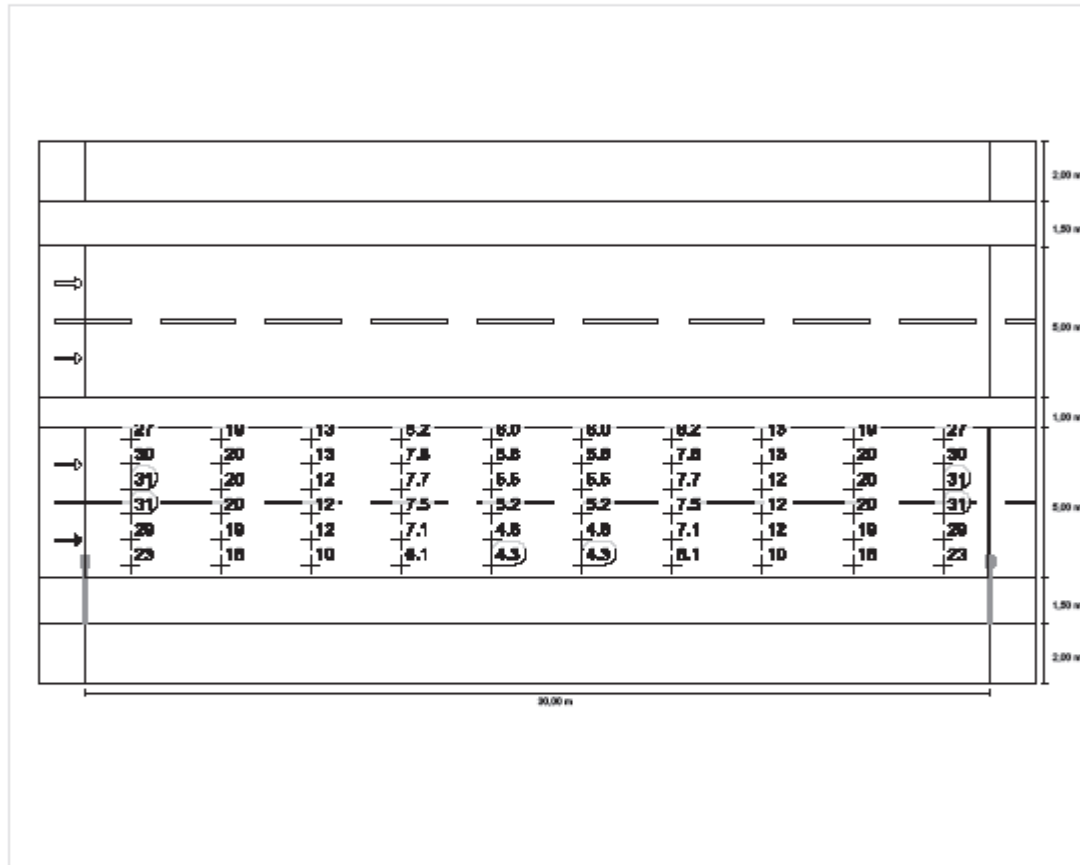
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.8	6.39	21.6	0.694	0.298

Pista lado Poste

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.36
✓ 0.94	✓ 0.66	✓ 0.63	✓ 12	✓ 0.49

Potência luminosa horizontal



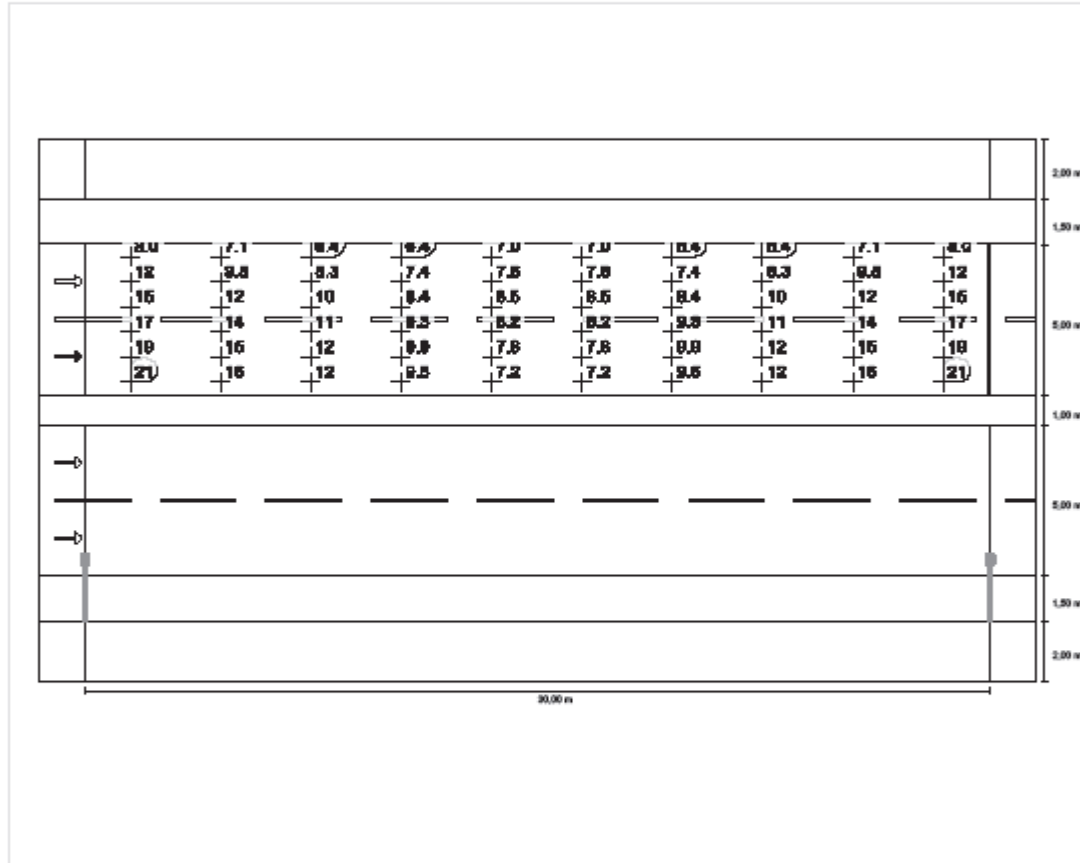
Escala: 1 : 200

Pista Lado Oposto

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
✘ 0.63	✔ 0.60	✔ 0.83	✔ 13	✔ 0.44

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 35 W

1

22/04/2018

BENITO URBAN ILLI03243 ELIUM 32LED @350mA 35W 4000K T3 1xLED / BENITO URBAN - ELIUM 32LED @350mA 35W 4000K T3 (1xLED)

DIALux

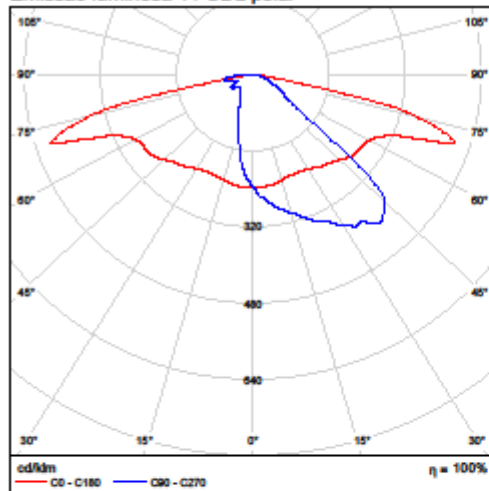
BENITO URBAN ILLI03243 ELIUM 32LED @350mA 35W 4000K T3 1xLED



Lighting fixture with 32LEDs 4000°K IRC>70 @350mA. Maximum input power of 35W. Light distribution T3. Class I. IP66. IK09. Aerodynamic design. Body in die cast aluminum. Excellent thermal dissipation. Packaging extra flat to reduce transport costs. Low surface air resistance. Quick access to the driver by screws. Fixing tube diameter 60mm both Top and Side. Possibility of inclination of 0°, 6°, 10° and 15°. Finished in grey RAL9006 body.

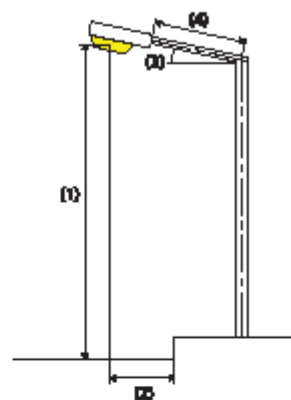
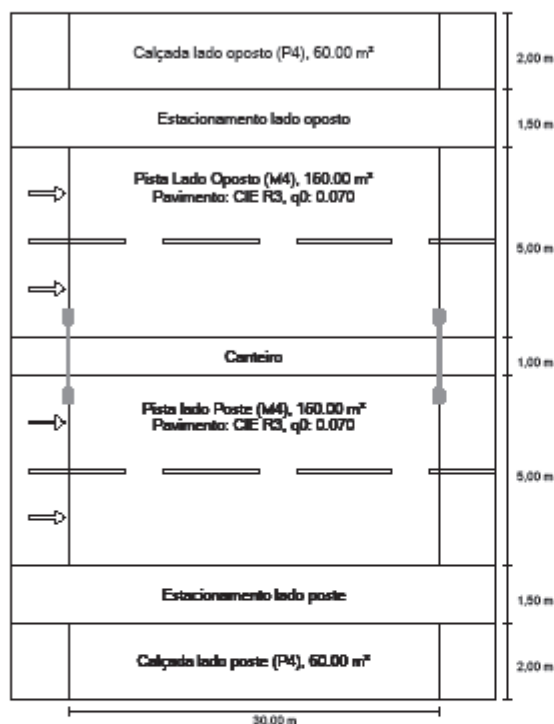
Grau de actuação operacional: 100.07%
 Fluxo luminoso de lâmpada: 4560 lm
 Fluxo luminoso da luminária: 4563 lm
 Potência: 36.0 W
 Rendimento luminoso: 130.1 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Rua são Pedro LED Benito (35+35)W em direcção EN
13201:2015

BENITO URBAN ILLI03243 ELIUM 32LED @350mA
35W 4000K T3



Lâmpada:	1xLED
Fluxo luminoso (luminária):	4663.33 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	4660.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 36.0 W
W/km:	2310.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	0.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.000 m
Altura do ponto de luz (1):	6.600 m
Pendor do ponto de luz (2):	6.600 m

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Calçada lado oposto

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 3.00	≥ 0.60
≤ 4.60	
✖ 6.91	✔ 4.99

Pista Lado Oposto

Lm [cd/m²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
✔ 0.80	✔ 0.64	✔ 0.76	✖ 23	✔ 0.91

Pista lado Poste

Lm [cd/m²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
✔ 0.80	✔ 0.64	✔ 0.76	✖ 23	✔ 0.91

ULR: 0.00

ULOR: 0.00

Valor máximo da potência luminosa

com 70°: 992 cd/klm

com 80°: 113 cd/klm

com 90°: 46.4 cd/klm

Classe de potência luminosa: G*1

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.2

Pista lado Poste

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	22.4	14.6	9.71	6.82	6.69	6.69	6.82	9.71	14.6	22.4
7.260	21.6	13.6	8.70	6.21	6.29	6.29	6.21	8.70	13.6	21.6
6.417	20.8	12.7	8.16	6.66	4.92	4.92	6.66	8.16	12.7	20.8
6.683	19.8	12.3	7.92	6.46	4.71	4.71	6.46	7.92	12.3	19.8
4.760	18.2	11.9	7.79	6.66	4.78	4.78	6.66	7.79	11.9	18.2
3.917	16.1	11.0	7.70	6.86	6.13	6.13	6.86	7.70	11.0	16.1
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.4	4.71	22.4	0.466	0.210

1

22/04/2018

DIALux

Rua São Pedro LED Berilo (35+35)W: Alternativa 11 / Pista Lado Oposto / Tabela

Pista Lado Oposto

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	16.1	11.0	7.70	5.85	5.13	5.13	5.85	7.70	11.0	16.1
13.250	18.2	11.9	7.79	5.55	4.78	4.78	5.55	7.79	11.9	18.2
12.417	19.8	12.3	7.92	5.46	4.71	4.71	5.46	7.92	12.3	19.8
11.583	20.8	12.7	8.15	5.55	4.92	4.92	5.55	8.15	12.7	20.8
10.750	21.6	13.6	8.70	6.21	5.29	5.29	6.21	8.70	13.6	21.6
9.917	22.4	14.6	9.71	6.82	5.69	5.69	6.82	9.71	14.6	22.4
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

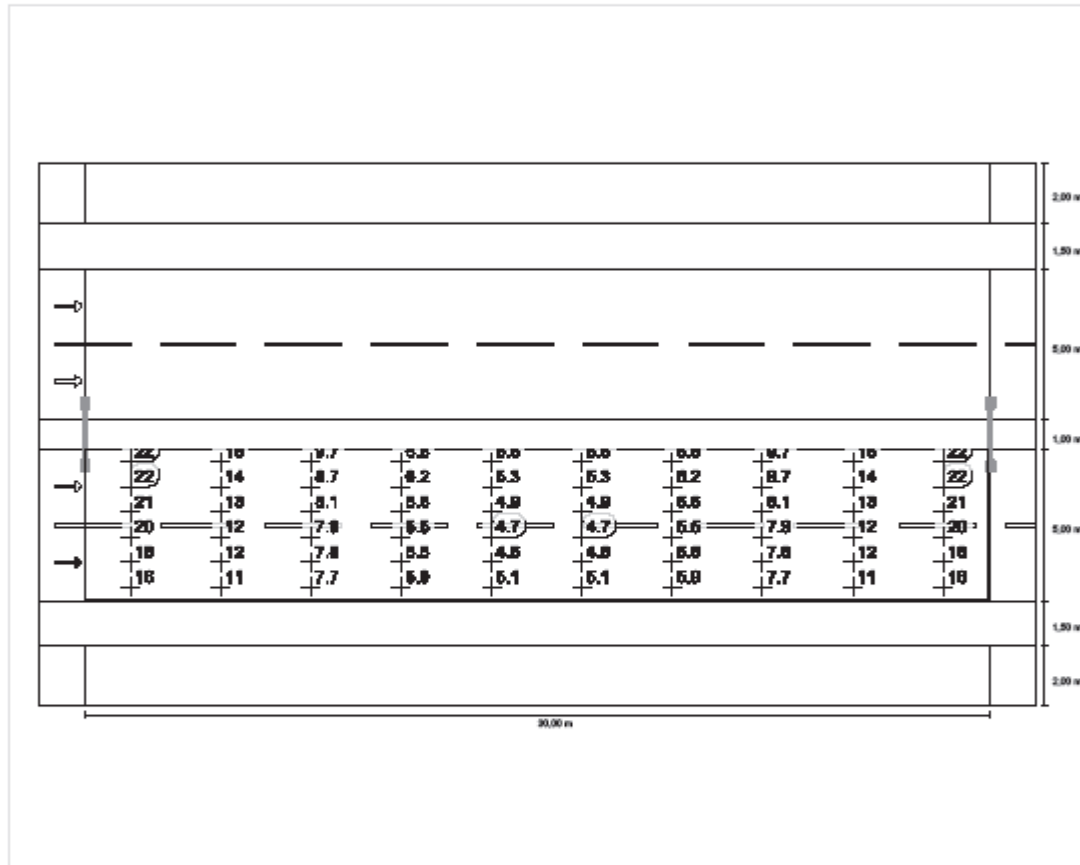
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.4	4.71	22.4	0.455	0.210

Pista lado Poste

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.36
✓ 0.80	✓ 0.64	✓ 0.76	✗ 23	✓ 0.91

