



Plano Diretor Municipal de Iluminação Pública para o Município de Ovar

TIAGO EMANUEL POLIDO ESTEVES

novembro de 2019

PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

- MUNICÍPIO DE OVAR -

Tiago Emanuel Polido Esteves

Departamento de Engenharia Electrotécnica
Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas de Planeamento Industrial

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Candidato: Tiago Emanuel Polido Esteves, Nº 1020417, 1020417@isep.ipp.pt

Orientação científica: Filipe Tavares Azevedo, fta@isep.ipp.pt

Empresa: Município de Ovar



Departamento de Engenharia Electrotécnica

Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Área de Especialização em Sistemas de Planeamento Industrial

2019

Agradecimentos

Dedico este trabalho ao meu filho, à minha esposa e aos meus pais e irmão pelo carinho, apoio e amor que sempre me deram.

Quero agradecer a todas as pessoas que me apoiaram durante este trabalho de forma direta ou indireta, tanto a nível pessoal como profissional.

Estou extremamente grato ao meu orientador Eng. Filipe Miguel Tavares de Azevedo, pela sua entrega e dedicação, pelas suas valiosas indicações, sem as quais o meu trabalho teria sido bastante mais complicado.

Um agradecimento especial ao Presidente da Câmara Municipal de Ovar, Prof. Dr. Salvador Malheiro, ao Vereador com o pelouro da Conservação e Serviços Urbanos, Dr. Domingos Silva e à Chefe de Divisão de Conservação e Serviços Urbanos, Eng.^a Marta Martins, pelo empenho, franqueza e compreensão que sempre demonstraram.

Quero expressar também a minha enorme gratidão a todos os meus colegas de trabalho, sem o qual este trabalho não teria sido possível.

Resumo

Este trabalho pretende descrever o processo de desenvolvimento de um Plano Diretor Municipal de Iluminação Pública (PDM-IP). O referido plano, passa por alcançar soluções de melhoria da eficiência energética, de tal modo que as medidas implementadas se reflitam na redução dos consumos energéticos, da fatura energética e das emissões de CO₂.

De modo a que a rede de IP seja adequada, é essencial uma caracterização detalhada do seu estado atual.

Assim, numa primeira fase, o levantamento das características da rede de IP a partir da utilização de mapas de IP que, quando complementados com dados e ferramentas SIG, permitem o enquadramento e identificação dos vários componentes da rede de forma célere e eficaz.

A elaboração de um PDM-IP define uma metodologia de análise das zonas urbanas, da mobilidade urbana noturna, dos índices de criminalidade, das atrações visuais, pontos históricos e turísticos. É de extrema importância ter em conta as diretrizes municipais aquando da elaboração de um PDM-IP, entre as quais se destacam as zonas de iluminação pública, classificação das vias de acordo com as suas necessidades e normas de substituição.

O Plano Diretor Municipal de IP permite uma melhor racionalização dos custos de investimento e de manutenção de IP e uma redução sustentada do respetivo consumo energético, através da elaboração de um plano de investimentos, de modo a fundamentar a tomada de decisão para cada rede em particular.

Palavras-Chave

Município de Ovar, Administração Pública, Eficiência Energética, Plano Diretor, Iluminação Pública, Luminárias, Classificação das Vias, Classes de iluminação e Normas de Substituição.

Abstract

This paper aims to describe the process of developing a Municipal Public Lighting Master Plan (PDM-IP). This plan involves achieving solutions for improving energy efficiency, so that the measures implemented reflect on the reduction of energy consumption, energy bill and CO2 emissions.

For the IP network to be adequate, a detailed characterization of its current state is essential.

Thus, in a first phase, the survey of the characteristics of the IP network from the use of IP maps that, when complemented with data and GIS tools, allow the framing and identification of the various components of the network quickly and effectively.

The elaboration of a PDM-IP defines a methodology for analysing urban areas, night urban mobility, crime rates, visual attractions, historical and tourist points. It is extremely important to consider the municipal guidelines when preparing a PDM-IP, among which stand out the areas of public lighting, classification of roads according to their needs and replacement standards.

The Municipal IP Master Plan allows for a better rationalization of IP investment and maintenance costs and a sustained reduction of their energy consumption, through the elaboration of an investment plan, in order to support the decision making for each network.

Keywords

Ovar Municipality, Public Administration, Energy Efficiency, Master Plan, Street Lighting, Light Fixtures, Pathway Classification, Lighting Classes and Replacement Standards.

Résumé

Ce document vise à décrire le processus d'élaboration d'un Plan Directeur pour l'éclairage Public (PDM-IP). Ce plan implique la recherche de solutions pour améliorer l'efficacité énergétique, de sorte que les mesures mises en œuvre se traduisent par une réduction de la consommation d'énergie, de la facture énergétique et des émissions de CO₂. Pour que le réseau IP soit adéquat, une caractérisation détaillée de son état actuel est essentielle.

Ainsi, dans une première phase, l'étude des caractéristiques du réseau IP grâce à l'utilisation de cartes IP qui, complétées par des outils de données et SIG, permet de définir et d'identifier rapidement et efficacement les différents composants du réseau. L'élaboration d'un PDM-IP définit une méthodologie d'analyse des zones urbaines, de la mobilité urbaine de nuit, du taux de criminalité, des attractions visuelles, des points historiques et touristiques. Il est extrêmement important de tenir compte des directives municipales lors de la préparation d'un PDM-IP, parmi lesquelles figurent les domaines de l'éclairage public, de la classification des routes en fonction de leurs besoins et des normes de remplacement.

Le Plan directeur municipal IP permet une meilleure rationalisation des coûts d'investissement et de maintenance de la propriété intellectuelle ainsi qu'une réduction durable de leur consommation d'énergie, grâce à l'élaboration d'un plan d'investissement, afin de faciliter la prise de décision pour chaque réseau.

Mots-clés

Ovar Municipalité, Administration publique, Efficacité énergétique, Plan directeur, Éclairage de rue, Luminaires, Classification de rues, Classes d'éclairage et normes de remplacement.

Índice

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
PALAVRAS-CHAVE	VII
ABSTRACT	IX
KEYWORDS	IX
RESUME	XI
MOTS-CLES.....	XI
ÍNDICE	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
SIGLAS E ACRÓNIMOS	XXIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2.O MUNICÍPIO DE OVAR	3
1.3.OBJETIVOS.....	4
1.4.CALENDARIZAÇÃO	5
1.5.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	6
2. ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	7
2.1.ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	7
2.1.1.ILUMINAÇÃO PÚBLICA EM OVAR	9
2.1.2.DADOS ESTATÍSTICOS.....	11
3. CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS	15
3.1.1.INTRODUÇÃO	15
3.1.2.GRANDEZAS LUMINOTÉCNICAS	16
3.1.3.VISÃO.....	23
3.2.COMPONENTES DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	26
3.2.1.LUMINÁRIAS	26
3.2.2.CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS	29
3.2.3.TIPOS DE LÂMPADAS.....	33
3.2.4.BALASTROS.....	40
3.2.5.DRIVER LED.....	45

4. DIRETRIZES, NORMAS E REGULAMENTOS	47
4.1. NORMA EN13201 – APLICABILIDADE DE CLASSES DE ILUMINAÇÃO NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	48
4.1.1. CLASSES DE ILUMINAÇÃO M	49
4.1.2. CLASSES DE ILUMINAÇÃO C	50
4.1.3. CLASSES DE ILUMINAÇÃO P	52
4.1.4. ILUMINAÇÃO DE PASSADEIRAS	54
4.1.5. DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DAS CLASSES DE ILUMINAÇÃO M, C E P	55
5. CADASTRO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	57
5.1. LEVANTAMENTO DO TIPO DE LUMINÁRIAS POR FREGUESIA	60
5.1.1. ARADA	61
5.1.2. CORTEGAÇA	61
5.1.3. ESMORIZ	62
5.1.4. MACEDA	62
5.1.5. OVAR	62
5.1.6. SÃO JOÃO	63
5.1.7. SÃO VICENTE DE PEREIRA JUSÃ	63
5.1.8. VÁLEGA	63
6. PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	65
6.1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO	67
6.2. PARÂMETROS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR	68
6.3. PARÂMETROS DAS SOLUÇÕES LUMINOTÉCNICAS	69
6.3.1. POLUIÇÃO LUMINOSA	71
6.4. DIRETRIZES MUNICIPAIS PARA A IP	73
6.4.1. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS	74
6.4.2. ARQUITETURAS DE DISPOSIÇÃO DE POSTES/COLONAS NA IP	78
6.4.3. MANUTENÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE IP	80
6.5. NORMA DE SUBSTITUIÇÃO	83
6.5.1. VIAS DE TRÂNSITO (PRINCIPAL)	85
6.5.2. VIAS DE TRÂNSITO (SECUNDÁRIAS)	87
6.5.3. VIAS (MISTAS) PEDONAIS	89
6.5.4. ZONAS DE CONFLITO	91
6.5.5. REDUÇÃO DE FLUXO	98
6.6. ENCARGOS FINANCEIROS COM IP	99
6.7. PLANO DE CONTINGÊNCIA (MOTIVOS DE FORÇA MAIOR)	101
7. CASOS PRÁTICOS	103

7.1.SITUAÇÃO EXISTENTE.....	103
7.1.1.RUA VISCONDE DE OVAR E RUA CORONEL GALHARDO	105
7.1.2.LARGO DOS COMBATENTES.....	110
7.1.3.LARGO 1º DE DEZEMBRO.....	115
8. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	119
8.1CONCLUSÃO.....	119
8.2TRABALHOS FUTUROS.....	121
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	123

Índice de Figuras

Figura 1	Iluminação Pública em Ovar.	9
Figura 2	Dínamos. [7]	10
Figura 3	Edifício da Companhia Portuguesa de Iluminação e Tracção de Ovar. [7]	10
Figura 4	Fluxo luminoso emitido por uma lâmpada [10].	16
Figura 5	Ângulo sólido. [10]	17
Figura 6	Intensidade Luminosa ou Fluxo Luminoso. [10]	18
Figura 7	Iluminância sobre uma superfície. [10]	19
Figura 8	Ângulos usados no cálculo da iluminância semicilíndrica. [10]	21
Figura 9	Ângulos usados no cálculo da iluminância vertical. [10]	21
Figura 10	Exemplo de Luminância. [10]	22
Figura 11	Área Aparente. [10]	22
Figura 12	Esquematização da acuidade visual. [11]	23
Figura 13	Sensibilidade relativa da visão fotópica e escotópica. [11]	24
Figura 14	Gamas de luminância para cada tipo de visão e dos fotorreceptores. [10]	25
Figura 15	Exemplo de Luminária.	26
Figura 16	DLOR e ULOR. [11]	28
Figura 17	Tempo de vida útil (L70) e médio (B50). [10]	32
Figura 18	Lâmpada de vapor mercúrio.	34