Potência luminosa horizontal



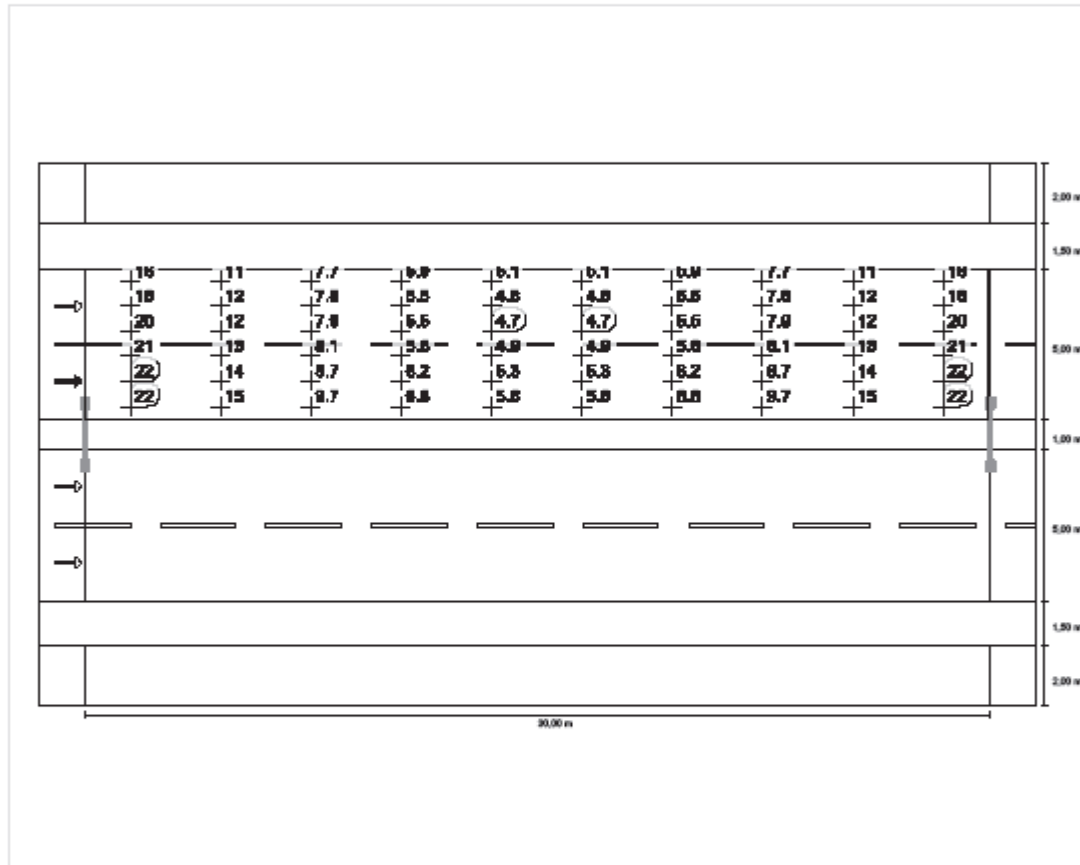
Escala: 1 : 200

Pista Lado Oposto

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 0.80	✓ 0.64	✓ 0.76	✗ 23	✓ 0.91

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

RUA SANTA CATARINA

Vapor de Sódio 250 W

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

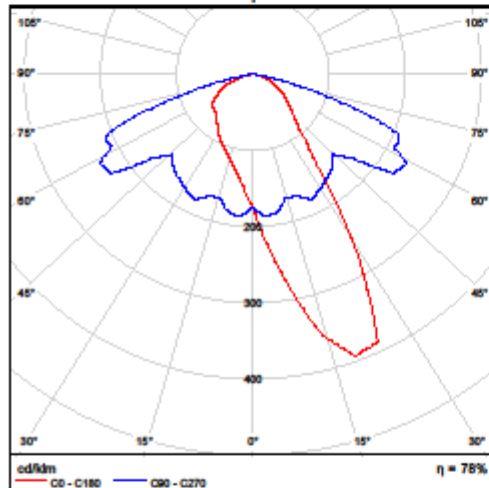
LUMEC HBS-250MH-SC2 Helios 1x(1) 250W MH ET-18 Clear / LUMEC - Helios (1x(1) 250W MH ET-18 Clear)

LUMEC HBS-250MH-SC2 Helios 1x(1) 250W MH ET-18 Clear

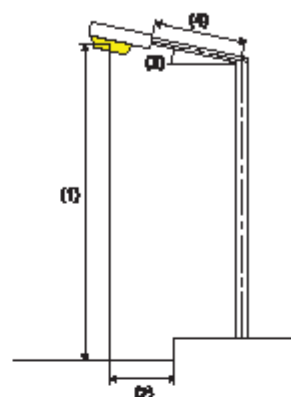
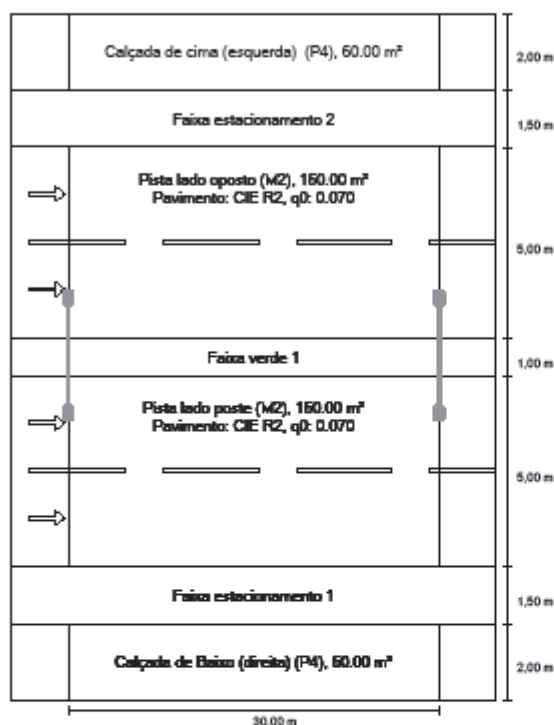
É favor escolher uma
imagem de luminária
em nosso catálogo de
luminárias.

Grau de actuação operacional: 78.36%
Fluxo luminoso de lâmpada: 20000 lm
Fluxo luminoso da luminária: 15671 lm
Potência: 258.8 W
Rendimento luminoso: 58.3 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Rua Santa Catarina Atual 6 (250W) em direcção EN 13201:2015 LUMEC HBS-250MH-SC2 Helios



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	16671.36 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	20000.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 250.0 W
W/km:	16600.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	16.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.600 m
Altura do ponto de luz (1):	7.600 m
Pendor do ponto de luz (2):	7.000 m

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Calçada de cima (esquerda) (P4)

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 17.62	✔ 3.26

Pista lado oposto (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✔ 1.48	✘ 0.22	✘ 0.12	✔ 4	✔ 0.78

Pista lado poste (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✔ 1.61	✘ 0.21	✘ 0.11	✔ 4	✔ 0.78

ULR:	0.01
ULOR:	0.00

Valor máximo da potência luminosa

com 70°:	917 cd/klm
com 80°:	836 cd/klm
com 90°:	133 cd/klm

Classe de potência luminosa: /

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.0

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

Rua Santa Catarina Atual 6 (250W): Alternativa 6 / Pista lado poste (M2) / Tabela

Pista lado poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	92.7	48.3	14.4	7.68	4.44	4.42	6.77	13.8	66.6	90.6
7.260	84.1	46.3	13.7	7.38	4.21	4.22	6.64	13.3	62.0	93.8
6.417	77.4	43.2	13.2	6.64	3.96	3.98	6.29	12.8	49.1	92.9
6.683	71.7	44.1	12.6	6.08	3.76	3.76	6.06	12.3	48.3	77.7
4.760	76.9	48.6	11.9	6.93	3.76	3.71	6.76	11.8	46.0	76.0
3.917	70.2	61.0	11.6	6.84	3.76	3.67	6.46	11.4	43.7	66.3
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
30.3	3.67	93.8	0.121	0.039

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

Rua Santa Catarina Atual 6 (250W): Alternativa 6 / Pista lado oposto (M2) / Tabela

Pista lado oposto (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	66.4	43.8	11.6	6.47	3.67	3.76	6.86	11.6	60.9	71.2
13.260	76.6	46.2	11.9	6.78	3.71	3.76	6.94	11.9	48.3	76.6
12.417	79.0	48.3	12.3	6.08	3.77	3.77	6.12	12.6	43.9	72.0
11.683	93.7	49.2	12.9	6.30	4.00	3.98	6.69	13.2	43.3	78.2
10.750	92.6	62.4	13.3	6.66	4.23	4.23	7.44	13.8	46.4	84.8
9.917	91.8	66.7	13.8	6.79	4.43	4.46	7.66	14.4	48.8	93.2
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

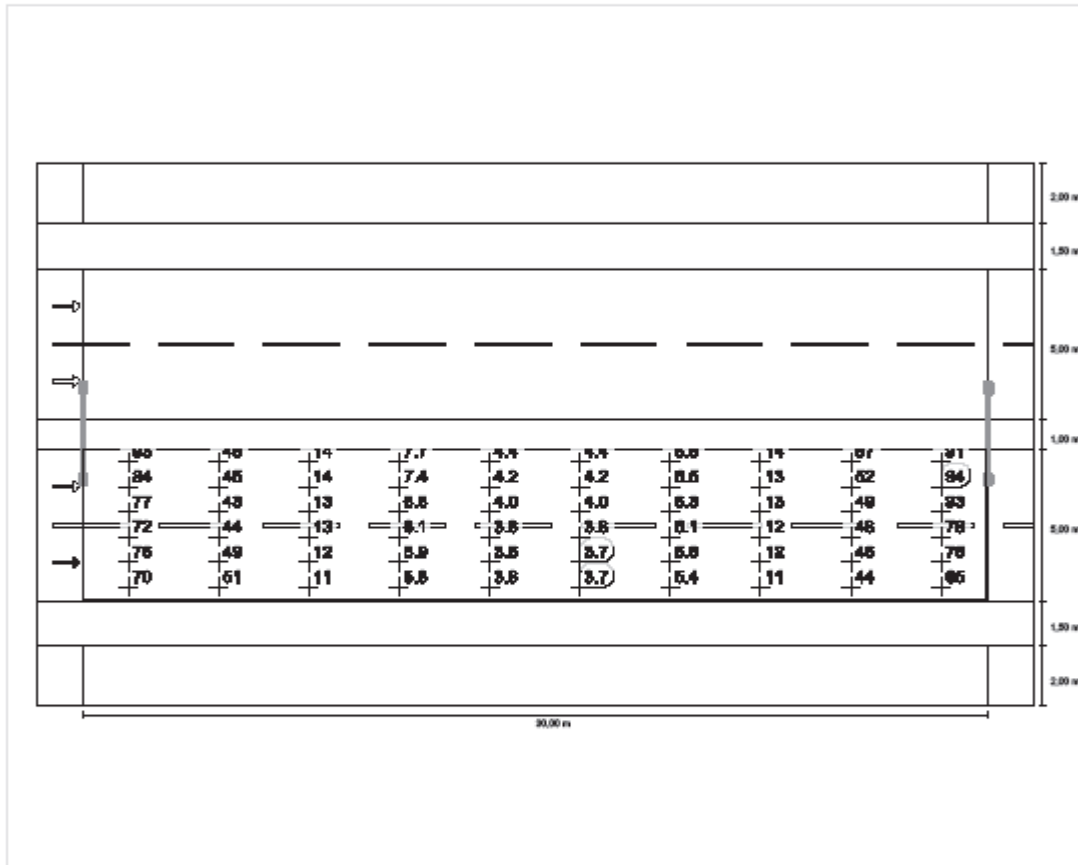
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
30.6	3.67	93.7	0.120	0.039

Pista lado poste (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 1.61	✗ 0.21	✗ 0.11	✓ 4	✓ 0.78

Potência luminosa horizontal



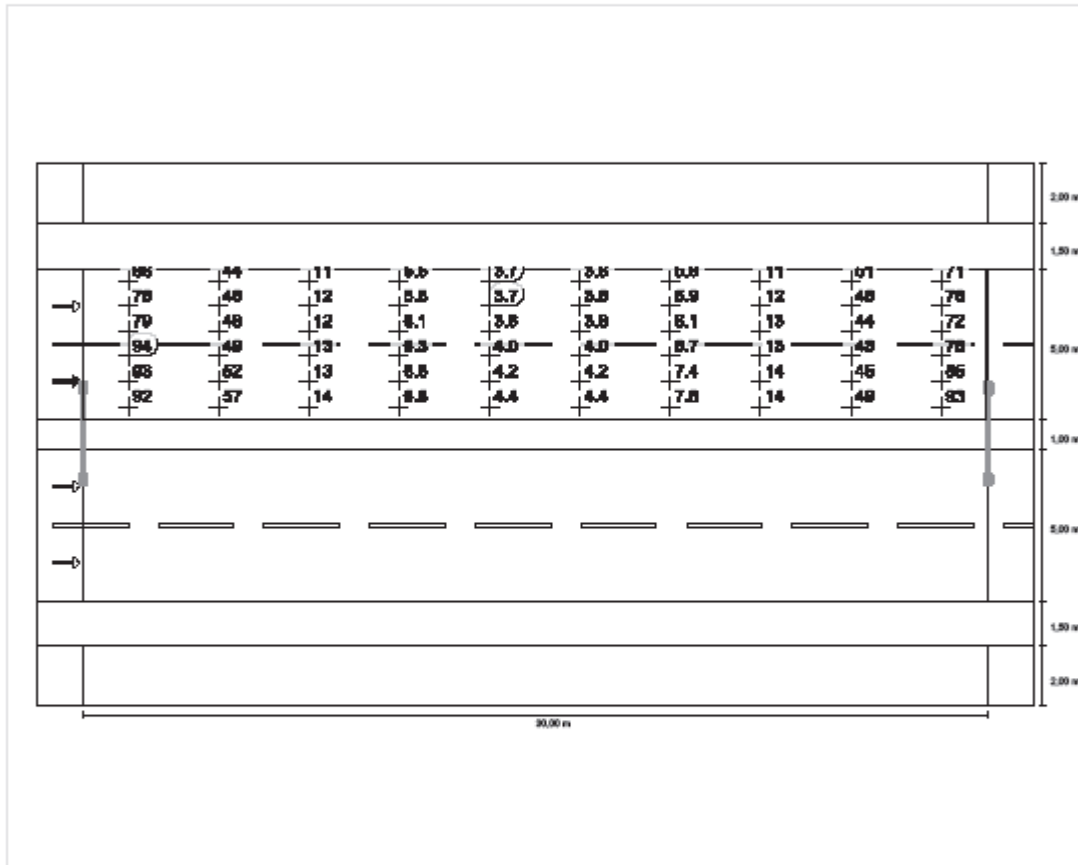
Escala: 1 : 200

Pista lado oposto (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
✓ 1.48	✗ 0.22	✗ 0.12	✓ 4	✓ 0.78

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 70 W

Rua Santa Catarina

07/06/2018

BENITO URBAN ILNE06441 NEBRASKA 64LED @350mA 70W 4000K T1 1xLED / BENITO URBAN - NEBRASKA 64LED @350mA 70W 4000K T1 (1xLED)