Figura 19	Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.	35
Figura 20	Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos. [12]	37
Figura 21	Exemplo esquemático do interior de um LED. [10]	37
Figura 22	Obtenção de Luz Branca, Excitação de Fósforo e Combinação de LED's. [10]	38
Figura 23	Luminária de Iluminação Pública de LED. [13]	39
Figura 24	Exemplo de Balastro eletromagnético. [14]	42
Figura 25	Exemplo de Balastro Eletrónico. [15]	44
Figura 26	Exemplo de <i>Driver</i> LED. [16]	45
Figura 27	Diagrama para determinar o índice da classe de iluminação. [10]	56
Figura 28	Freguesias do Município de Ovar.	58
Figura 29	Exemplo de Luminárias IP na freguesia de Ovar (Plataforma SIG ArcGIS®).	60
Figura 30	Exemplo de Luminárias IP no concelho de Ovar (Plataforma SIG ArcGIS®).	61
Figura 31	Logotipo da Camara Municipal de Ovar.	65
Figura 32	Iluminação Pública e Decorativa (Monumento Combatentes Ultramar).	68
Figura 33	Iluminação Pública da Rua Jornal O Povo de Cortegaça.	71
Figura 34	Luminárias Onix VSAP 150W na Avenida Dr. Francisco Sá Carneiro.	73
Figura 35	Luminária YOA Led. [19]	86
Figura 36	Luminária YOA Led. [19]	88
Figura 37	Luminária Karin Led. [20]	89
Figura 38	Luminária Piano Midi Led. [21]	90

Figura 39	Iluminação Pública e Decorativa (Largo dos Combatentes).	91
Figura 40	Luminária CASCAIS Led. [22]	92
Figura 41	Luminária Lampião 370 Led. [23]	92
Figura 42	Projektor Terra Midi Led e aplicação do mesmo em rotunda de Ovar. [24]	93
Figura 43	Projektor Focal Led. [25]	94
Figura 44	Exemplos de colocação das luminárias numa passadeira. [26]	95
Figura 45	Exemplo de iluminação de passagem de peões. [27]	95
Figura 46	Exemplo de iluminação passagem peões, energias renováveis. [28] [29]	96
Figura 47	Exemplo de iluminação em rotunda.	97
Figura 48	Exemplo de balizador de piso solar.	97
Figura 49	Rua Visconde Ovar, Coronel Galhardo Larg. 1.º Dezembro e Combatentes.	104
Figura 50	Imagem representativa do perfil de via da Rua Visconde de Ovar.	105
Figura 51	Esquema tipo (perfil da via).	108
Figura 52	Luminância (valores mínimos, máximos e médios).	108
Figura 53	Índices de Uniformidade.	108
Figura 54	Iluminância (valores mínimos, máximos e médios).	109
Figura 55	Imagem representativa do perfil de via do Largo dos Combatentes.	110
Figura 56	Esquema tipo (perfil da via).	113
Figura 57	Índices de Uniformidade.	113
Figura 58	Iluminância (valores mínimos, máximos e médios).	113

Figura 59	Imagem representativa do perfil de via do Largo 1º de Dezembro.	115
Figura 60	Esquema tipo (perfil da via) 3D.	117
Figura 61	Iluminância (valores mínimos, máximos e médios).	118

Índice de Tabelas

Tabela 1	Calendarização do projeto.	5
Tabela 2	Aparência das temperaturas de cor em Iluminação Pública.	30
Tabela 3	Exemplos de índices de restituição de cor.	31
Tabela 4	Classes M segundo a Norma EN 13201-1:2015.	50
Tabela 5	Classes C segundo a Norma EN 13201-1:2015.	51
Tabela 6	Classes P segundo a Norma EN 13201-1:2015.	53
Tabela 7	Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.	61
Tabela 8	Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.	61
Tabela 9	Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.	62
Tabela 10	Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.	62
Tabela 11	Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.	62
Tabela 12	Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.	63
Tabela 13	Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.	63
Tabela 14	Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.	63
Tabela 15	Vias Principais.	75
Tabela 16	Requisitos Fotométricos para a Classe M3.	76
Tabela 17	Vias Secundárias.	76
Tabela 18	Requisitos Fotométricos para a Classe M4.	77
Tabela 19	Vias Pedonais.	77

Tabela 20	Requisitos Fotométricos para a Classe P3.	77
Tabela 21	Esquematisações da disposição dos postes nas vias de circulação.	78
Tabela 22	Topologia das Redes de Iluminação Pública.	80
Tabela 23	Valores do FMLL.	81
Tabela 24	Valores do FSL.	82
Tabela 25	Valores do FML.	83
Tabela 26	Via Principal.	106
Tabela 27	Requisitos Fotométricos para a Classe M3.	106
Tabela 28	Vias Pedonais.	111
Tabela 29	Requisitos Fotométricos para a Classe P3.	111
Tabela 30	Vias Pedonais.	116
Tabela 31	Requisitos Fotométricos para a Classe P3.	116

Siglas e Acrónimos

BT	–	Baixa Tensão
BTN	–	Baixa Tensão Normal
BTE	–	Baixa Tensão Especial
CO ₂	–	Dióxido de Carbono
FM	–	Fator de Manutenção
FMLL	–	Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso
FSL	–	Fator de Sobrevivência da Lâmpada
FML	–	Fator de Manutenção da Luminária
Hz	–	Hertz (Frequência)
IEE	–	Índice de Eficiência Energética
IK	–	Índice de Proteção contra Ações Mecânicas
IM	–	Iodetos Metálicos
IP	–	Índice de Proteção contra Poeira e Água
IP	–	Iluminação Pública
IRC	–	Índice de Restituição Cromática
K	–	Kelvin
LED	–	<i>Light Emitting Diode</i>
lm	–	Lúmen

lx – Lux

PDM-IP – Plano Diretor Municipal de Iluminação Pública

SIG – Sistema de Informação Geográfica

Tc – Temperatura de Cor

VM – Vapor de Mercúrio

VSAP – Vapor de Sódio de Alta Pressão

V – Volt

W – Watt

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O contexto energético português atual caracteriza-se por uma forte dependência externa de combustíveis fósseis e por uma forte preocupação para reduzir as emissões de CO₂, é essencial procurar soluções de modo a minimizar a fatura energética e incentivar os investimentos nas energias alternativas. A política energética ocupa um papel fundamental numa sociedade moderna e deve ser desenvolvida de modo a favorecer o crescimento económico de Portugal. Neste sentido, o Governo tem vindo os últimos anos a apostar cada vez mais nas energias renováveis e definiu grandes linhas estratégicas para o sector da energia criando a Estratégia Nacional para a Energia (ENE). [1]

Em desenvolvimento do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e da ENE 2020 [2], o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública — ECO.AP [3] (Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011, de 12 de Janeiro), em conjunto com a Pacto dos Autarcas [4] [5], visam obter até 2020, nos serviços públicos e nos organismos da Administração Pública, um nível de redução de emissões de CO2 na ordem dos 20%, face dos atuais valores.

O Município de Ovar subscreveu, em 20 de janeiro de 2010, o Pacto dos Autarcas europeus [6]. O Pacto dos Autarcas é uma das mais relevantes e ambiciosas iniciativas voluntárias europeias, no contexto do combate às alterações climáticas. A adesão ao Pacto dos Autarcas materializa o compromisso dos Municípios em reduzirem em mais de 20% as suas emissões de CO2.

Para atingirem os objetivos de redução das emissões de CO2 até 2020 os signatários do Pacto dos Autarcas assumem, entre outras medidas, o compromisso de:

- Superar os objetivos definidos pela UE para 2020 reduzindo as emissões nos territórios respetivos em, pelo menos, 20% mercê da aplicação de um plano de ação em matéria de energia sustentável nas áreas de atividade que relevam das suas competências. O compromisso e o plano de ação serão ratificados de acordo com os respetivos procedimentos;
- Elaborar um inventário de referência das emissões como base para o plano de ação em matéria de energia sustentável;
- Apresentar o plano de ação em matéria de energia sustentável no prazo de um ano a contar da data da assinatura;
- Adaptar as estruturas municipais, incluindo a atribuição de recursos humanos suficientes, a fim de levar a cabo as ações necessárias;
- Mobilizar a sociedade civil para participar no desenvolvimento do plano de ação, delineando as políticas e medidas necessárias para aplicar e realizar os objetivos do plano;

Nestes objetivos enquadra-se também a utilização racional de energia e a eficiência energético-ambiental em equipamentos de iluminação pública (IP).

1.2. O MUNICÍPIO DE OVAR

Terra de lavradores, pescadores, comerciantes de sal e artesãos, Ovar foi crescendo e ganhando importância, tendo recebido foral concedido por D. Manuel I, em 10 de fevereiro de 1514. No entanto, o grande impulso ao crescimento demográfico da zona verificou-se a partir do século XVIII, em grande parte devido à introdução de novas técnicas de pesca (a Arte Xávega) e de salga e conservação do pescado.

No século XX, com a industrialização que acelerara sobretudo a partir das décadas de 50 e 60, Ovar transforma-se num concelho totalmente diferente, onde mais de metade da população ativa se emprega no setor secundário, subvertendo profundamente o secular quadro rural e piscatório.

Atualmente, Ovar é um concelho industrial com um leque muito variado de atividades que vão do têxtil e vestuário à metalúrgica e produtos metálicos, da tanoaria à produção de rações e cordoaria, do material elétrico à montagem de automóveis ou ao fabrico de componentes.

Apesar do desenvolvimento industrial e da conseqüente urbanização, Ovar apresenta, ainda, vastas áreas propícias ao mais diversificado tipo de atividades turísticas: quilómetros de praias enquadradas por pinhal e a beleza ímpar da Ria de Aveiro e da Barrinha de Esmoriz.

O município de Ovar localiza-se na região Centro (NUTS II) e sub-região Baixo Vouga (NUTS III), pertencendo ao distrito de Aveiro. O concelho estende-se numa área de cerca de 148 Km², limitada a norte com o concelho de Espinho, a nascente com os concelhos de Santa Maria da Feira e Oliveira de Azeméis, a sul com o Concelho de Estarreja e Murtosa e Ria de Aveiro e a poente com o Oceano Atlântico.

O município de Ovar tem cerca de 55.094 habitantes (ano 2012), que se distribuem cinco freguesias: Cortegaça, Esmoriz, Maceda, União das freguesias de Ovar, São João, Arada e São Vicente de Pereira Jusã e Válega.

Por outro lado, Ovar tem também um forte relacionamento com as principais dinâmicas da Área Metropolitana do Porto, especialmente dentro da sua “coroa de povoamento disperso, de alta densidade e forte industrialização”, limitada por Viana do Castelo a norte, Braga-Amarante a leste e Aveiro a Sul.

1.3. OBJETIVOS

Nesta dissertação pretende-se criar um documento que sintetize e torne explícitos os objetivos para o Município de Ovar no que diz respeito à gestão da iluminação pública.

Com a criação deste Plano Diretor pretende-se levantar um cadastro da rede de Iluminação Pública do Município. Passando o principal objetivo por apontar diretrizes para as novas intervenções na cidade, sendo elas de ampliação ou de renovação, atendendo a parâmetros de qualidade técnica e estética de luz, cumprindo com as necessidades básicas de iluminar de maneira eficiente com baixo consumo energético e alear a qualidade visual de modo a promover a cidade, revelando as suas qualidades arquitetónicas e urbanísticas, simultaneamente promovendo um novo período de poder viver a cidade tanto de noite como de dia, sem nunca perder de vista a redução dos encargos financeiros decorrentes dos consumos.

1.4. CALENDARIZAÇÃO

Tabela 1 Calendarização do projeto.

Nome da Tarefa	Data de Início	Data de Conclusão	Q1				Q2				Q3				Q4	
			nov 2019	dez 2019	jan 2019	fev 2019	mar 2019	abr 2019	mai 2019	jun 2019	jul 2019	ago 2019	set 2019	out 2019		
1 - Estudo da Documentação	09/11/18	20/12/18														
2 - Seleção de Documentação Técnica Geral	09/11/18	07/12/18														
3 - Agilização de informação	10/12/18	20/12/18														
4 - Seleção de Informação Técnica em contexto Profissional	03/01/19	15/02/19														
5 - DMA's EDP Distribuição	03/01/19	14/01/19														
6 - Estudo do Contrato de Concessão de Energia Elétrica em BT no Município de Ovar	15/01/19	22/01/19														
7 - Estudo do ANEXO I do Contrato de Concessão	23/01/19	29/01/19														
8 - Estudo do Levantamento/Cadastro da Rede de IP enviado pela EDP Distribuição (Ficheiro Excel)	30/01/19	15/02/19														
9 - Plataforma SIG	04/03/19	29/03/19														
10 - Introdução dados "Excel" na plataforma SIG do Município de Ovar	04/03/19	08/03/19														
11 - Tratamento dos dados e configuração dos mesmos na Plataforma SIG	11/03/19	29/03/19														
12 - Pesquisa História da IP no Município de Ovar	01/04/19	05/04/19														
13 - Consulta de Jornais, Publicações Online e Blocques acerca do Município de Ovar	01/04/19	05/04/19														
14 - Elaboração do Relatório Final	08/04/19	20/09/19														
15 - Definição da Organização do Relatório	08/04/19	12/04/19														
16 - Redação da Introdução e Contextualização Histórica	15/04/19	19/04/19														
17 - Redação dos Conceitos Luminotécnicos	22/04/19	03/05/19														
18 - Redação Componentes Iluminação Pública	06/05/19	13/05/19														
19 - Redação Normas e Regulamentos	14/05/19	23/05/19														
20 - Redação do Plano Diretor Municipal da Iluminação Pública	24/05/19	03/07/19														
21 - Caracterização da Rede IP existente	24/05/19	31/05/19														
22 - Normas de substituição	27/05/19	07/06/19														
23 - Plano de Contingência	10/06/19	28/06/19														
24 - Entrega de Proposta do Plano Diretor Municipal de Iluminação Pública	01/07/19	03/07/19														
25 - Seleção e Redação de Casos Práticos	08/07/19	23/08/19														
26 - Pausa para Férias	29/08/19	13/09/19														
27 - Redação de Conclusões	16/09/19	20/09/19														

1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

No capítulo 1, encontra-se um breve enquadramento do tema no contexto atual e local. No capítulo seguinte, 2, é descrito o estado da arte no que concerne à iluminação pública em Portugal e mais especificamente em Ovar. O capítulo 3 apresenta alguns dos conceitos luminotécnicos. No capítulo 4, são apresentadas as normas e diretrizes de iluminação pública pelas quais nos regemos. No capítulo 5, é apresentado o cadastro da rede de iluminação pública atualmente existente no Município de Ovar. No 6º capítulo apresenta-se o plano diretor municipal projetado para o Município de Ovar. No 7º capítulo apresentam-se alguns casos práticos. No último capítulo, o 8º, são reunidas as principais conclusões e perspectivas futuros desenvolvimentos.

2. ILUMINAÇÃO PÚBLICA

2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Desde o Renascimento, quando as técnicas para iluminação começaram a ser desenvolvidas, que um dos maiores desafios consistia na iluminação pública. Desde então foram necessários vários séculos até que algum tipo de equipamento pudesse iluminar com eficiência, à noite, o espaço urbano.

Ao longo da história, muitas tentativas, apesar de ineficientes, trouxeram alguma iluminação para as ruas, traduzindo o avanço tecnológico da época.

Registos indicam que em Londres, em 1417, lanternas foram colocadas em pontos diferentes da cidade, o que parece ser, segundo cita Pereira (1954), o primeiro registo de

iluminação pública. Dois séculos mais tarde, em Paris, foi ordenada a colocação de luzes nas janelas das casas voltadas para a rua, como meio de reduzir o crime, instituindo pela primeira vez o binómio “iluminação-segurança”.

Muito mudou desde então, a iluminação pública assume hoje em dia um papel importante no dia-a-dia da sociedade atual. Para muitos é um dado adquirido e parte integrante do meio urbano, iluminando as ruas e espaços públicos todos os fins de tarde e noites. No entanto, para outros, nomeadamente em algumas zonas rurais, é um serviço que escasseia e onde a rede não chega a toda a parte.

Assim, a existência de rede de iluminação pública é, ainda hoje, sinónimo de desenvolvimento e urbanização. A presença de iluminação pública tem diversas vantagens, nomeadamente:

- Ao nível das estradas, o aumento de iluminação permite ao condutor ter um maior conforto e segurança na sua condução, aumentando a sua perceção sobre os obstáculos que o vão rodeando e, por outro lado, torna o tráfego mais eficiente. Assim, este serviço é um importante meio para a redução da sinistralidade das nossas estradas.
- Nas zonas urbanas, a iluminação pública permite a iluminação de ruas, praças, monumentos e edifícios, contribuindo para a redução de criminalidade e para o aumento de segurança dos transeuntes. A utilização deste tipo de iluminação levou a um prolongamento dos horários de utilização dos espaços públicos por parte dos cidadãos e, conseqüentemente, à proliferação de espaços noturnos e a um aumento do número de pessoas nas ruas durante a noite. Sair à noite torna-se um hábito mais frequente e uma nova forma de socializar, podendo realizar-se atividades variadas.

A iluminação pública veio assim revolucionar os hábitos e horários das pessoas, sendo considerada por todos um parâmetro essencial para uma boa qualidade de vida e segurança.

Atualmente os municípios nacionais começam a perceber a enorme importância da iluminação pública e face aos valores monetários que estão envolvidos nela, mais do que nunca a iluminação pública tem de ser planeada e gerida através de planos diretores municipais de IP.



Figura 1 Iluminação Pública em Ovar.

2.1.1. ILUMINAÇÃO PÚBLICA EM OVAR

Desde o início dos trabalhos preparatórios (1903) até à inauguração (1913) foram necessários 10 anos em propostas, concursos desertos, prorrogações de prazos, combinações de acionistas, contas, relatórios, escrituras, para que finalmente, em 1 de dezembro de 1913 fosse inaugurada a iluminação em Ovar.

Ovar orgulhava-se, então, de ser uma das primeiras terras do País e a segunda do Distrito, depois de Espinho, a ser iluminada pela luz elétrica!

O avanço decisivo deu-se em 1911, ano em que o Dr. Nogueira de Almeida construindo uma pequena casa junto ao rio Cáster, resolveu instalar um motor que extraía a água, que por sua vez era conduzida através de tubos de ferro ao longo da sua propriedade até à fábrica. Ali estava a caldeira, um grande forno sempre a arder, para onde metiam, à pá,

toda a espécie de cepos, cascas secas de pinheiro... com o vapor da água a ferver, eram movidos os dínamos. E era assim, rudemente, que se fazia a energia elétrica em Ovar.

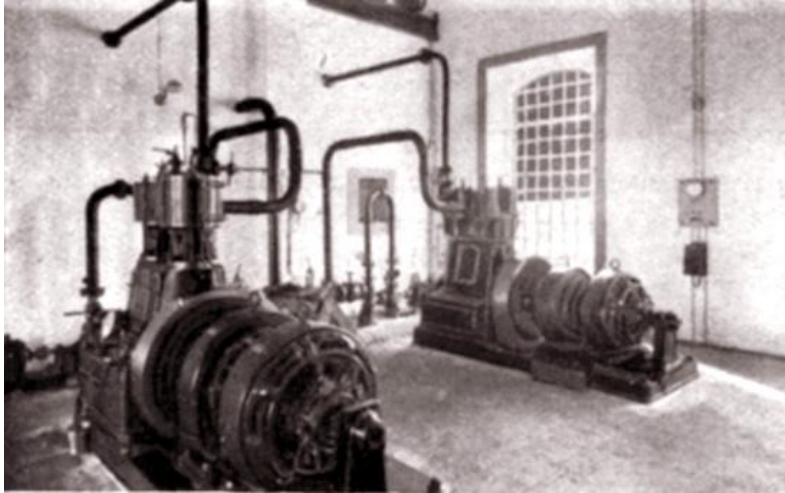


Figura 2 Dínamos. [7]

Na fachada do edifício principal, lia-se: “Iluminação e Tracção” (Companhia Portuguesa de Iluminação e Tracção).