DIALux

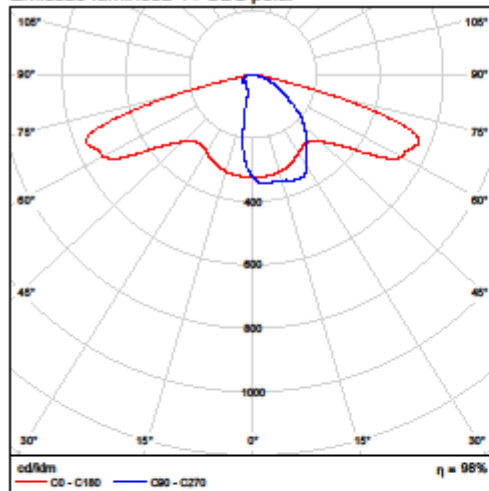
BENITO URBAN ILNE06441 NEBRASKA 64LED @350mA 70W 4000K T1 1xLED



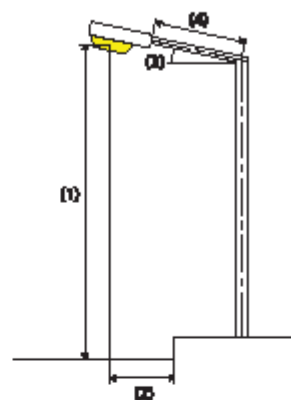
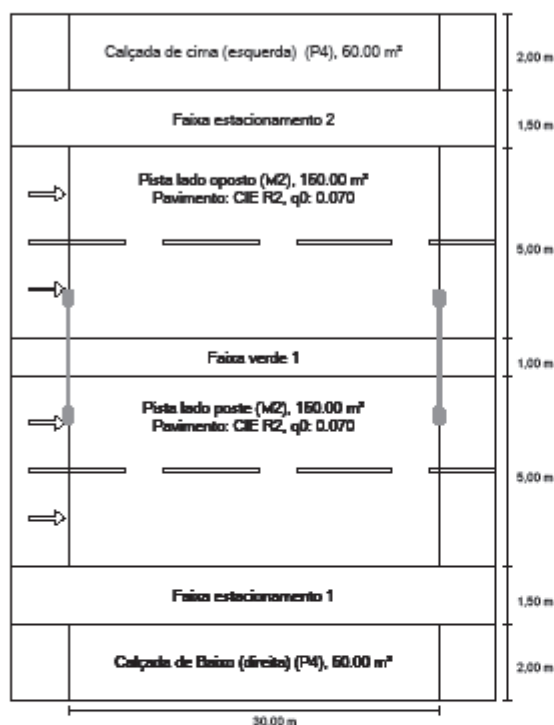
Lighting fixture with 64LEDs 4000°K IRC>70 @350mA. Maximum input power of 70W. Light distribution T1. Class I. IP66. IK09. Body and cover with aerodynamic shapes, made from injected aluminium. Hidden heat sink with Air-flow Design cooling system. Air inlets provide air circulation by means of side convection. The driver compartment is separate from the LED board for better heat insulation between them. Quick driver access at the press of a button on the cover (manual opening). No tools required. Mounted on a Ø60 tube, on both the top and side. May be tilted 0°, 5° or 10°. Top part of the body finished in black RAL9011 and lower cover in grey RAL7040.

Grau de actuação operacional: 97.98%
 Fluxo luminoso de lâmpada: 9310 lm
 Fluxo luminoso da luminária: 9122 lm
 Potência: 70.0 W
 Rendimento luminoso: 130.3 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Rua Santa Catarina LED 1 (70W) em direcção EN 13201:2015

BENITO URBAN ILNE06441 NEBRASKA 64LED
@350mA 70W 4000K T1

Lâmpada:	1xLED
Fluxo luminoso (luminária):	9121.63 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	9310.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 70.0 W
W/km:	4620.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	0.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.600 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	7.000 m

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Calçada de cima (esquerda) (P4)

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 10.41	✔ 6.81

Pista lado oposto (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✔ 1.73	✔ 0.66	✔ 0.67	✘ 23	✔ 0.69

Pista lado poste (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✔ 1.73	✔ 0.66	✔ 0.67	✘ 23	✔ 0.69

ULR:	0.01
ULOR:	0.01
Valor máximo da potência luminosa	
com 70°:	667 cd/klm
com 80°:	99.0 cd/klm
com 90°:	18.9 cd/klm
Classe de potência luminosa:	G*3

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.2

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

Rua Santa Catarina LED 1 (70W): Alternative 7 / Pista lado poste (M2) / Tabela

Pista lado poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	38.4	23.6	17.3	18.0	17.6	17.6	18.0	17.3	23.6	38.4
7.260	44.7	26.1	17.4	17.1	16.1	16.1	17.1	17.4	26.1	44.7
6.417	43.4	26.9	17.6	16.4	14.6	14.6	16.4	17.6	26.9	43.4
6.683	39.9	24.7	17.1	16.0	13.3	13.3	16.0	17.1	24.7	39.9
4.760	36.8	23.2	16.6	16.3	12.7	12.7	16.3	16.6	23.2	36.8
3.917	32.1	21.8	16.7	14.1	12.3	12.3	14.1	16.7	21.8	32.1
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
22.2	12.3	44.7	0.664	0.276

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

Rua Santa Catarina LED 1 (70W): Alternativa 7 / Pista lado oposto (M2) / Tabela

Pista lado oposto (M2)**Potência luminosa horizontal [lx]**

14.083	32.1	21.8	16.7	14.1	12.3	12.3	14.1	16.7	21.8	32.1
13.260	36.8	23.2	16.6	16.3	12.7	12.7	16.3	16.6	23.2	36.8
12.417	39.9	24.7	17.1	16.0	13.3	13.3	16.0	17.1	24.7	39.9
11.683	43.4	26.9	17.6	16.4	14.6	14.6	16.4	17.6	26.9	43.4
10.750	44.7	26.1	17.4	17.1	16.1	16.1	17.1	17.4	26.1	44.7
9.917	38.4	23.6	17.3	18.0	17.6	17.6	18.0	17.3	23.6	38.4
m	1.500	4.500	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

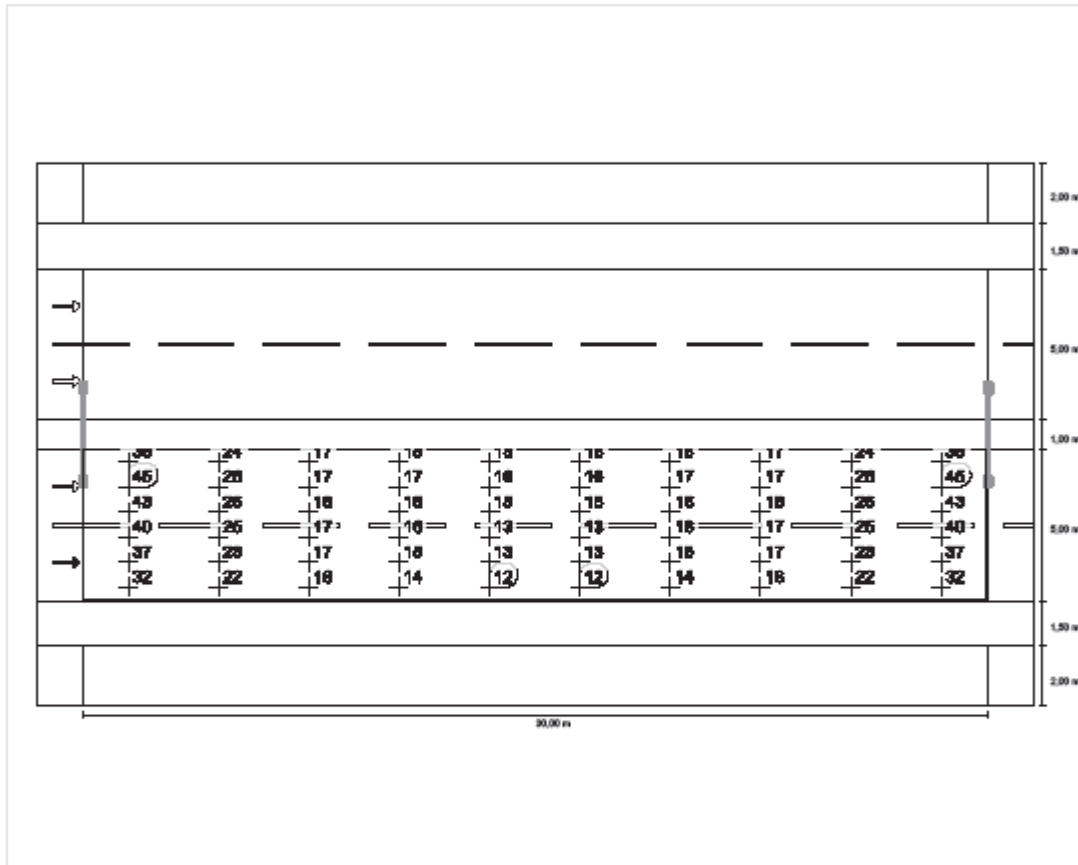
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
22.2	12.3	44.7	0.664	0.276

Pista lado poste (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 1.73	✓ 0.66	✓ 0.67	✗ 23	✓ 0.69

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

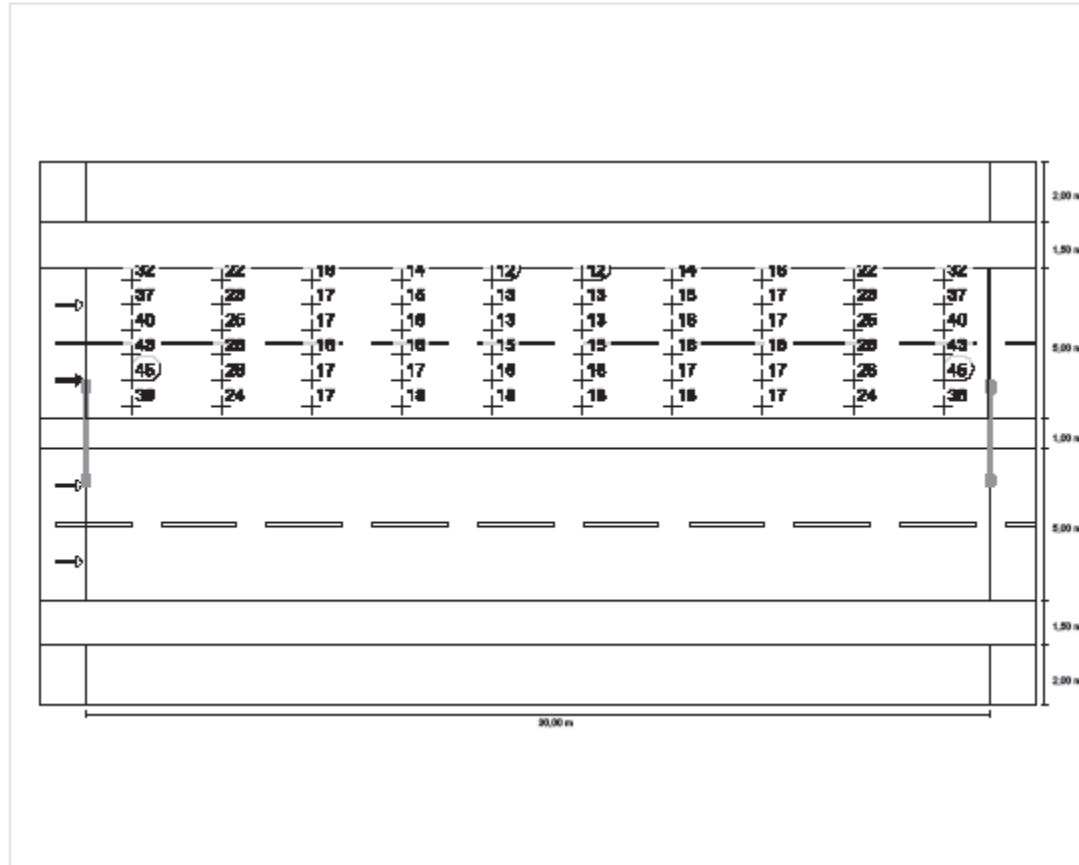
Rua Santa Catarina LED 1 (70W): Alternativa 7 / Pista lado oposto (M2) / Gráfico de valores

Pista lado oposto (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 1.73	✓ 0.66	✓ 0.67	✗ 23	✓ 0.69

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

RUA 30 DE OUTUBRO

Vapor de Sódio 250 W

Rua Santa Catarina

07/06/2018

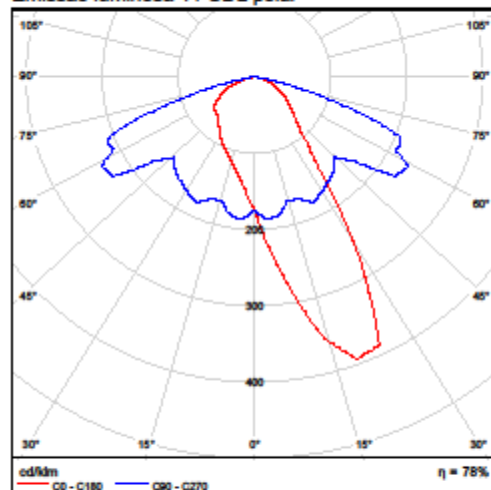
DIALux

LUMEC HBS-250MH-SC2 Helios 1x(1) 250W MH ET-18 Clear / LUMEC - Helios (1x(1) 250W MH ET-18 Clear)

LUMEC HBS-250MH-SC2 Helios 1x(1) 250W MH ET-18 Clear

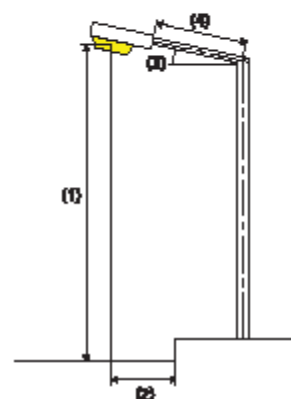
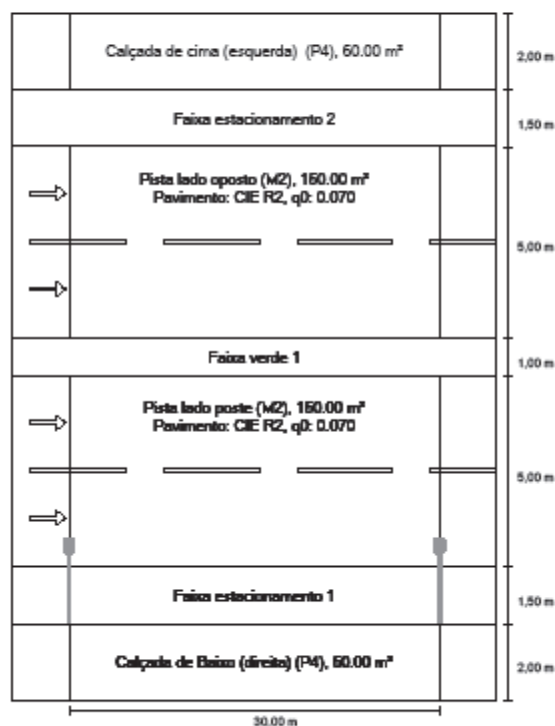
É favor escolher uma imagem de luminária em nosso catálogo de luminárias.

Grau de actuação operacional: 78.36%
 Fluxo luminoso de lâmpada: 20000 lm
 Fluxo luminoso da luminária: 15671 lm
 Potência: 258.8 W
 Rendimento luminoso: 68.3 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar

Rua 30 de Outubro 1 (250W) em direcção EN 13201:2015

LUMEC HBS-250MH-SC2 Helios



Lâmpada:	1x(1) 250W MH ET-18 Clear
Fluxo luminoso (luminária):	16671.36 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	20000.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 268.8 W
W/km:	8871.4
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	10.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.000 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	0.600 m

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Calçada de cima (esquerda) (P4)

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 4.67	✔ 1.46

Pista lado oposto (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	Tl [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✘ 0.42	✘ 0.31	✘ 0.16	✔ 6	✔ 0.74

Pista lado poste (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	Tl [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✔ 0.83	✘ 0.23	✘ 0.09	✔ 4	✔ 0.76

ULR:	0.00
ULOR:	0.00

Valor máximo da potência luminosa

com 70°:	938 cd/klm
com 80°:	473 cd/klm
com 90°:	28.4 cd/klm

Classe de potência luminosa: /

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.0

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

Rua Santa Catarina Atual 1 (250W): Alternativa 1 / Pista lado poste (M4) / Tabela

Pista lado poste (M4)

Potência luminosa horizontal [lx]

8.083	94.3	84.9	68.7	49.3	36.7	36.7	49.3	68.7	84.9	94.3
7.260	109	82.3	63.2	46.6	36.1	36.1	46.6	63.2	82.3	109
6.417	104	79.2	61.7	43.6	34.2	34.2	43.6	61.7	79.2	104
6.683	107	71.6	46.3	37.6	31.7	31.7	37.6	46.3	71.6	107
4.760	92.4	60.7	40.6	33.4	28.6	28.6	33.4	40.6	60.7	92.4
3.917	63.1	48.0	34.7	29.7	26.8	26.8	29.7	34.7	48.0	63.1
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
67.1	26.8	109	0.461	0.237

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

Rua Santa Catarina Atual 1 (250W): Alternativa 1 / Pista lado oposto (M4) / Tabela

Pista lado oposto (M4)

Potência luminosa horizontal [lx]

14.083	64.6	48.7	36.0	29.9	25.9	25.9	29.9	36.0	48.7	64.6
13.260	93.9	61.6	40.8	33.6	28.8	28.8	33.6	40.8	61.6	93.9
12.417	107	72.1	46.6	37.8	31.8	31.8	37.8	46.6	72.1	107
11.683	106	79.4	51.8	43.6	34.3	34.3	43.6	51.8	79.4	106
10.750	108	82.6	53.3	46.7	36.2	36.2	46.7	53.3	82.6	108
9.917	94.2	84.9	69.0	49.4	36.7	36.7	49.4	69.0	84.9	94.2
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
67.4	25.9	108	0.462	0.241

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

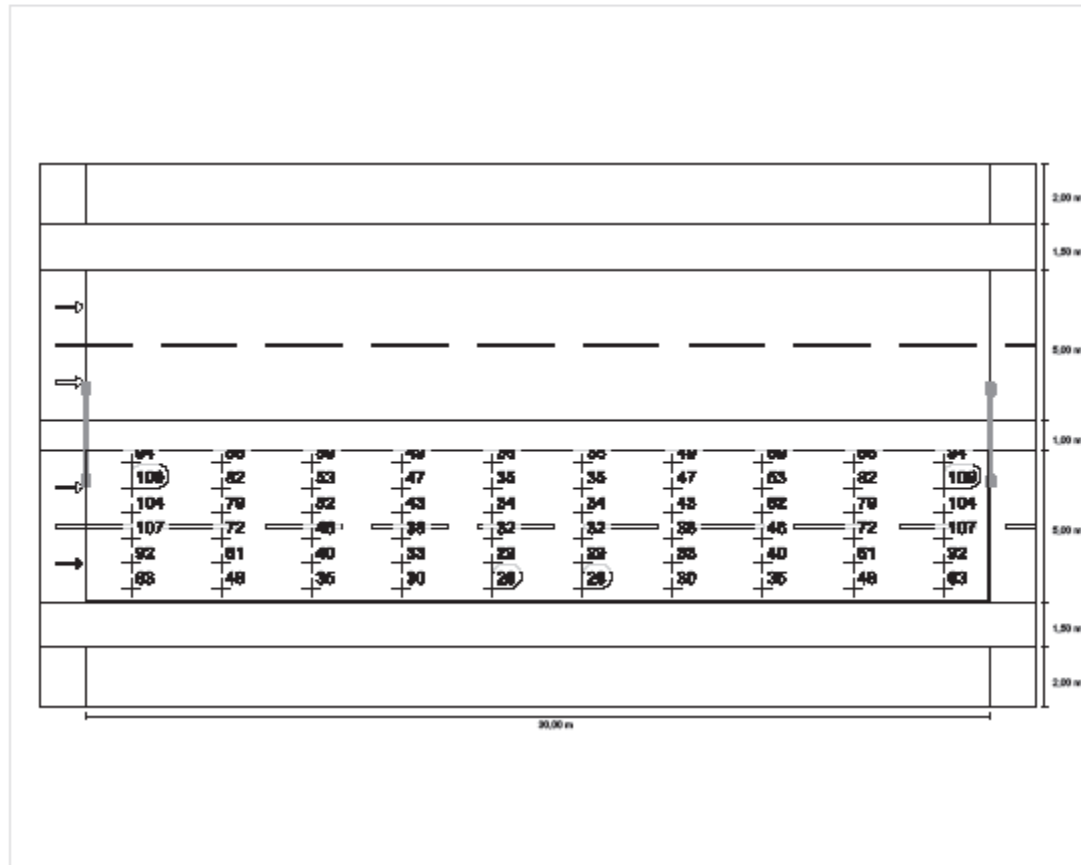
Rua Santa Catarina Atual 1 (250W): Alternativa 1 / Pista lado poste (M4) / Gráfico de valores

Pista lado poste (M4)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 3.82	✓ 0.48	✗ 0.45	-	✓ 0.62

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

Rua Santa Catarina

07/06/2018

DIALux

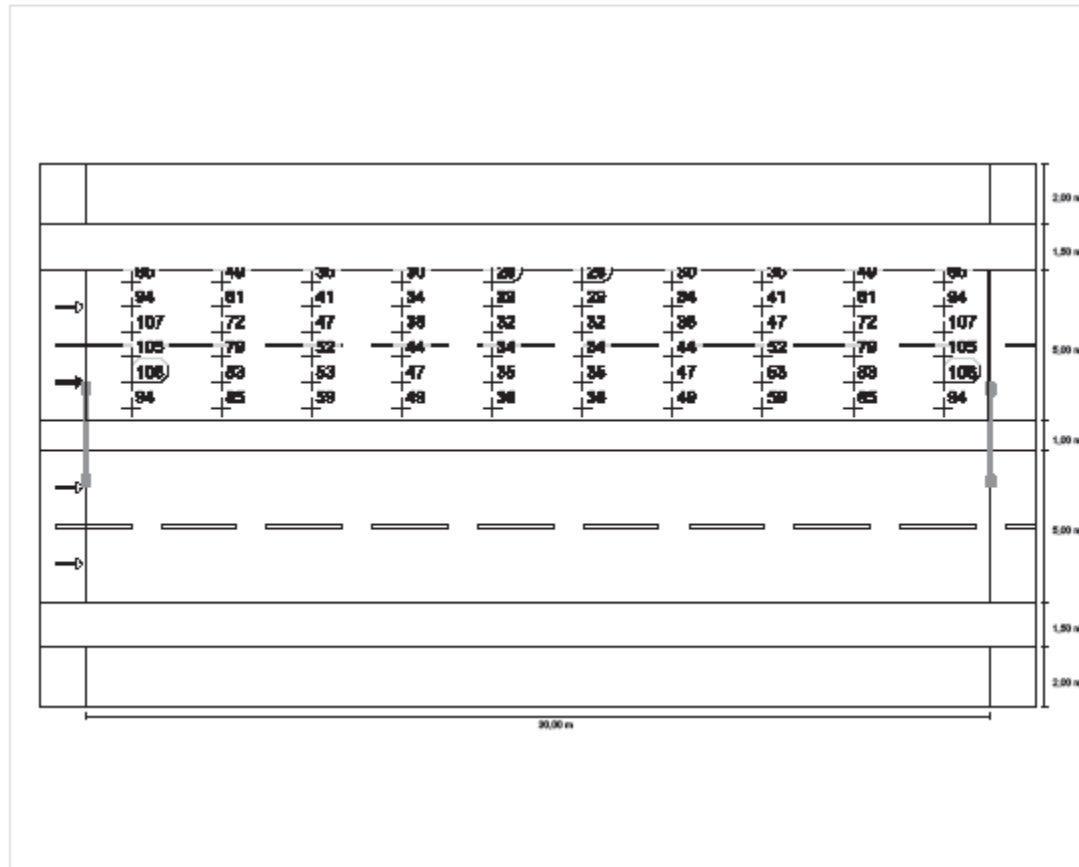
Rua Santa Catarina Atual 1 (250W): Alternativa 1 / Pista lado oposto (M4) / Gráfico de valores

Pista lado oposto (M4)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
✓ 3.84	✓ 0.48	✗ 0.46	-	✓ 0.62

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 75 W – As projeções para essa rua são as mesmas que para as Ruas São Pedro, Sete de Setembro e Primeiro de Maio.

LED 35 W – As projeções para essa rua são as mesmas que para as Ruas São Pedro, Sete de Setembro e Primeiro de Maio.

AVENIDA RIO GRANDE DO SUL

Vapor Metálico 250 W

Av. Rio Grande do Sul

08/06/2018

DIALUX

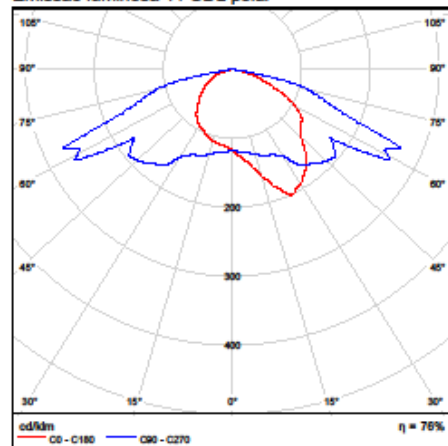
LUMEC CPLM-250MH-TH3F Capella 1x(1) 250 MH ET-18 / LUMEC - Capella (1x(1) 250 MH ET-18)

LUMEC CPLM-250MH-TH3F Capella 1x(1) 250 MH ET-18

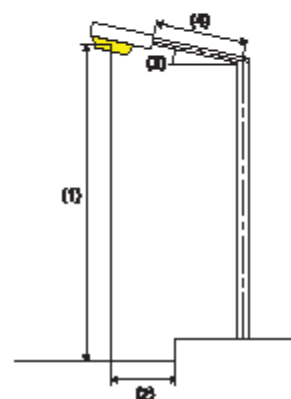
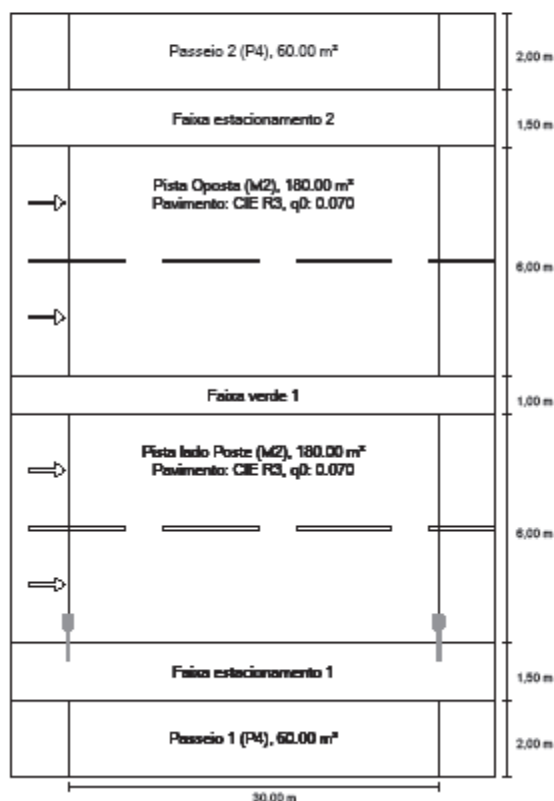
É favor escolher uma imagem de luminária em nosso catálogo de luminárias.

Grau de actuação operacional: 76.96%
 Fluxo luminoso de lâmpada: 20000 lm
 Fluxo luminoso da luminária: 15190 lm
 Potência: 272.2 W
 Rendimento luminoso: 66.8 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Av. Rio Grande do Sul Atual 2 (250W) Metálico em direcção EN LUMEC CPLM-250MH-TH3F Capella
13201:2015



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	16190.20 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	20000.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 250.0 W
W/km:	8250.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	16.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.000 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	0.600 m

ULR:	0.01
ULOR:	0.00

Valor máximo da potência luminosa

com 70°:	616 cd/klm
com 80°:	696 cd/klm
com 90°:	236 cd/klm

Classe de potência luminosa: /

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.0

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Passeio 1 (P4)

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 3.81	✔ 2.26

Pista Oposta (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	Tl [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✘ 0.29	✔ 0.61	✘ 0.36	✔ 4	✔ 0.72

Av. Rio Grande do Sul

08/06/2018

DIALux

Av. Rio Grande do Sul Abul 2 (250W) Metálico: Alternativa 5 / Pista lado Poste (M2) / Tabela

Pista lado Poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	22.9	23.1	10.6	6.33	3.20	2.64	3.36	6.37	12.1	17.6
8.000	26.2	26.1	10.9	6.39	3.13	2.40	3.23	6.27	13.1	20.2
7.000	28.6	27.0	11.6	6.46	3.01	2.26	3.00	6.12	13.7	22.8
6.000	33.3	28.7	11.6	6.76	3.01	2.12	2.86	6.94	14.2	25.1
5.000	36.7	30.9	12.1	6.64	2.92	2.14	2.92	6.28	16.6	28.0
4.000	41.2	32.9	12.2	6.69	2.86	2.21	3.16	6.82	16.9	30.1
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
12.9	2.12	41.2	0.164	0.061

Av. Rio Grande do Sul

08/06/2018

DIALux

Av. Rio Grande do Sul Abat 2 (250W) Metálico: Alternativa 5 / Pista Oposta (M2) / Tabela

Pista Oposta (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

16.000	6.47	8.32	8.26	6.88	3.82	2.87	2.88	3.74	6.10	6.82
15.000	7.69	9.38	9.26	6.17	3.92	2.91	3.04	4.24	6.03	7.86
14.000	9.20	11.2	10.6	6.21	3.93	2.89	3.22	4.76	7.01	9.06
13.000	11.0	13.8	10.9	6.11	3.88	2.86	3.36	5.19	7.99	10.3
12.000	13.1	16.4	10.6	6.90	3.78	2.80	3.44	5.64	9.06	11.4
11.000	16.4	18.8	10.3	6.62	3.61	2.71	3.46	6.86	10.1	13.0
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