Figura 3 Edifício da Companhia Portuguesa de Iluminação e Tracção de Ovar. [7]

No entanto a iluminação nas ruas era comparada, então, à dos pirilampos. O enfraquecimento progressivo, era notório mesmo substituindo as lâmpadas por outras de maior consumo.

Em agosto de 1931, a povoação de Ovar passou a ser fornecida de energia pela “União Eléctrica Portuguesa” (barragem do Lindoso) e não pelas máquinas da “Companhia Portuguesa de Electricidade e Tracção de Ovar”, mas as melhorias foram ténues, principalmente no que à iluminação das ruas diz respeito.

Com a chegada de Carlos Silva ao Executivo vareiro, a iluminação pública de Ovar, melhorou de tal forma que existem registos como os que se seguem:

“...as hospedeiras de bordo dos aviões da carreira Porto-Lisboa, ao passarem por Ovar, chamavam a atenção dos passageiros para que olhassem e vissem a vila mais bem iluminada do país!” [8]

“... eram 11h50 da noite. Noite de Novembro, escura. Noite feia, a adivinhar Inverno. Vinha só. Por isso dava largas ao meu pensamento. Não tinha medo, porque as ruas estavam bastante iluminadas, e a força da luz tinha varrido da minha imaginação toda a espécie de receios.” [7]

2.1.2. DADOS ESTATÍSTICOS

A iluminação pública é responsável por 3% do consumo de energia elétrica, em Portugal, tendo havido um crescimento no consumo de energia elétrica neste setor, entre 2000 e 2011, de cerca de 55%, com uma taxa média de crescimento anual de cerca de 5,1%. No ano de 2011, os custos com a iluminação pública rondaram os 170M€, sendo que grande parte foi assegurada pelos Municípios. [9]

Estima-se que o número de pontos de luz em Portugal ronde os 4 milhões. Os pontos de luz e o consumo têm um acréscimo anual próximo dos 4 a 5% em Portugal. Os sistemas mais utilizados ou mais comuns em Portugal assentam na tecnologia das lâmpadas de

vapor de sódio de alta pressão, existindo ainda uma quota significativa, da tecnologia de lâmpadas de vapor de mercúrio, que têm vindo a ser progressivamente substituídas.

Em Portugal, a gestão da iluminação pública é da responsabilidade das Câmaras Municipais no que respeita a níveis e horários de iluminação e ao tipo e número de aparelhos de iluminação e lâmpadas em serviço. Quanto à manutenção das instalações de iluminação pública (Contrato Concessão) compete à empresa distribuidora essa tarefa. A rede de iluminação pública acompanha a rede de distribuição em BT, utilizando lâmpadas conforme a zona em que está inserida. Nas zonas rurais utilizam-se as VSAP 50, 70 e 100W, nas zonas urbanas utilizam-se VSAP 70, 100, 150 e 250W.

No caso particular do Município de Ovar, a rede de iluminação pública que abrange as 5 freguesias contabiliza um total de 17669 luminárias instaladas, sendo na sua maioria luminárias com mais de 15 anos, em muitos casos obsoletas, degradadas pela proximidade do mar ou até mesmo ineficientes, equipadas com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 70W e de 150W.

Atendendo ao panorama financeiro delicado de grande parte das autarquias do País, e sabendo que a iluminação pública tem um peso considerável nas despesas anuais de energia, faz sentido que se concentre aqui um esforço para tornar mais eficientes estas instalações.

A nível nacional, a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020) define estratégias que visam o cumprimento das medidas impostas pela União Europeia no sentido de cumprir objetivos que respeitem a sustentabilidade energética.

A ENE 2020 define uma agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira do país através da aposta nas energias renováveis e da promoção integrada da eficiência energética, assegurando a segurança de abastecimento e a sustentabilidade económica e ambiental do modelo energético. Um dos eixos em que se divide a ENE 2020 visa diretamente a promoção da eficiência energética na Iluminação Pública (IP), com o objetivo de promover e apoiar projetos inovadores de iluminação pública com prioridade para os centros históricos.

Existem no mercado diversas soluções e tecnologias que permitem melhorar a eficiência energética da IP, facilitando uma gestão mais eficiente.

Estes sistemas podem também permitir economias diretas nos consumos de energia e/ou levar a um aumento da vida útil das lâmpadas, permitindo uma redução dos custos de manutenção das instalações de IP.

3. CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS

Seguem-se algumas descrições dos diferentes conceitos relacionados com a iluminação.

3.1.1. INTRODUÇÃO

Um sistema de iluminação deve ser projetado de acordo com a tarefa a realizar, uma vez que é um fator essencial para o desempenho humano, além de contribuir para o bem-estar físico e é um fator que influencia o psicológico. Estes sistemas devem ser projetados tendo em conta alguns parâmetros que definem uma iluminação de qualidade e adequada à atividade a desenvolver.

3.1.2. GRANDEZAS LUMINOTÉCNICAS

Em luminotecnia, em especial na IP, são as grandezas fotométricas que irão estabelecer parâmetros de qualidade comparativos de uma dada instalação para um determinado local. Assim, é muito importante ter noção das 4 grandezas seguintes:

- Fluxo luminoso;
- Intensidade luminosa;
- Iluminação ou iluminância;
- Luminância;

O conhecimento destas grandezas permite caracterizar uma instalação de iluminação, isto é, avaliá-la quanto à sua qualidade e adequação ao local assim como medir a sua eficiência.

3.1.2.1. FLUXO LUMINOSO

Em todos os sistemas luminosos obtém-se energia luminosa por transformação de outro tipo de energia. Se chamarmos fluxo radiante à energia radiante emitida por uma lâmpada por unidade de tempo, a parte desse fluxo que produz sensação luminosa ao olho humano é o fluxo luminoso (ϕ). A unidade de fluxo luminoso é o lúmen (lm).

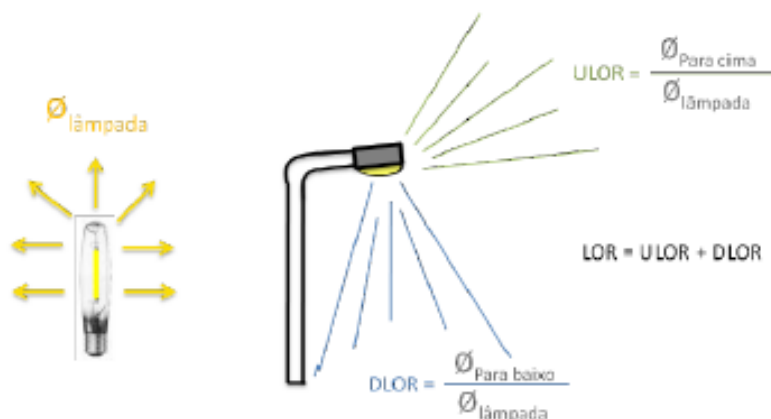


Figura 4 Fluxo luminoso emitido por uma lâmpada [10].

O valor do fluxo luminoso permite saber a quantidade de luz emitida pela fonte num intervalo de tempo.

$$Q = \phi \times t$$

Em que:

- Q é a quantidade de luz (lm.s);
- ϕ é o fluxo luminoso (lm);
- t é o intervalo de tempo (s).

3.1.2.2. INTENSIDADE LUMINOSA

Para compreender esta grandeza é necessário conhecer o conceito de ângulo sólido.

Ângulo sólido pode ser definido como aquele que, visto do centro de uma esfera, percorre uma dada área sobre a superfície dessa esfera, como se pode ver na figura seguinte.

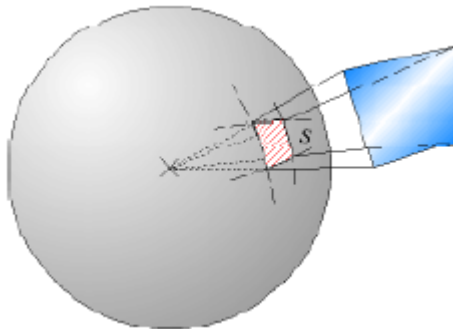


Figura 5 Ângulo sólido. [10]

Assim o ângulo sólido será dado por:

$$W = \frac{S}{r^2}$$

Em que:

- w é o ângulo sólido;

- S é a área de superfície esférica (m^2);
- r é o raio da esfera (m).

Intensidade luminosa pode então ser definida como fluxo luminoso compreendido na unidade de ângulo sólido no qual é emitido, pressupondo-se que a fonte luminosa é pontual.

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o fluxo luminoso seria distribuído em forma de esfera. No entanto, tal facto é quase improvável, pelo que é necessário medir o valor da luz emitida em cada direção.

À representação esquemática no espaço envolvente da intensidade luminosa, dá-se o nome de diagrama fotométrico, sendo que os comprimentos dos vetores dessa distribuição espacial representam a intensidade luminosa.

A unidade de intensidade luminosa é o candela (cd).

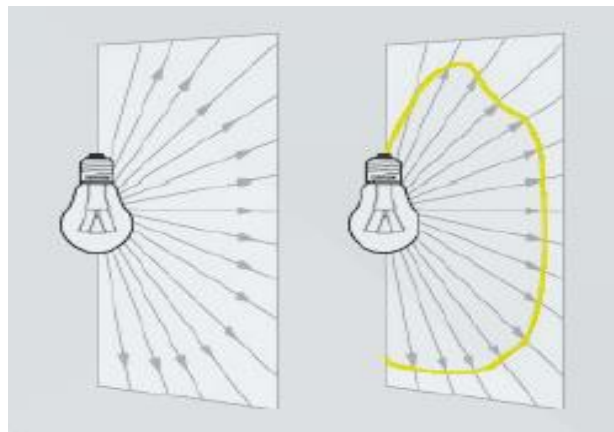


Figura 6 Intensidade Luminosa ou Fluxo Luminoso. [10]

A intensidade luminosa é obtida pela expressão:

$$I = \frac{\phi}{w}$$

Em que:

- I é a intensidade luminosa (cd);
- ϕ é o fluxo luminoso (lm);
- w é o ângulo sólido.