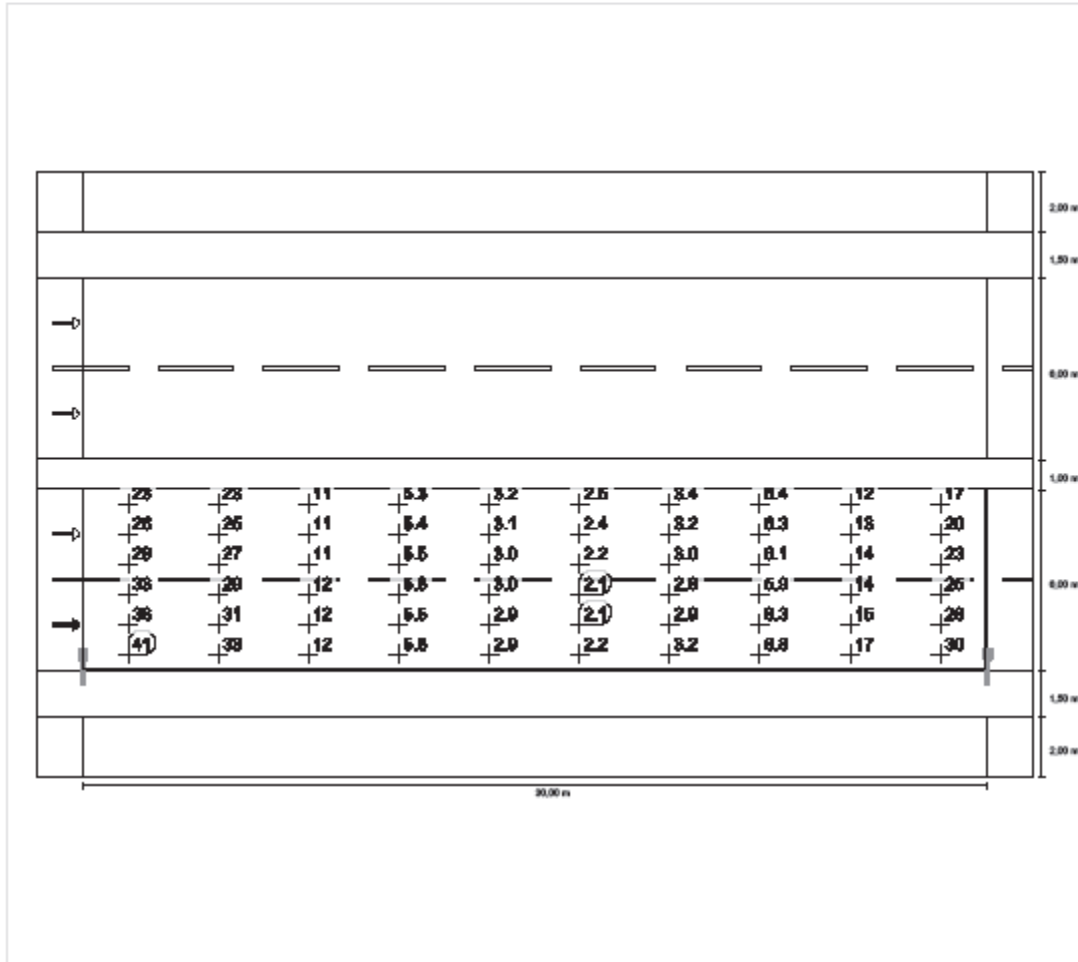
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
7.16	2.71	18.8	0.379	0.144

Pista lado Poste (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✘ 0.64	✘ 0.36	✘ 0.29	✔ 4	✔ 0.78

Potência luminosa horizontal



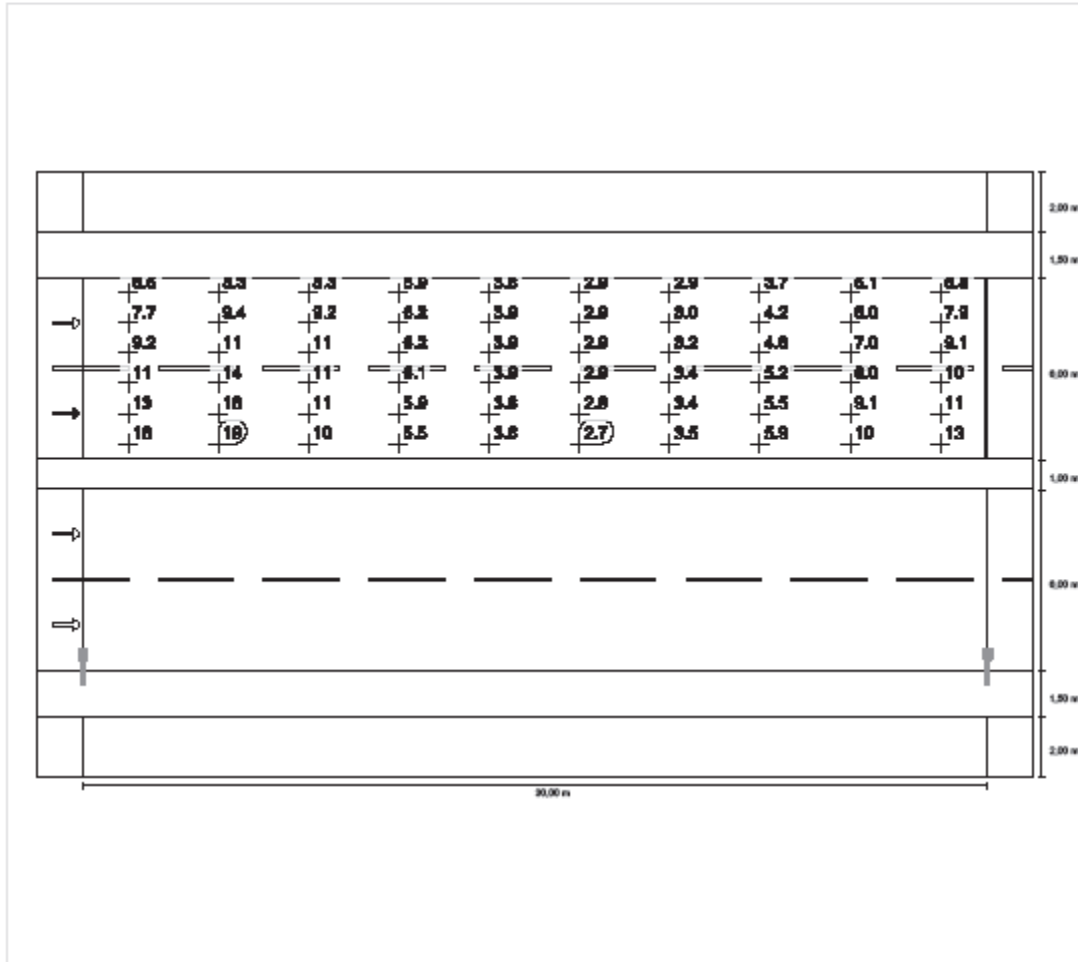
Escala: 1 : 200

Pista Oposta (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 0.76	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 16	≥ 0.30
✘ 0.29	✔ 0.61	✘ 0.36	✔ 4	✔ 0.72

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 140 W

Av. Rio Grande do Sul

08/06/2018

BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. 140W-925mA-4000K MAGNUM 25 1xLED / BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. - MAGNUM 25 (1xLED)

DIALux

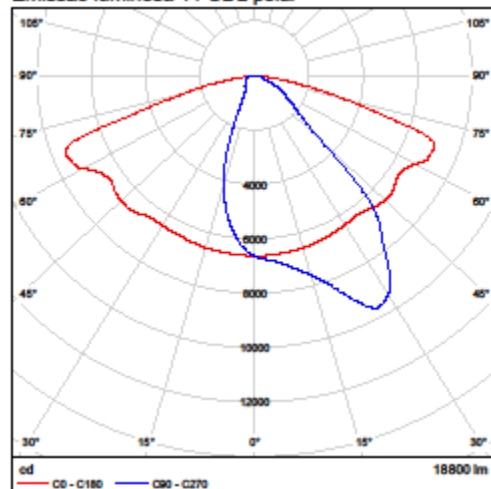
BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. 140W-925mA-4000K MAGNUM 25 1xLED



Housing :Die-cast aluminium
 Diffuser :Clear tempered 4mm glass
 Rotation :Vertical 0° / 10° / 16° / 75° / 85°
 Control Gear :Built-in electronic driver
 Reflector :Asymmetric - elliptical LED optics
 Watt :Max 220W
 IP :66
 IK :10
 Weight :10.40 kg
 • Reflector replacement with tools
 • LED replacement with tools
 Colors :
 -7022 Anthracite

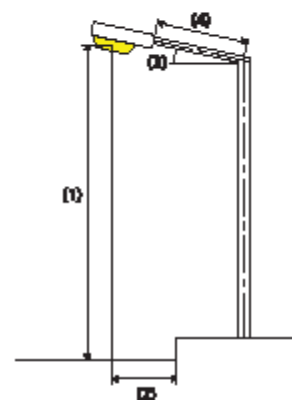
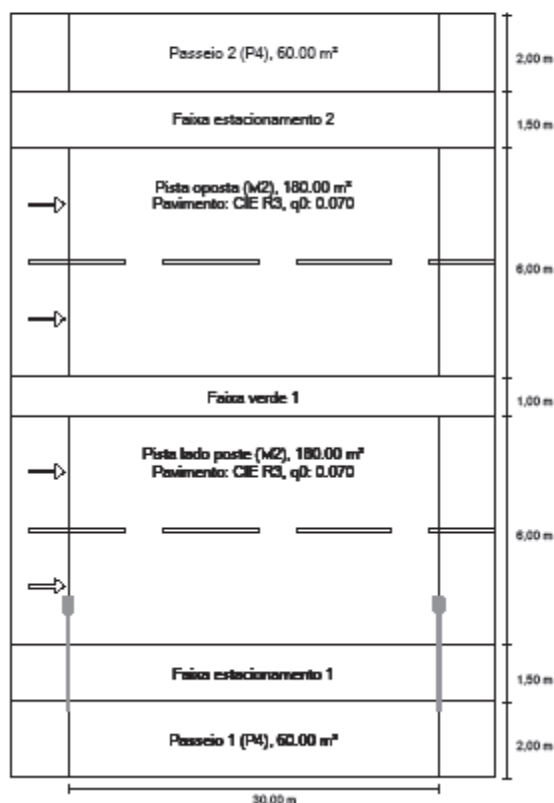
Fotometria absoluta
 Fluxo luminoso da luminária: 18800 lm
 Potência: 140.0 W
 Rendimento luminoso: 134.3 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Av. Rio Grande do Sul LED 1 (140W) em direcção EN
13201:2015

BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. 140W-925mA-
4000K MAGNUM 25



Lâmpada:	1xLED
Fluxo luminoso (luminária):	18802.65 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	18800.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 140.0 W
W/km:	4620.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	7.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.400 m
Altura do ponto de luz (1):	9.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.000 m

ULR: 0.00

ULOR: 0.00

Valor máximo da potência luminosa

com 70°: 637 cd/klm

com 80°: 191 cd/klm

com 90°: 9.64 cd/klm

Classe de potência luminosa: G*1

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente

instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.0

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Passeio 1 (P4)

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✘ 3.49	✔ 2.62

Pista oposta (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✔ 0.98	✔ 0.46	✔ 0.78	✔ 12	✔ 0.36

Av. Rio Grande do Sul

08/06/2018

DIALux

Av. Rio Grande do Sul LED 1 (140W) : Alternativa 7 / Pista lado poste (M2) / Tabela

Pista lado poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	48.9	38.8	29.3	23.9	19.6	19.4	24.1	29.2	38.3	48.7
8.000	50.2	39.2	28.2	22.7	18.7	18.7	22.8	28.2	38.8	50.0
7.000	51.8	39.9	28.3	21.6	17.6	17.6	21.6	28.4	39.8	51.6
6.000	53.2	40.4	27.7	20.3	16.3	16.2	20.3	28.0	40.4	52.8
5.000	50.9	38.1	25.0	17.6	14.1	14.0	17.6	25.6	38.4	51.1
4.000	43.3	30.9	19.8	13.8	11.2	11.3	14.0	20.3	31.1	43.2
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
30.0	11.2	63.2	0.374	0.211

Av. Rio Grande do Sul

08/06/2018

DIALux

Av. Rio Grande do Sul LED 1 (140W) : Alternativa 7 / Pista oposta (M2) / Tabela

Pista oposta (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

16.000	11.4	10.2	9.70	9.23	9.33	9.18	9.31	9.64	10.1	11.4
15.000	17.6	16.6	13.7	12.6	11.9	11.8	12.6	13.7	15.6	17.6
14.000	22.6	20.7	17.9	16.7	14.2	14.1	16.6	17.9	20.7	22.6
13.000	29.2	26.6	22.2	18.4	16.1	16.0	18.3	22.0	26.6	29.2
12.000	37.6	33.0	26.8	21.0	17.7	17.6	20.8	26.3	32.6	37.4
11.000	46.0	38.6	29.2	22.7	19.0	18.9	22.6	28.9	38.1	44.7
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

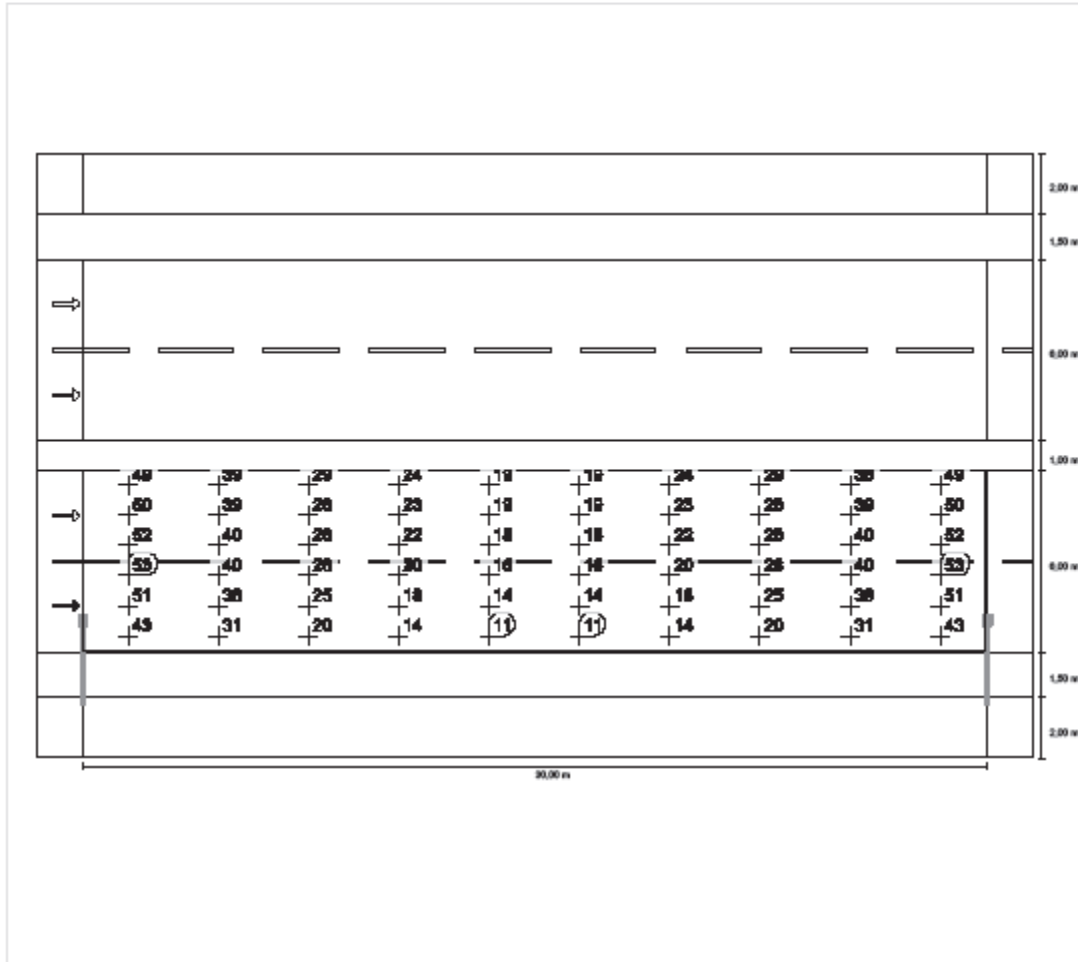
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.4	9.18	46.0	0.449	0.204

Pista lado poste (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 1.93	✓ 0.74	✓ 0.88	✓ 11	✓ 0.36