3.1.2.3. ILUMINÂNCIA

Iluminância ou iluminação é o fluxo luminoso recebido por unidade de área iluminada como representado na figura 7. A unidade de iluminância é o lux (lx). Podemos definir um lux como a iluminância de uma superfície de 1 m² que recebe, uniformemente repartida, o fluxo de 1 lúmen.

Assim, a iluminância é dada por:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

Em que:

- E é a iluminância (lux);
- ϕ é o fluxo luminoso (lm);
- S é área a superfície iluminada (m²).

A iluminância é um dos fatores mais importantes a ter em conta no dimensionamento de uma instalação de iluminação, pois deve ser adequada ao local.

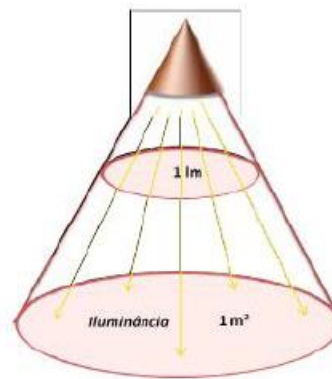


Figura 7 Iluminância sobre uma superfície. [10]

Existem quatro medidas de iluminância possíveis:

- Horizontal.
- Vertical.
- Semicilíndrica.
- Hemisférica.

Iluminância Horizontal

Os pontos de cálculo devem estar localizados num plano ao nível do chão na área de interesse. Para cada ponto, a iluminância horizontal é calculada pela seguinte fórmula:

$$E = \frac{I \times \cos^3(\epsilon) \times \phi \times MF}{H^2}$$

Legenda:

E - Iluminância horizontal num ponto, em lux.

I - Intensidade luminosa na direção do ponto, em candelas (cd), normalizada por kilo lúmen (klm).

ϵ - Ângulo de incidência da luz no ponto, em graus.

H - Altura a que se encontra a luminária, em metros.

ϕ - Fluxo luminoso inicial da(s) lâmpada(s) da luminária, em klm.

MF - Produto do fator de manutenção do fluxo da lâmpada (LLMF) com o fator de manutenção da luminária (LMF).

Iluminância Hemisférica

Os pontos de cálculo são novamente localizados num plano ao nível do chão, na área de interesse. Para o cálculo da iluminância hemisférica num determinado ponto, recorre-se à seguinte equação:

$$E = \frac{I \times [\cos^3(\epsilon) + \cos^3(\epsilon)] \times \phi \times MF}{4 \times H^2}$$

Iluminância Semicilíndrica

Os pontos de cálculo devem estar localizados num plano a 1,5 metros acima da superfície da área de interesse. Para cada ponto, a iluminância semicilíndrica é calculada pela seguinte fórmula:

$$E = \frac{I \times [1 + \cos(\alpha)] \times \cos^2(\epsilon) \times \sin(\epsilon) \times \phi \times MF}{\pi \times (H - 1.5)^2}$$

α - Ângulo entre o plano vertical que contém o caminho do raio incidente, com o plano vertical em ângulos retos à superfície rebatida do semicilindro (Figura 8).

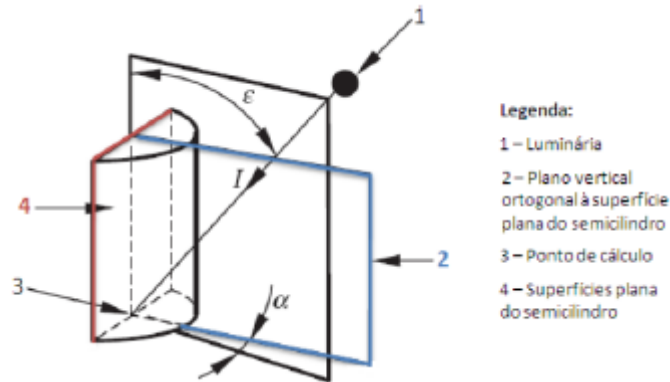


Figura 8 Ângulos usados no cálculo da iluminância semicilíndrica. [10]

Iluminância Vertical

Os pontos de cálculo devem igualmente estar localizados num plano a 1,5 metros acima da superfície da área de interesse. Para cada ponto, a iluminância vertical é calculada pela seguinte fórmula: [10]

$$E = \frac{I \times \cos(\alpha) \times \cos^2(\epsilon) \times \text{sen}(\epsilon) \times \phi \times MF}{(H-1.5)^2}$$

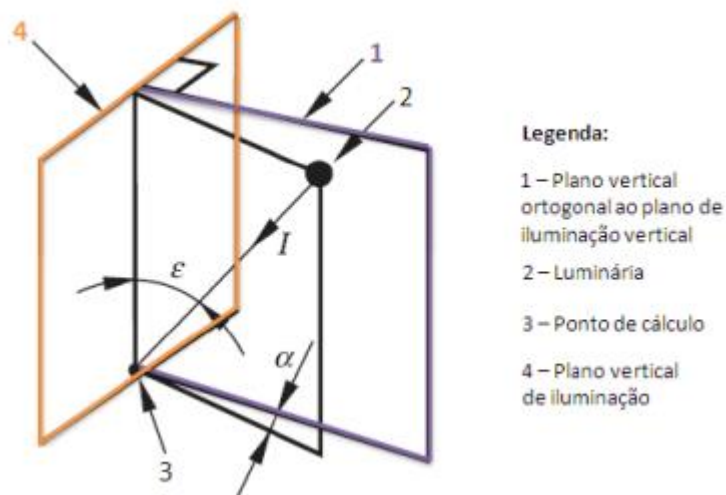


Figura 9 Ângulos usados no cálculo da iluminância vertical. [10]

3.1.2.4. LUMINÂNCIA

A luminância é uma medida da densidade da intensidade da luz refletida numa dada direção, que descreve a quantidade de luz que atravessa ou é emitida de uma superfície. Pode ser definida pelo quociente entre a intensidade luminosa emitida a uma fonte luminosa ou por uma superfície refletora e sua área aparente. A unidade de luminância é o cd/m^2 e o seu valor é obtido pela seguinte expressão:

$$L = \frac{I}{S_a}$$

Em que:

- L é a luminância (cd/m^2);
- I é a intensidade luminosa (cd);
- S_a é a área de superfície aparente (m^2).

As figuras 10 e 11 ajudam a explicar melhor o conceito de luminância:

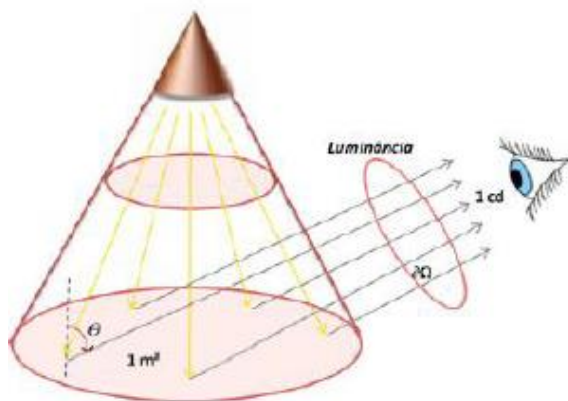


Figura 10 Exemplo de Luminância. [10]

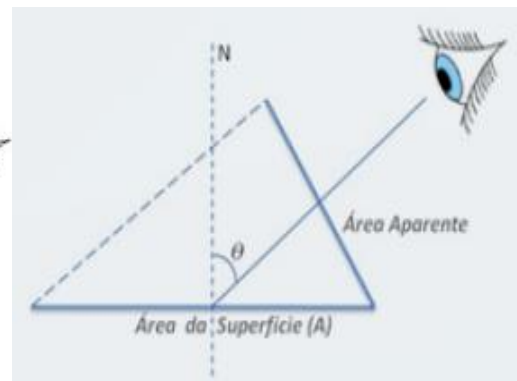


Figura 11 Área Aparente. [10]

A distribuição da luminância no campo de visão das pessoas numa área de trabalho proporcionada pelas várias superfícies dentro da área (luminárias, janelas, teto, parede, piso e superfície de trabalho), deve ser considerada como complemento à determinação das iluminâncias (lux) do ambiente, a fim de evitar ofuscamento.

3.1.3. VISÃO

3.1.3.1. ACUIDADE VISUAL

A acuidade visual relaciona-se com a capacidade de resolução espacial de dois pontos e depende da densidade dos recetores na retina e do poder de refração do sistema das lentes óticas. Por outras palavras a acuidade visual é a capacidade que o olho tem de reconhecer separadamente, com nitidez e precisão, objetos muito pequenos e próximos entre si. As distâncias na retina são referidas em termos de ângulo visual (θ). Assim, dizemos que a capacidade do olho em distinguir dois pontos está associada a um certo valor de ângulo visual. Quantitativamente, podemos dizer que a acuidade visual é o inverso do ângulo mínimo sob o qual os olhos conseguem distinguir um pormenor.

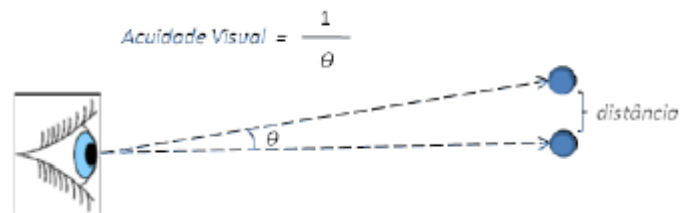


Figura 12 Esquematização da acuidade visual. [11]

Quando, por exemplo, são realizados testes visuais com letras e números de diferentes tamanhos num consultório oftalmológico, está a ser pesquisada a acuidade visual do paciente. O olho (na região da fóvea) possui uma capacidade de focagem elevada que permite discriminar duas linhas afastadas por 0,3 mm a uma distância de 1 metro.

Existem vários fatores que irão influenciar a acuidade visual, tais como [11]:

- Adaptação – capacidade que o olho humano possui para se ajustar a diferentes níveis de intensidade luminosa, mediante os quais a pupila irá dilatar ou contrair.
- Acomodação – é o ajustamento das lentes do cristalino do olho de modo a que a imagem esteja permanentemente focada na retina.
- Contraste – é a diferença de luminância entre um objeto que se observa e o seu espaço envolvente.

- Idade - A capacidade visual de uma pessoa diminui com a idade, uma vez que, com o passar dos anos o cristalino endurece perdendo a sua elasticidade, o que torna mais complicada a tarefa de focalização das imagens dos objetos.

3.1.3.2. CURVA DE SENSIBILIDADE DO OLHO

Define a sensibilidade do olho ao longo do dia.

A curva define desde as condições de boa iluminação ($> 3 \text{ cd/m}^2$) que ocorrem durante o período diurno, onde a visão é mais nítida, detalhada e as cores se distinguem perfeitamente, (denominada de visão fotópica, atingindo um valor máximo aos 555nm – amarelo-esverdeado).

Quando os níveis de luminância são inferiores a $0,25 \text{ cd/m}^2$, a sensação de cor não existe e a visão é mais sensível aos tons azuis e à luz (denominada de visão escotópica, com um valor máximo aos 493nm – azul-esverdeado).

Nas situações existentes entre estes valores, a capacidade para distinguir as cores diminui em conformidade com a diminuição da quantidade da luz, variando a sensibilidade aos tons amarelados para os tons azuis (denominada de visão mesópica).

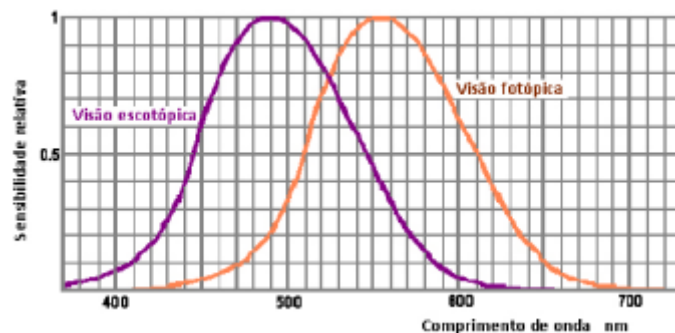


Figura 13 Sensibilidade relativa da visão fotópica e escotópica. [11]

Visão Escotópica

É o termo científico para referir a visão humana no escuro, sendo que nestas condições o olho humano utiliza os bastonetes para perceber a luz. A gama de sensibilidade dos bastonetes torna o olho mais sensível à luz azul durante a noite, enquanto a luz vermelha

é quase exclusivamente percebida na visão fotópica (visão diurna). A máxima eficácia é 1700 lm/W num comprimento de onda de 507 nm. [11]

Visão Fotópica

É o termo científico para a visão colorida dos humanos, sob condições normais de luminosidade durante o dia. O olho humano usa três tipos de cones para perceber a luz em três bandas respectivas de cor. Os pigmentos dos cones têm um valor máximo de absorção em comprimentos de onda de cerca de 445 nm (azul), 540 nm (verde) e 575 nm (amarelo). As suas gamas de sensibilidade sobrepõem-se para proporcionar uma visão contínua (mas não linear) ao longo do espectro visual. A máxima eficácia é 683 lm/W num comprimento de onda de 555 nm (amarelo). [11]

Visão Mesópica

Encontra-se nos extremos da visão fotópica e escotópica. Nesta situação, quer os bastonetes quer os cones estão ativos. Acontece tipicamente ao entardecer e em condições noturnas com um luar intenso, e inclui quase todas as situações de iluminação externa. São as condições existentes para a visão humana à noite com a IP ligada.

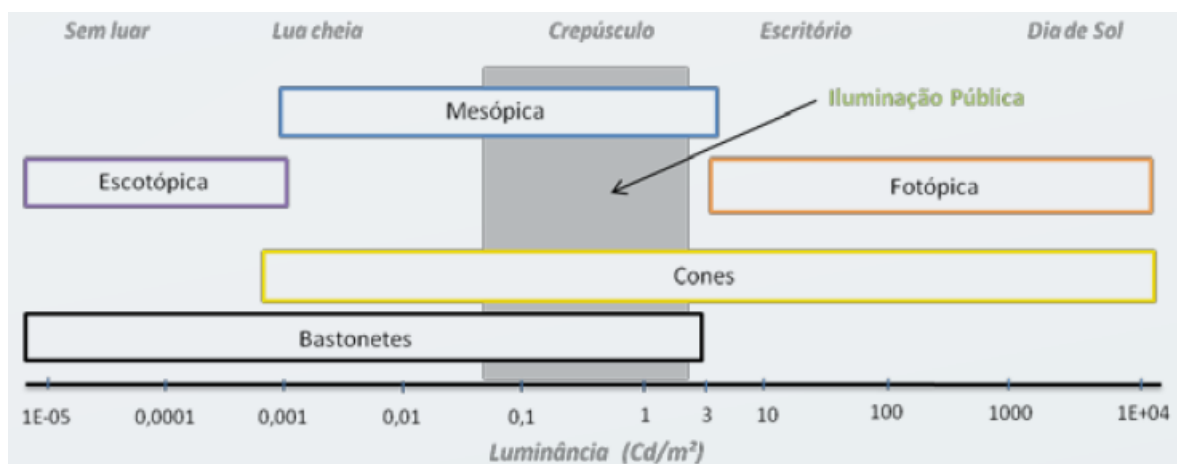


Figura 14 Gamas de luminância para cada tipo de visão e dos fotorreceptores. [10]

3.2. COMPONENTES DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

3.2.1. LUMINÁRIAS

Uma luminária ou armadura tem como funções o controlo da distribuição da luz emitida por uma ou mais lâmpadas, deve incluir todos os elementos necessários para a fixação e proteção das lâmpadas e para a sua ligação ao circuito de alimentação, isto é, lâmpadas, balastos, reatores, difusores, entre outros.

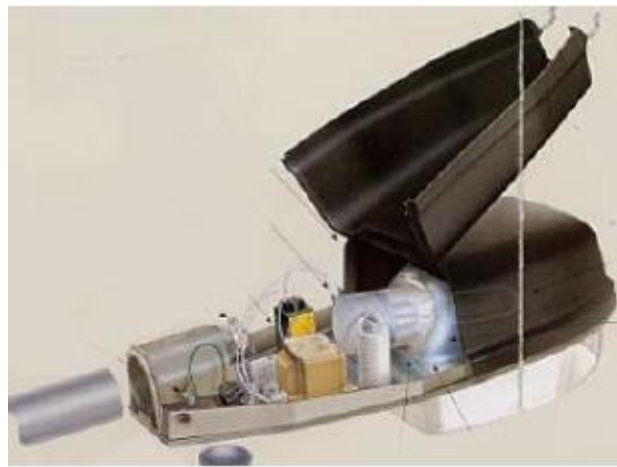


Figura 15 Exemplo de Luminária.

Existem no mercado diversos modelos de armaduras, diferindo no tipo de lâmpadas que usam, na maneira como distribuem a luz e no tipo de montagem.

A iluminação produzida por uma luminária pelo modo como esta a distribuiu:

- Direta: mais de 90% da luz é distribuída para baixo (*downlighting*);
- Indireta: mais de 90 % da luz é distribuída para cima (*uplighting*);
- Semidirecta: entre 60 a 90% da luz é distribuída para baixo e o restante para cima;
- Difusa: percentagens semelhantes de luz são distribuídas para cima e para baixo;
- Destaque: A direção e abertura de projeção são ajustadas para cada objetivo.

Outra propriedade das armaduras é o seu ângulo de *cut-off*, que é o ângulo formado entre a horizontal do teto e uma reta imaginária que, sendo tangente à lâmpada, passa pelo extremo do refletor.

Uma das principais características das armaduras a ter em conta pelos projetistas no momento do projeto luminotécnico é o índice de proteção da armadura, que deve ser adequado ao local onde esta será montada. O índice de proteção de uma armadura indica a forma como está protegida contra os agentes externos, tais como a humidade, a água e a poeira. Segundo o sistema IP, o índice de proteção é indicado por dois algarismos, o primeiro indicando o grau de proteção contra a penetração de corpos sólidos, e o segundo o grau de proteção contra a água. Por sua vez, o sistema IK, o índice de proteção contra ações mecânicas é indicado por dois algarismos que indicam a resistência do produto.

3.2.1.1. RÁCIO DE SAÍDA DO FLUXO – *LIGHT OUTPUT RATIO (LOR)*

O rácio de saída do fluxo luminoso (LOR) pode ser entendido como o quociente entre o fluxo luminoso (ϕ) total de uma luminária (medido em condições práticas específicas com as suas lâmpadas e equipamento auxiliar), e a soma dos fluxos luminosos individuais dessas mesmas lâmpadas, quando operadas fora da luminária com o mesmo equipamento auxiliar e condições práticas. [11]

$$LOR = \frac{\phi_{\text{Saída da luminária}}}{\sum \phi_{\text{Fonte de luz individual}}}$$

Para a realização de um projeto de iluminação pública eficiente, convém conhecer-se dois conceitos derivados do LOR, ou seja:

- Rácio de Saída do Fluxo Luminoso Ascendente – *Upward Light Output Ratio (ULOR)*.
- Rácio de Saída do Fluxo Luminoso Descendente – *Downward Light Output Ratio (DLOR)*.

O ULOR de uma luminária é o rácio entre o fluxo emitido para cima pela luminária, com a soma dos fluxos luminosos individuais dessas mesmas lâmpadas quando operadas fora da luminária.

O DLOR de uma luminária é o rácio entre o fluxo emitido para baixo pela luminária, com a soma dos fluxos luminosos individuais dessas mesmas lâmpadas quando operadas fora da luminária. [11]

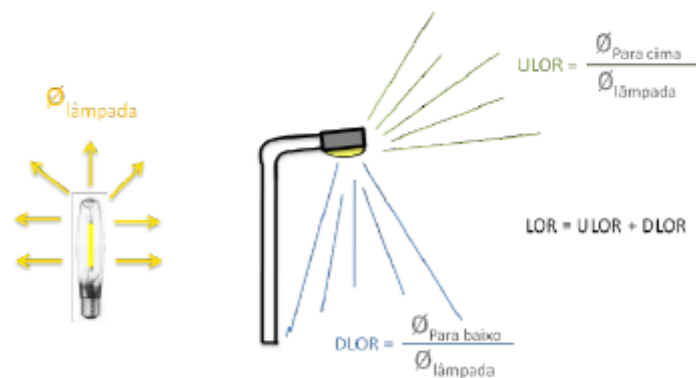


Figura 16 DLOR e ULOR. [11]

3.2.2. CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS

Os tipos de lâmpadas usados atualmente são numerosos e podem ser usados para diversos tipos de aplicação. No entanto cada tipo de lâmpada possui características diferentes que devem ser tidas em conta para a sua escolha.