Potência luminosa horizontal



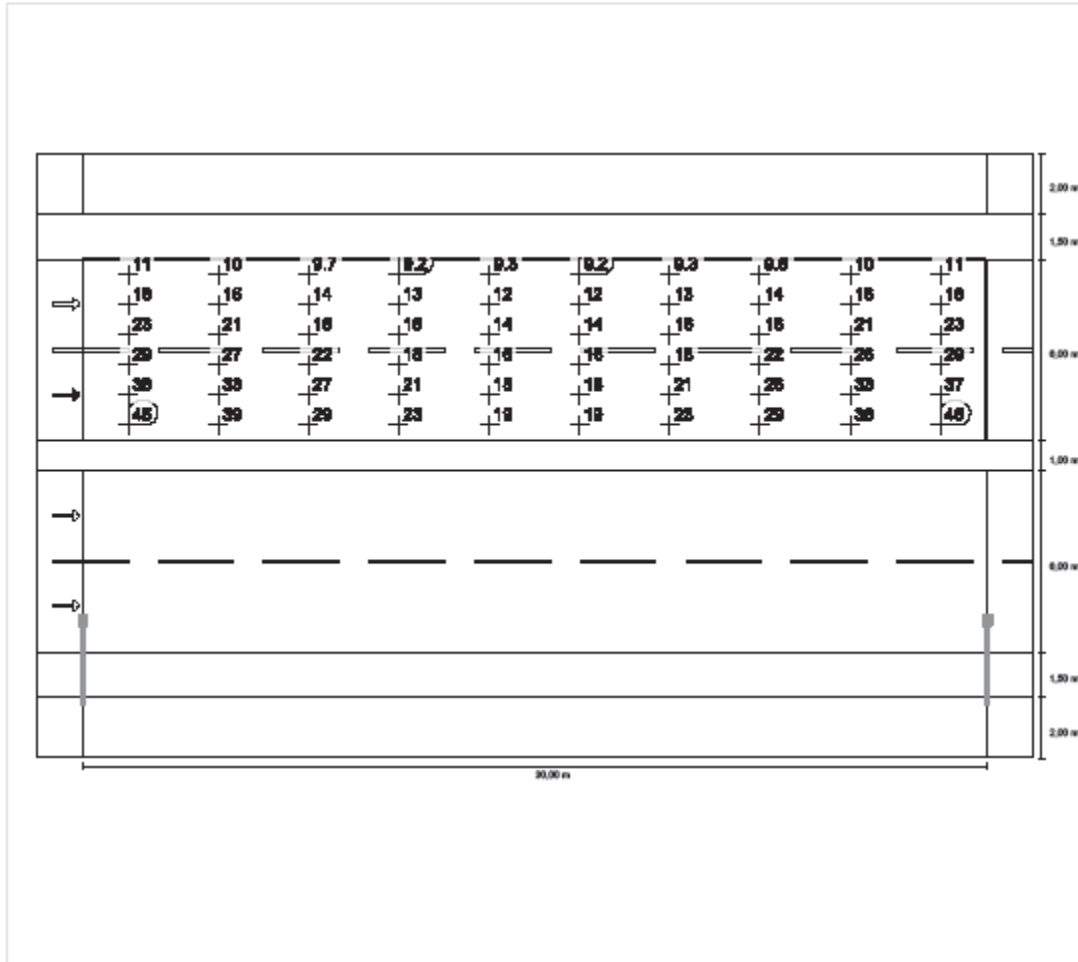
Escala: 1 : 200

Pista oposta (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 0.98	✓ 0.46	✓ 0.78	✓ 12	✓ 0.36

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 70 W

Av. Rio Grande do Sul

08/06/2018

BENITO URBAN ILLI06433 ELIUM PROJECTOR 64LED @350mA 70W 3000K T3 1xLED / BENITO URBAN - ELIUM PROJECTOR
64LED @350mA 70W 3000K T3 (1xLED)

DIALux

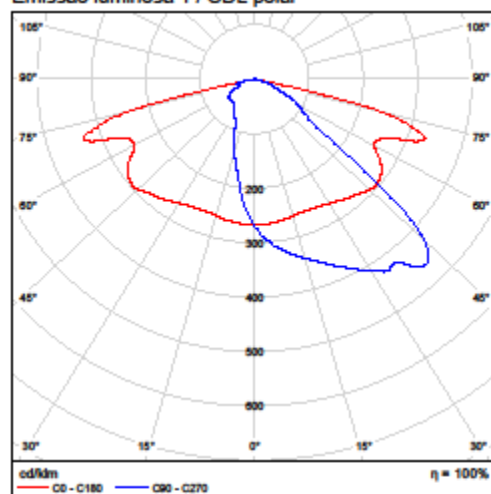
BENITO URBAN ILLI06433 ELIUM PROJECTOR 64LED @350mA 70W 3000K T3 1xLED



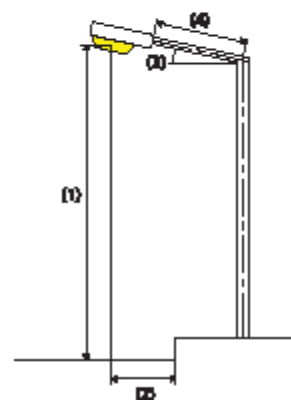
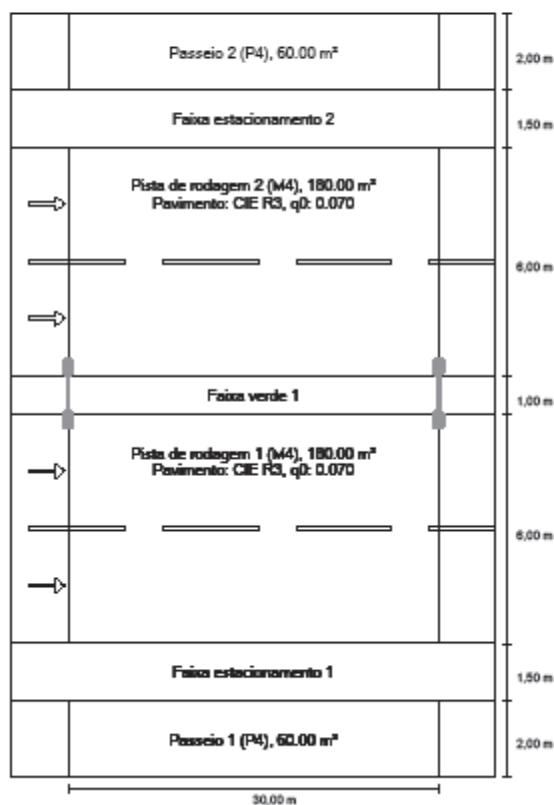
Lighting fixture with 64LEDs 3000°K IRC>70 @350mA. Maximum input power of 70W. Light distribution T3. Class I. IP66. IK09. Aerodynamic design. Body in die cast aluminum. Excellent thermal dissipation. Packaging extra flat to reduce transport costs. Low surface air resistance. Quick access to the driver by screws. Steel mounting plate. Finished in gray RAL9006 body.

Grau de actuação operacional: 100%
Fluxo luminoso de lâmpada: 8281 lm
Fluxo luminoso da luminária: 8281 lm
Potência: 70.0 W
Rendimento luminoso: 118.3 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Av. Rio Grande do Sul LED 3 (70W) em direcção EN 13201:2015 BENITO URBAN ILLI06433 ELIUM PROYECTOR
64LED @350mA 70W 3000K T3



Lâmpada:	1xLED
Fluxo luminoso (luminária):	8280.79 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	8281.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 70.0 W
W/km:	4620.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	0.0°
Comprimento braço extensor (4):	0.650 m
Altura do ponto de luz (1):	6.600 m
Pendor do ponto de luz (2):	7.200 m

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Passeio 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.79	✓ 3.86

Pista de rodagem 2 (M4)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 1.26	✓ 0.63	✓ 0.76	✗ 18	✓ 0.63

Pista de rodagem 1 (M4)

Lm [cd/m²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 1.24	✓ 0.63	✓ 0.76	✗ 18	✓ 0.61

ULR: 0.00

ULOR: 0.00

Valor máximo da potência luminosa

com 70°: 733 cd/klm

com 80°: 34.1 cd/klm

com 90°: 0.00 cd/klm

Classe de potência luminosa: G*3

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6

Av. Rio Grande do Sul

08/06/2018

DIALux

Av. Rio Grande do Sul LED 3 (70W) : Alternativa 10 / Pista de rodagem 1 (M4) / Tabela

Pista de rodagem 1 (M4)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	60.6	32.3	19.6	11.2	8.62	8.62	11.2	19.6	32.3	60.6
8.000	46.1	28.2	17.6	10.6	8.68	8.68	10.6	17.6	28.2	46.1
7.000	41.8	26.2	16.9	10.1	8.62	8.62	10.1	16.9	26.2	41.8
6.000	37.1	23.9	14.9	10.3	8.66	8.66	10.3	14.9	23.9	37.1
5.000	32.2	21.6	14.7	11.0	8.97	8.97	11.0	14.7	21.6	32.2
4.000	27.9	20.6	14.4	11.7	9.28	9.28	11.7	14.4	20.6	27.9
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	25.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.1	8.62	60.6	0.424	0.169

Av. Rio Grande do Sul

08/06/2018

DIALux

Av. Rio Grande do Sul LED 3 (70W) : Alternativa 10 / Pista de rodagem 2 (M4) / Tabela

Pista de rodagem 2 (M4)

Potência luminosa horizontal [lx]

16.000	28.1	20.7	14.6	11.6	9.26	9.26	11.6	14.6	20.7	28.1
15.000	32.6	21.8	14.7	10.9	8.92	8.92	10.9	14.7	21.8	32.6
14.000	37.6	24.1	14.9	10.2	8.66	8.66	10.2	14.9	24.1	37.6
13.000	42.3	26.4	16.0	10.1	8.62	8.62	10.1	16.0	26.4	42.3
12.000	46.6	28.4	17.8	10.6	8.68	8.68	10.6	17.8	28.4	46.6
11.000	60.8	32.7	19.7	11.3	8.62	8.62	11.3	19.7	32.7	60.8
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

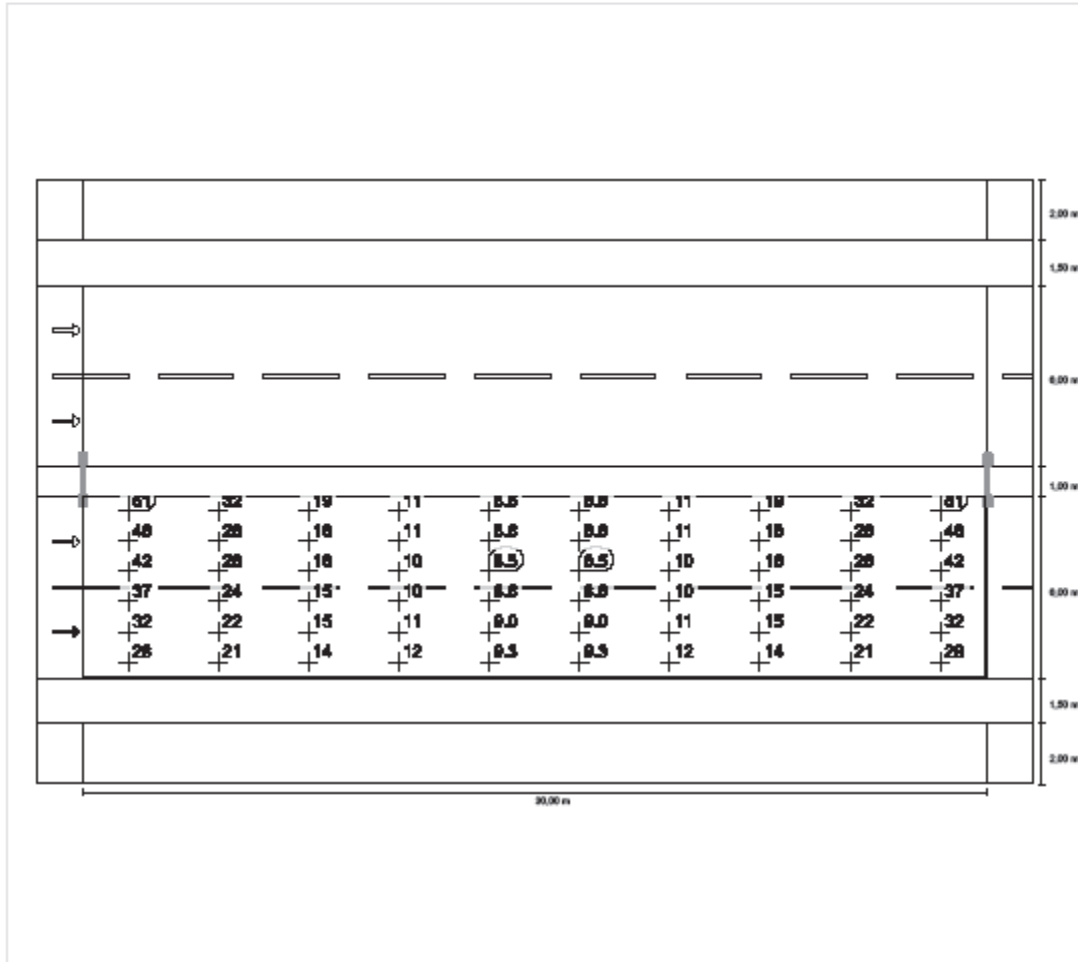
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.2	8.62	60.8	0.421	0.168

Pista de rodagem 1 (M4)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 1.24	✓ 0.63	✓ 0.75	✗ 18	✓ 0.61

Potência luminosa horizontal



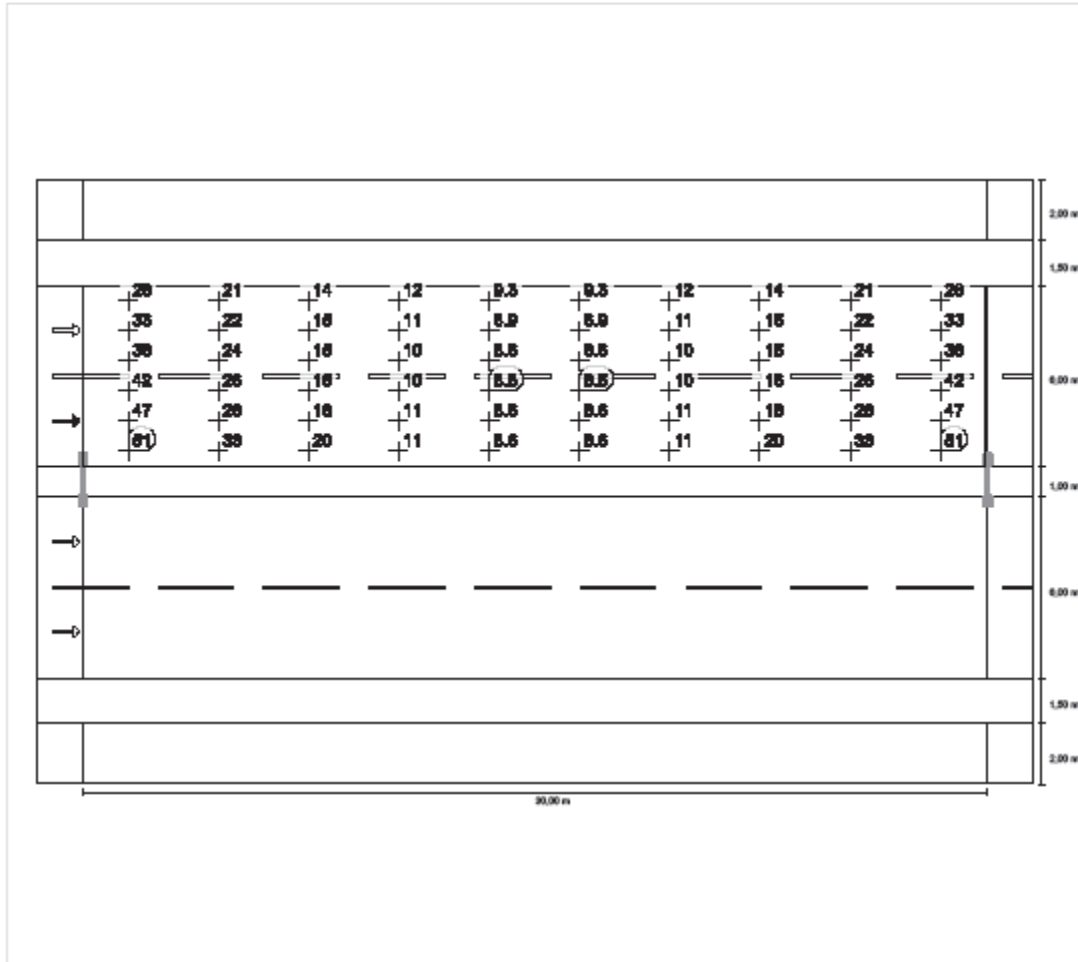
Escala: 1 : 200

Pista de rodagem 2 (M4)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.76	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 16	EIR ≥ 0.30
✓ 1.26	✓ 0.63	✓ 0.75	✗ 18	✓ 0.63

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

AVENIDA DARCY SARMANHO VARGAS

Vapor de Sódio 150 W

Rua 7 de Setembro

08/06/2018

Saudi Lighting 7429/5-150QP.CL.SA Post Side or Post Top Mounted Collector Road Semi Cut-off Outdoor Luminaire 1xSON-T 150W/220 E40 1SL / Saudi Lighting - Post Side or Post Top Mounted Collector Road Semi Cut-off Outdoor Luminaire (1xSON-T 150W/220 E40 1SL)

DIALux

Saudi Lighting 7429/5-150QP.CL.SA Post Side or Post Top Mounted Collector Road Semi Cut-off Outdoor Luminaire 1xSON-T 150W/220 E40 1SL



Post Side or Post Top Mounted Collector Road Semi Cut-off Outdoor Luminaire

7429 - Product Number

6-160 - 1x 160W High Pressure Sodium Tubular Lamp

QP - 220-240V/60-60Hz Reactor Ballast

CL - Clear vacuum formed polycarbonate bowl diffuser

SA - Symmetrical formed aluminum reflector semi specular finish

Grau de actuação operacional: 83.63%

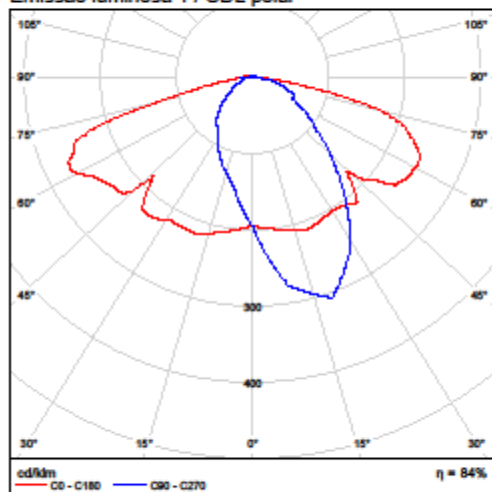
Fluxo luminoso de lâmpada: 16000 lm

Fluxo luminoso da luminária: 12630 lm

Potência: 176.0 W

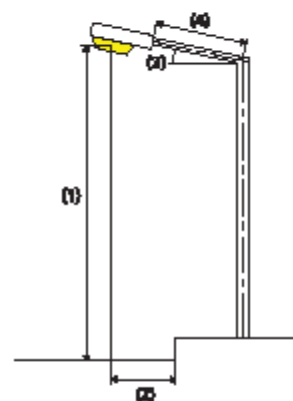
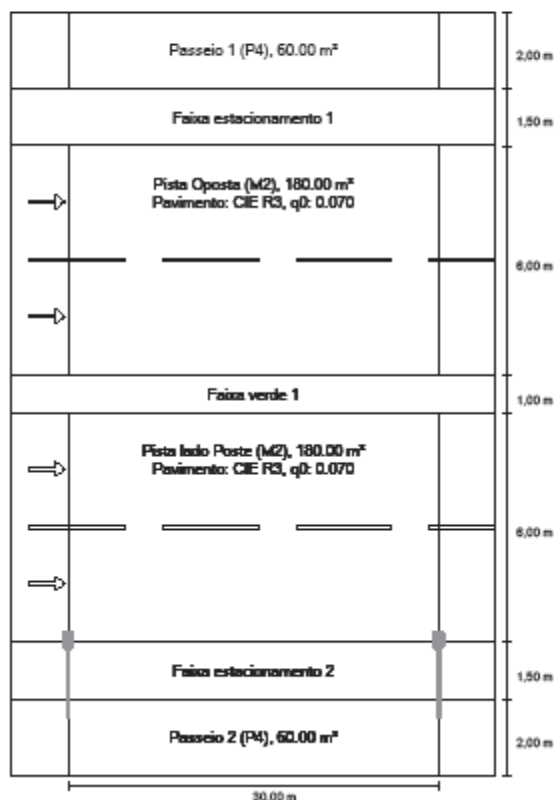
Rendimento luminoso: 71.6 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Darci S. Vargas Atual 1 (150w) Sódio em direcção EN
13201:2015

Saudi Lighting 7429/5-150QP.CL.SA Post Side or
Post Top Mounted Collector Road Semi Cut-off
Outdoor Luminaire



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	12629.80 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	16000.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 160.0 W
W/km:	4960.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	16.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.393 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	0.000 m

ULR:	0.02
ULOR:	0.01

Valor máximo da potência luminosa

com 70°:	487 cd/klm
com 80°:	396 cd/klm
com 90°:	109 cd/klm

Classe de potência luminosa: /

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.0

Resultados para os campos de avaliação

Factor de manutenção: 0.67

Passeio 1 (P4)

Em [lx] ≥ 6.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
■ 2.68	✓ 2.26

Pista Oposta (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 1.60	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.70	TI [%] ≤ 10	EIR ≥ 0.36
✘ 0.42	✓ 0.64	✓ 0.82	✘ 20	✓ 0.68

Rua 7 de Setembro

08/06/2018

DIALux

Dercil S. Vargas Atual 1 (150w) Sódio: Alternativa 1 / Pista lado Poste (M2) / Tabela

Pista lado Poste (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	30.0	23.6	17.0	12.4	10.4	9.94	11.6	13.6	23.6	29.7
8.000	37.9	27.1	17.2	12.6	10.2	9.92	11.8	16.6	28.4	37.9
7.000	41.1	28.4	16.2	12.1	9.67	9.48	11.6	16.7	30.3	41.7
6.000	39.7	26.4	14.0	11.0	8.66	8.72	10.8	14.8	28.1	40.6
6.000	33.8	22.6	12.3	9.66	7.67	7.79	9.43	13.3	24.2	34.2
4.000	28.7	19.2	11.1	8.21	6.68	6.82	8.01	12.2	20.4	28.6
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	26.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
18.9	6.68	41.7	0.363	0.160

Rua 7 de Setembro

08/06/2018

DIALux

Dercil S. Vargas Atual 1 (150w) Sódio: Alternativa 1 / Pista Oposta (M2) / Tabela

Pista Oposta (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

16.000	4.74	4.83	4.87	4.41	4.63	4.49	4.11	4.38	4.61	4.61
15.000	6.91	6.92	6.93	6.34	6.66	6.33	4.96	6.26	6.46	6.72
14.000	7.66	7.33	7.28	6.42	6.61	6.23	6.83	6.34	6.72	7.27
13.000	9.83	9.47	8.90	7.71	7.72	7.20	6.78	7.62	8.73	9.46
12.000	13.0	12.2	10.8	9.03	8.77	8.16	8.10	9.19	11.4	12.6
11.000	17.4	16.6	13.0	10.3	9.69	9.00	9.40	10.9	14.8	16.9
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

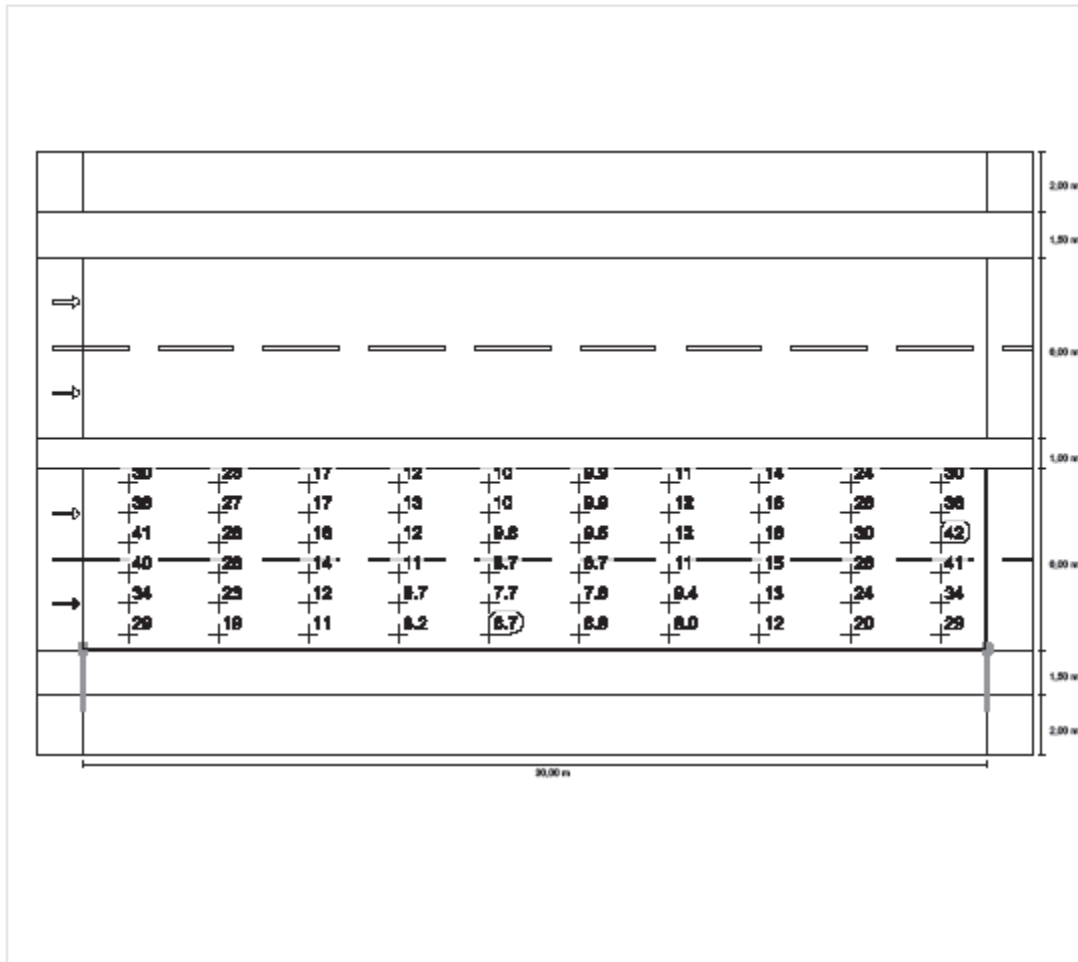
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
8.03	4.11	17.4	0.612	0.236

Pista lado Poste (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 1.60	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.35
✘ 1.16	✔ 0.61	✘ 0.67	✘ 17	✔ 0.69

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

Rua 7 de Setembro

08/06/2018

DIALux

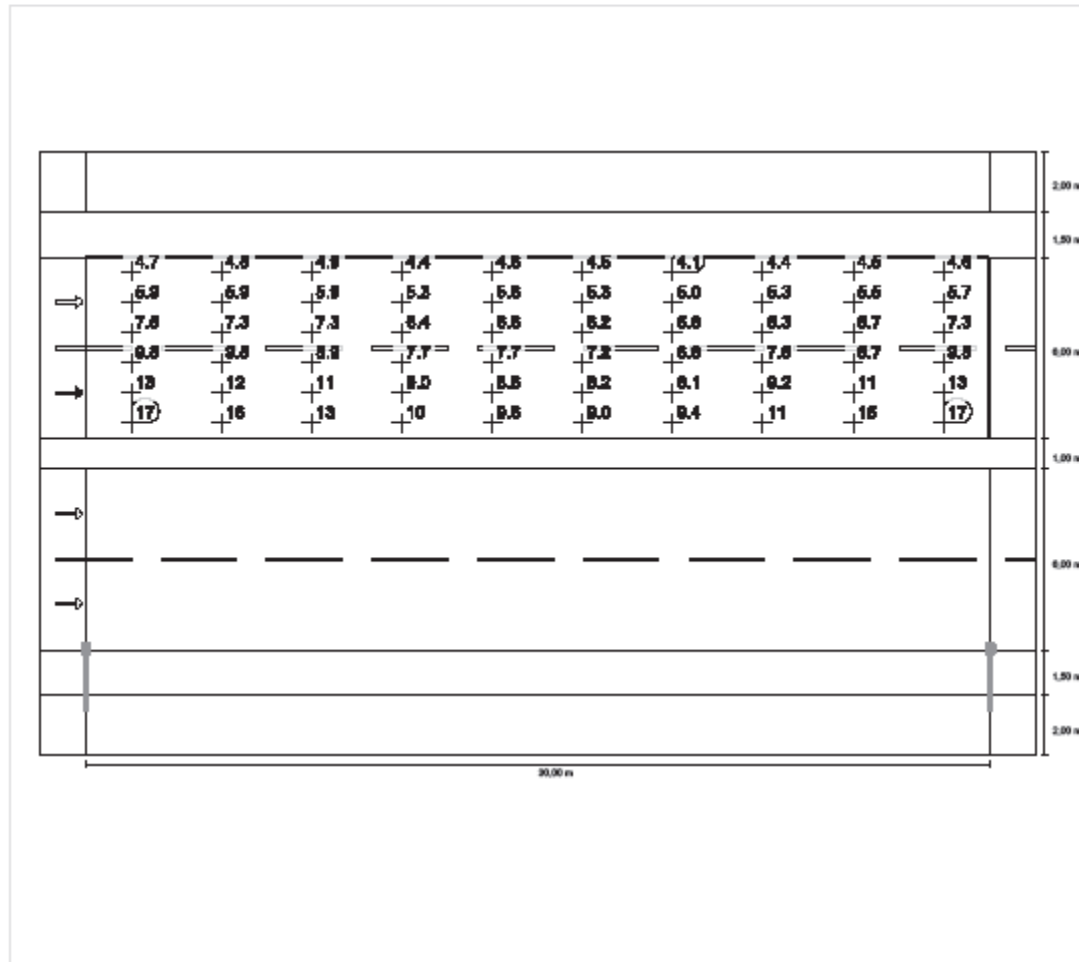
Darcy S. Vargas Abad 1 (150w) Sólido: Alternativa 1 / Pista Oposta (M2) / Gráfico de valores

Pista Oposta (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 1.60	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.35
✘ 0.42	✔ 0.64	✔ 0.82	✘ 20	✔ 0.68

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 140 W – As projeções para essa rua são as mesmas que as da Avenida Rio Grande do Sul.

LED 70 W – As projeções para essa rua são as mesmas que as da Avenida Rio Grande do Sul.