As principais características luminotécnicas de uma lâmpada são:

- Rendimento luminoso;
- Temperatura de cor;
- Restituição de cores;
- Luminância;
- Duração de vida média.

Assim, antes de efetuar um estudo sobre os tipos de lâmpadas existentes no mercado, será útil estudar estas características.

3.2.2.1. RENDIMENTO LUMINOSO

Rendimento luminoso ou eficiência luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso absorvido pela lâmpada e a potência elétrica absorvida pela lâmpada. A unidade de medida é o lúmen por Watt (lm/W). Uma lâmpada proporciona uma maior eficiência luminosa quando a energia consumida para gerar um determinado fluxo luminoso é menor do que da outra. [11]

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{P} \text{ (lm/W)}$$

Em que:

- ε é o rendimento (lm/W);
- Φ é o fluxo luminoso (lm);
- P é a potência da lâmpada (W).

3.2.2.2. TEMPERATURA DE COR

A temperatura de cor é uma característica da luz visível, determinada pela comparação da sua saturação cromática com a de um corpo negro radiante ideal, ou seja, é a temperatura a que um corpo negro irradiaria a mesma cor da fonte luminosa. Mede-se em K (Kelvin).

- 2800 a 3200K: Tons quentes;
- 3200 a 4500K: Luz Branca;
- 4500K a 6500K: Luz do dia (tons azulados).

Na tabela seguinte encontram-se alguns exemplos da temperatura de cor¹ e sua aparência:

Tabela 2 Aparência das temperaturas de cor em Iluminação Pública. [11]

Temperatura (K)	Aparência	
$T < 3300$	Quente (branco alaranjado)	
$3300 < T < 5000$	Intermédio (branco)	
$T > 5000$	Fria (branco azulado)	

¹ Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz. O conceito de luz quente ou fria relaciona-se com a tonalidade de cor que a fonte de luz apresenta ao ambiente. As fontes luminosas podem variar entre 2.000 K até mais de 10.000 K. Do ponto de vista técnico a tonalidade da luz que irradia uma fonte de luz conhece-se pela sua temperatura de cor.

3.2.2.3. RESTITUIÇÃO DE COR

A restituição de cores é uma expressão que designa, sob o aspeto da reprodução cromática, o efeito da radiação emitida por uma fonte, nos objetos que ilumina. Este efeito é comparado ao aspeto cromático dos mesmos objetos iluminados, por uma fonte de referência (luz do dia). Ou seja, o IRC indica a capacidade que uma fonte luminosa possui em restituir fielmente as cores de um objeto ou de uma superfície iluminada. Este índice varia entre 0 (nenhuma fidelidade) e 100 (máxima fidelidade). Quanto maior o IRC, melhor o equilíbrio entre as cores. Quanto maior a diferença na aparência de cor do objeto iluminado em relação ao padrão, menor será o seu IRC.

Tabela 3 Exemplos de índices de restituição de cor.

Qualidade desejada	Valor limite de IRC	Exemplos de aplicação
A apreciação das cores tão exacta quanto possível, é essencial. Excelente restituição de cores.	IRC > 90	Controle, selecção, exame, ... Laboratórios Indústria textil Tipografias Produtos agrícolas
Restituição de cores de boa qualidade. Necessidade de uma iluminação agradável.	IRC > 80	Escritórios; escolas Estabelecimentos comerciais
Restituição de cores aceitável.	IRC > 70	Escritórios; escolas Estabelecimentos comerciais
Restituição de cores medíocre, mas aceitável.	60 < IRC < 70	Indústria: armazém, mecânica.
Nenhuma exigência de restituição de cores.	IRC < 60	Indústria: fundições, armazéns de peças.

A temperatura de cor apenas se refere à sua tonalidade e não à sua composição espectral que irá influenciar a capacidade de reproduzir a cor do objeto. Assim se explica o facto de lâmpadas com a mesma temperatura de cor possuírem um índice de restituição de cor diferente.

3.2.2.4. TEMPO DE VIDA

O tempo de vida de uma lâmpada é o número de horas após o qual um lote significativo de lâmpadas deixa de emitir fluxo luminoso, é normalmente referenciado (mas não exclusivamente) pelos seguintes indicadores:

- B50 – índice de mortalidade. Indica o número de horas após as quais 50% de um lote significativo de lâmpadas acesas deixa de emitir fluxo luminoso.
- L70 – é normalmente definido em horas e representa o tempo no qual o fluxo luminoso inicial das lâmpadas testadas foi reduzido em cerca de 30%.

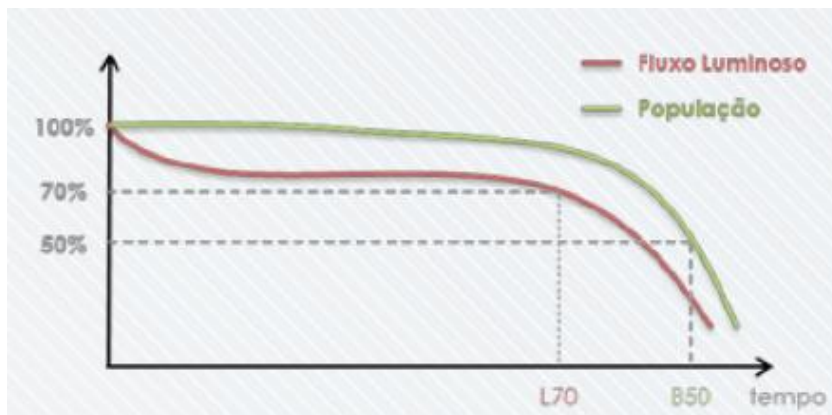


Figura 17 Tempo de vida útil (L70) e médio (B50). [10]

Este valor é indicado pelo fabricante e é um valor aproximado que pode ser afetado por diversos fatores, tais como o número de vezes que se liga e desliga, a tensão de funcionamento, a temperatura ambiente e a presença de vibrações.

Esta é uma das características das fontes luminosas mais relevantes, pois influencia os custos de funcionamento, quer ao nível dos custos de manutenção quer do custo de aquisição de lâmpadas durante um determinado período. [10]

3.2.3. TIPOS DE LÂMPADAS

Desde as lâmpadas incandescentes várias tecnologias foram desenvolvidas para sistemas de iluminação. Assim foram surgindo novos tipos de lâmpadas mais eficientes, mas também com outras características luminotécnicas.

As lâmpadas podem ser agrupadas nas seguintes categorias:

- Lâmpadas Incandescentes;
- Lâmpadas de Descarga;
- Lâmpadas de Indução;
- LED's.

Uma vez que o estudo incide sobre a iluminação pública, serão apenas analisadas lâmpadas de descarga de **VAPOR DE MERCÚRIO, VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO, IODETOS METÁLICOS E LED**, visando os seus princípios de funcionamento e principais características.

3.2.3.1. LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO (VM)

Esta lâmpada tem dentro do tubo de descarga vapor de mercúrio e argônio e quatro eletrodos: dois principais e dois auxiliares. A luz desta lâmpada é caracterizada por falta de radiações vermelhas, tomando uma cor branca – azulada (este inconveniente pode ser melhorado com a junção em série de um filamento de tungstênio, originando a chamada lâmpada mista).

Tem grande aplicação na iluminação de estradas, aeroportos, grandes naves industriais e geralmente em grandes espaços exteriores.

As suas principais características são:

- Eficiência luminosa (média): 50 a 60 lm/w
- Vida útil (elevada): cerca de 9 000 horas.
- Índice de restituição de cor: 40 a 48 conforme o modelo.

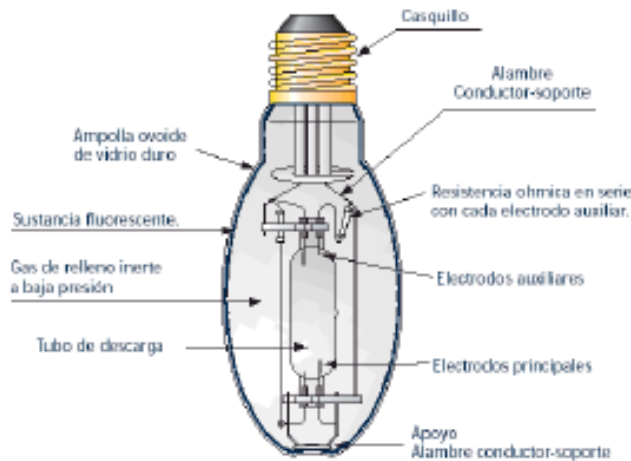


Figura 18 Lâmpada de vapor mercúrio.

3.2.3.2. LÂMPADAS DE VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO (VSAP)

Este tipo de lâmpada é constituído por um tubo de descarga contendo no seu interior uma mistura de sódio e mercúrio que é vaporizada provocando posteriormente um arco entre os elétrodos no tubo de descarga, permitindo a condução e conseqüente emissão de luz visível.

A ionização do gás dá-se apenas quando a descarga elétrica é elevada, pelo que estas lâmpadas necessitam de um arrancador que gera uma sobretensão quando se liga a lâmpada.

Outro equipamento necessário para o uso deste tipo de lâmpadas é o balastro, que limita a corrente fornecida à lâmpada após o arranque. Após a formação do arco, a impedância da lâmpada desce e o balastro impede a ocorrência de um curto-circuito.