AVENIDA SÃO JOÃO

Vapor Metálico 400 W

Av. São João

08/06/2018

NVC Industrial Development CO., LTD. NRM001/400W Road Light 1xMetal halide lamp / NVC Industrial Development CO., LTD. - Road Light (1xMetal halide lamp)

DIALux

NVC Industrial Development CO., LTD. NRM001/400W Road Light 1xMetal halide lamp

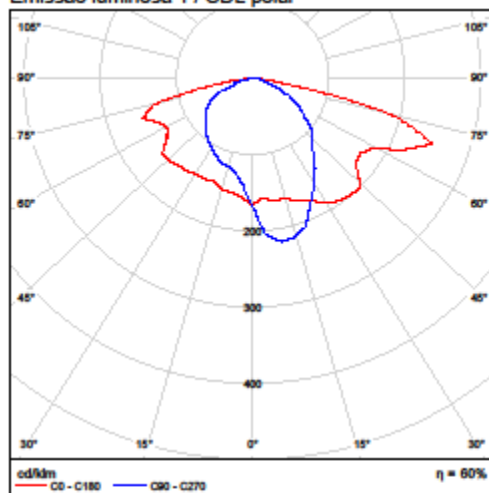


lamp:HPI-T 400W

- Aluminum cast housing is painted by anti-corrosive electrostatic powder;
- High purity anodized reflector can give high reflectivity and super optic performance;
- Heat-resistant silicon seals integrated;
- Toughened glass, heat-resistant and anti-impact;
- Back-open design is easy for maintenance and lamp replacement

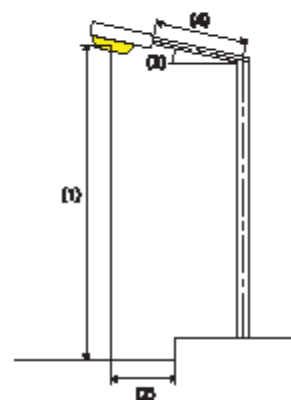
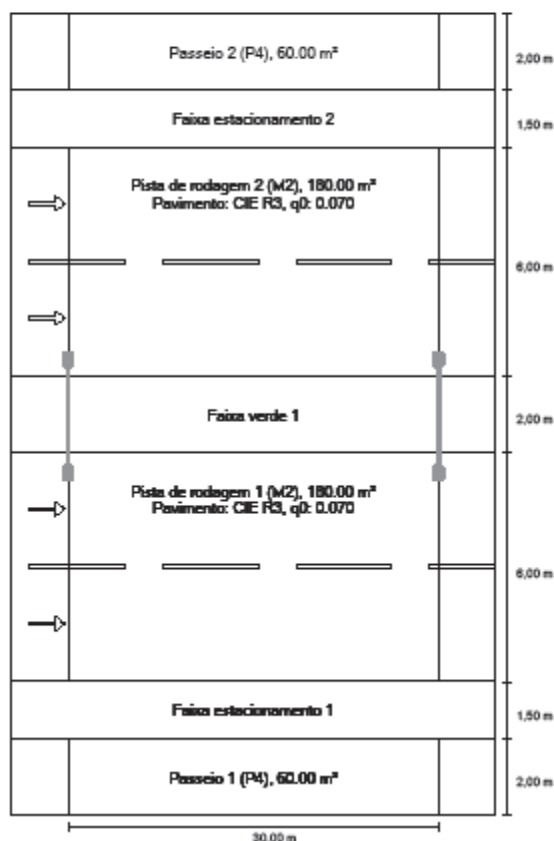
Grau de actuação operacional: 60.25%
 Fluxo luminoso de lâmpada: 34000 lm
 Fluxo luminoso da luminária: 20486 lm
 Potência: 400.0 W
 Rendimento luminoso: 51.2 lm/W

Emissão luminosa 1 / CDL polar



Av. São João Atual 2 (400W) Metálica em direcção EN
13201:2015

NVC Industrial Development CO., LTD.
NRM001/400W Road Light



Lâmpada:	1xMetal halide lamp
Fluxo luminoso (luminária):	20486.31 lm
Fluxo luminoso (lâmpada):	34000.00 lm
Horas de operação	
4000 h:	100.0 %, 400.0 W
W/km:	26400.0
Distribuição:	unilateral em baixo
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	16.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.600 m
Altura do ponto de luz (1):	7.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	8.400 m

ULR:	0.01
ULOR:	0.00
Valor máximo da potência luminosa	
com 70°:	409 cd/klm
com 80°:	247 cd/klm
com 90°:	68.2 cd/klm

Classe de potência luminosa: /

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.0

Resultados para os campos de avaliação
Factor de manutenção: 0.67

Passeio 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.60	Emin [lx] ≥ 1.00
✖ 14.78	✔ 6.67

Pista de rodagem 2 (M2)

Lm [cd/m²] ≥ 1.60	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.70	TI [%] ≤ 10	EIR ≥ 0.60
✔ 2.61	✖ 0.34	✖ 0.44	✖ 21	✔ 0.62

Av. São João

08/06/2018

DIALux

Av. São João Abal 2 (400W) Metálica: Alternativa 4 / Pista de rodagem 1 (M2) / Tabela

Pista de rodagem 1 (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

9.000	88.4	69.3	38.8	26.0	22.1	22.1	26.6	39.0	63.0	86.6
8.000	86.0	69.1	38.0	25.6	21.3	21.1	25.0	39.4	66.0	86.2
7.000	84.7	66.9	36.1	24.4	20.2	19.8	23.7	38.9	64.6	86.8
6.000	91.6	66.3	31.6	21.6	17.6	17.2	21.0	34.4	60.6	91.9
5.000	82.6	62.6	27.7	18.8	14.9	14.7	18.4	29.8	64.3	81.8
4.000	66.7	46.4	23.8	16.6	12.6	12.4	16.4	26.0	46.9	64.3
m	1.600	4.600	7.600	10.600	13.600	16.600	19.600	22.600	26.600	28.600

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
42.7	12.4	91.9	0.291	0.136

Av. São João

08/06/2018

DIALux

Av. São João Abal 2 (400W) Metálica: Alternativa 4 / Pista de rodagem 2 (M2) / Tabela

Pista de rodagem 2 (M2)

Potência luminosa horizontal [lx]

17.000	62.7	44.9	24.6	16.2	12.2	12.4	16.2	23.4	46.6	64.2
16.000	80.0	63.6	29.3	18.1	14.4	14.7	18.6	27.3	62.1	80.8
15.000	92.2	60.0	34.0	20.8	16.9	17.3	21.3	31.3	66.1	91.9
14.000	87.4	64.2	38.6	23.6	19.6	20.0	24.1	36.7	66.9	86.7
13.000	86.3	66.0	39.6	24.9	21.0	21.3	26.6	37.9	68.9	86.8
12.000	86.0	63.3	39.0	26.6	22.0	22.1	26.0	38.7	69.4	88.0
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
42.4	12.2	92.2	0.288	0.132

Av. São João

08/06/2018

DIALux

Av. São João Abel 2 (400W) Metálica: Alternativa 4 / Pista de rodagem 1 (M2) / Gráfico de valores

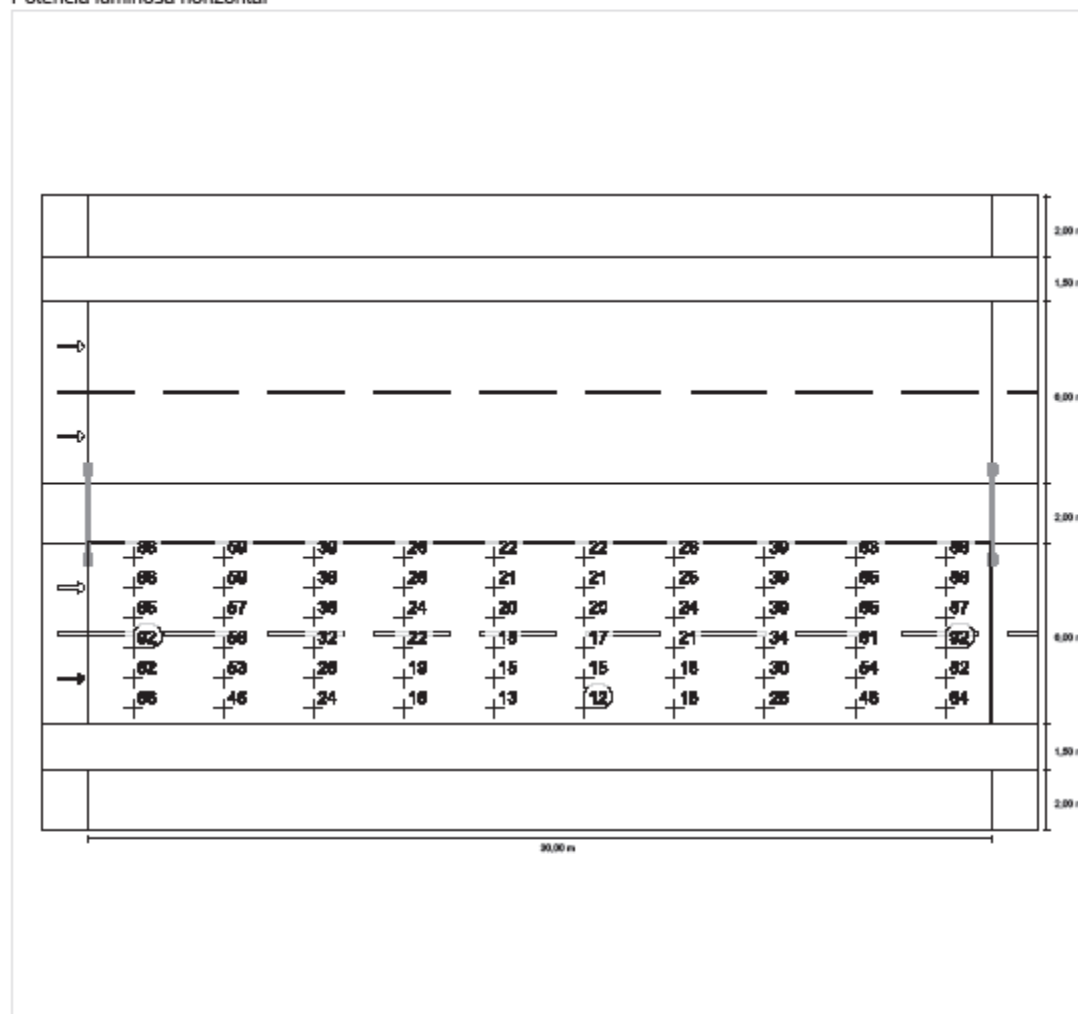
Pista de rodagem 1 (M2)

Factor de manutenção: 0.67

Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 1.60	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.60
✓ 2.79	✗ 0.36	✗ 0.61	✗ 23	✓ 0.62

Potência luminosa horizontal



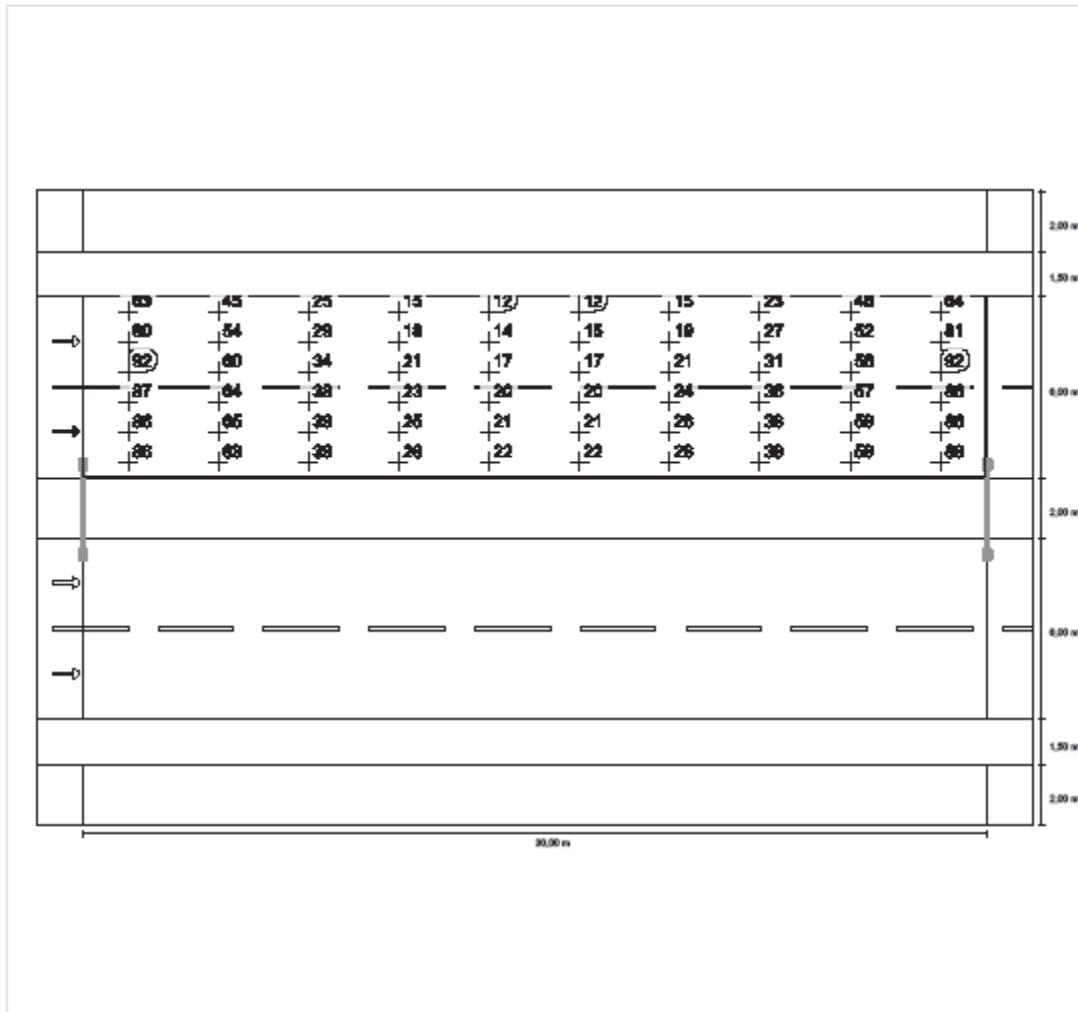
Escala: 1 : 200

Pista de rodagem 2 (M2)

Factor de manutenção: 0.67
Trama: 10 x 6 Pontos

Lm [cd/m ²]	Uo	UI	TI [%]	EIR
≥ 1.60	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.60
✓ 2.61	✗ 0.34	✗ 0.44	✗ 21	✓ 0.62

Potência luminosa horizontal



Escala: 1 : 200

LED 70 W – As projeções são as mesmas que para a Avenida Rio Grande do Sul.

ANEXO A - COEFICIENTESTabela 1 – Coeficientes para $k=0,15$.

Fator de Carga	<i>LP</i>	<i>LE1</i>	<i>LE2</i>	<i>LE3</i>	<i>LE4</i>
0,30	0,2500	0,27315	0,19121	0,35166	0,24832
0,35	0,2809	0,28494	0,19946	0,52026	0,36738
0,40	0,3136	0,29727	0,20809	0,71014	0,50146
0,45	0,3481	0,31014	0,21710	0,92130	0,65057
0,50	0,3844	0,32355	0,22649	1,15375	0,81472
0,55	0,4225	0,33750	0,23625	1,40748	0,99389
0,60	0,4624	0,35199	0,24639	1,68249	1,18808
0,65	0,5041	0,36950	0,25865	1,97632	1,39557
0,70	0,5476	0,38516	0,26961	2,29381	1,61977