A tensão de arco existente na lâmpada aumenta entre 1 a 2 (V) por cada 1000 horas de funcionamento, devido à diminuição da pressão dos gases que compõem a mistura dentro do tubo de descarga. Este incremento é bastante relevante, uma vez que, aumentos de cerca de 10% no valor da tensão de arco implicam aumentos entre 20 a 25 % da potência. Adicionalmente, terá mais dificuldades em arrancar com tensões de linha reduzidas. Demoram cerca de 10 minutos a atingir o seu fluxo luminoso máximo e têm um tempo de reacendimento de aproximadamente 1 minuto. [10]

Tem uma elevada eficiência luminosa até 140 lm/W, longa durabilidade e, conseqüentemente, longos intervalos para reposição, são sem dúvida a garantia da mais econômica fonte de luz.

Estas lâmpadas diferem pela emissão de luz branca e dourada, indicada para iluminação de locais onde a reprodução de cor não é um fator importante. Amplamente utilizadas na iluminação externa, em avenidas, autoestrada, viadutos, complexos viários etc., têm o seu uso ampliado para áreas industriais, siderúrgicas e ainda para locais específicos como aeroportos, estaleiros, portos, ferrovias, pátios e estacionamentos.

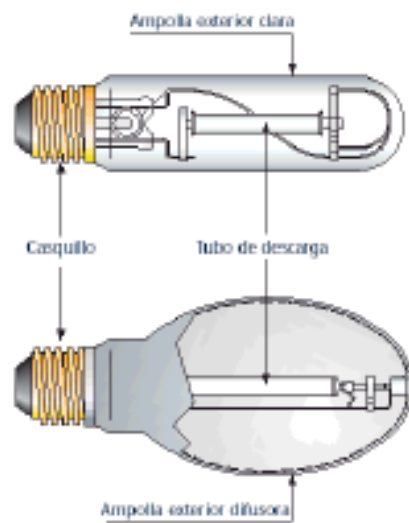


Figura 19 Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.

As suas principais características são:

- Rendimento Luminoso: 80 a 150 lm/W;
- Temperatura de cor: 2000 a 2500 K;
- IRC: 60 a 69; 80 para as lâmpadas de luz branca;
- Tempo de vida útil: 8000 horas.

3.2.3.3. LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO DE IODETOS METÁLICOS (IM)

Este tipo de lâmpada é um aperfeiçoamento da lâmpada de vapor de mercúrio que, devido à presença de iodetos metálicos, possui um IRC e uma eficácia luminosa muito superiores, mas um tempo de vida um pouco menor.

As lâmpadas de vapor de mercúrio e as lâmpadas de vapor de sódio não são apropriadas sempre que seja exigido um elevado índice de restituição de cores. As investigações técnicas permitem concluir que pode obter-se uma boa restituição de cores quando a fonte de luz emite radiação nas três cores primárias: vermelho, verde e azul. Então introduziu-se no tubo de descarga uma mistura de iodetos de sódio, índio e tálio. O mercúrio mantém-se no tubo de descarga, mas pouco contribui para que seja obtida a radiação desejada. O resultado é uma fonte de luz com uma razoável restituição de cores.

Este tipo de lâmpadas pode atingir um nível de restituição de cores próximo do ideal introduzindo no gás de uma lâmpada de descarga de vapor de mercúrio de alta pressão uma mistura de cloreto e iodeto de estanho.

Para a ignição deste tipo de lâmpadas de descarga é necessário um *ignitor* que produza picos de tensão elevados ($\leq 5\text{kV}$).

As lâmpadas de iodetos metálicos, tal como as de vapor de sódio, necessitam de um período de aquecimento, proporcional à sua potência, de vários minutos. O seu período de reacendimento é inclusivamente o maior das tecnologias descritas, cerca de 15 minutos.

Devido ao custo de fabrico da lâmpada a sua utilização fica limitada à iluminação exterior por projetores, nomeadamente de estádios e recintos desportivos, nos casos em que seja importante obter um bom índice de restituição de cores.

As suas principais características são:

- Rendimento Luminoso: 50 a 100 lm/W;
- Temperatura de cor: 3000 a 7000 K;
- IRC: 80 a 100;
- Tempo de vida útil: 3000 a 12000 horas.

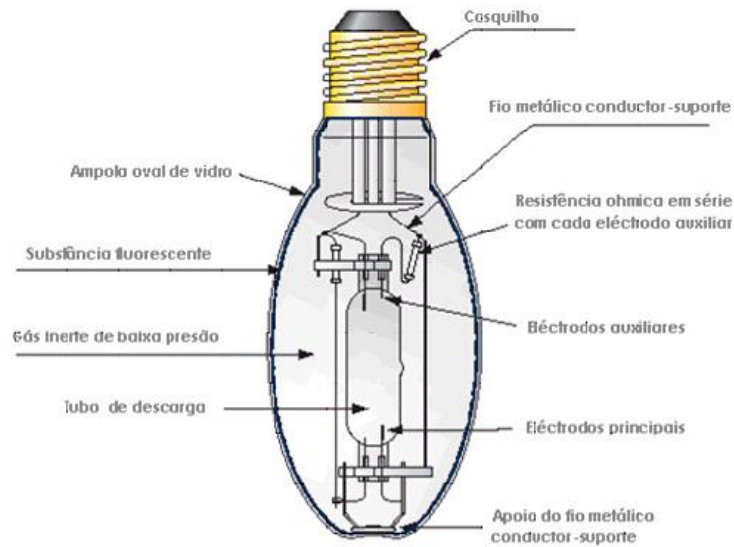


Figura 20 Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos. [12]

3.2.3.4. LED'S

O díodo emissor de luz (LED – *Light Emitting Diode*) transforma a energia elétrica em luz num cristal de semicondutor (*chip*). Tal transformação é diferente da encontrada em lâmpadas convencionais (incandescentes, descarga e indução), pois nos LED ela é efetuada dentro da matéria sólida. Daí que também seja denominada iluminação de estado sólido (SSL – *Solid State Lighting*).

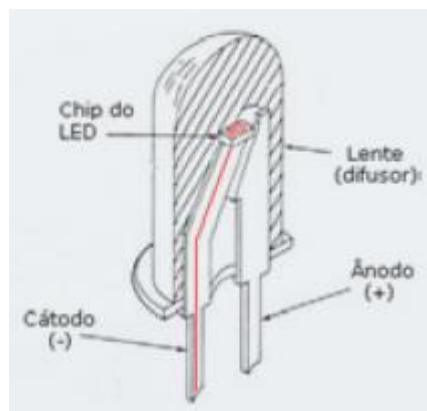


Figura 21 Exemplo esquemático do interior de um LED. [10]

O LED é baseado no díodo semicondutor, que quando diretamente polarizado, faz com que os elétrons se recombinem no interior do dispositivo, libertando energia na forma de

fotões. A luz é emitida numa banda espectral relativamente estreita e é produzida pelas interações energéticas dos eletrões. Os leds já são usados há muito tempo e com sucesso nos mais diversos equipamentos eletrónicos. Mais recentemente começaram a ser usados na sinalização viária e agora está-se a evoluir para a sua aplicação na iluminação pública.

Há duas formas de obter luz branca com LED's. A primeira consiste numa combinação de fósforo excitado por uma emissão de radiação azul ou ultravioleta. A segunda é pela combinação de LED's monocromáticos com diferentes cores como mostra a figura 22. Este último método revela-se mais eficiente e flexível, uma vez que variando os comprimentos de onda de cada LED monocromático obtêm-se diferentes resultados no que diz respeito a rendimento, fluxo luminoso e IRC. [10]

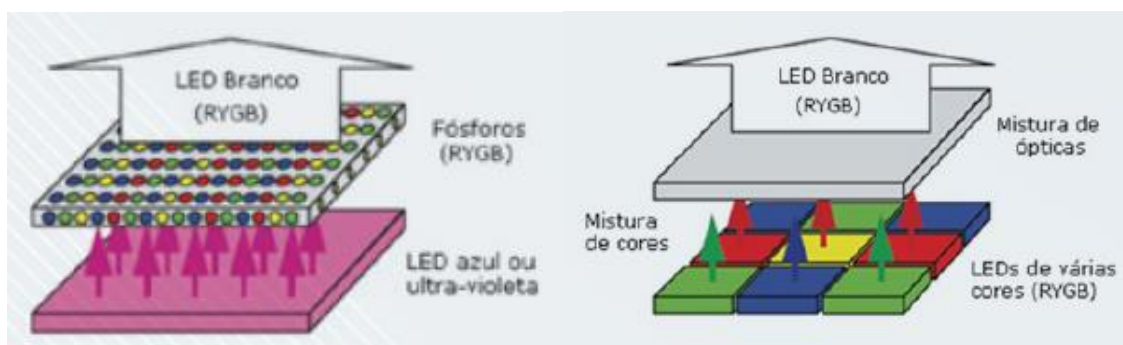


Figura 22 Obtenção de Luz Branca, Excitação de Fósforo e Combinação de LED's. [10]

Os LED's de cor branca têm vindo a evoluir rapidamente, quer em potência, quer em restituição cromática, de tal forma que, hoje em dia, já conseguem ser uma alternativa à iluminação convencional em todas as suas vertentes. A quantidade de luz emitida por um LED é conhecida como fluxo luminoso e é medido em lúmen (lm). O fluxo luminoso depende da cor e da densidade de corrente elétrica que alimenta o LED. Quanto mais corrente o *driver* do LED conseguir administrar, mais fluxo luminoso será emitido. No entanto, a eficiência da transformação da corrente em luz é reduzida.

Atualmente os LED's emitem um fluxo luminoso que ronda os 150 lm/W e com potência, por LED, de 1,0 - 5,0 watts, disponíveis em várias cores, responsáveis pelo aumento considerável na substituição de alguns tipos de lâmpadas em várias aplicações de iluminação.

O funcionamento do LED só é possível através de uma fonte de alimentação especial, o *driver*, que irá converter a tensão alternada da rede em tensão contínua. Para além do rendimento/qualidade da eletrónica associada ao LED, o seu desempenho também dependerá da temperatura. Quer o fluxo luminoso, quer o tempo de vida diminuirão com temperaturas mais elevadas a que o LED esteja sujeito.

A manutenção do fluxo luminoso é expressa em horas e é definido da forma LxBy, onde x representa a percentagem de luz emitida pelo LED, e y representa o número de LED's que deixaram de cumprir os critérios mínimos. Para os LED's é normal considerar 60000 horas L70B10, isto significa que após 60000 horas de uso a luminária LED vai fornecer 70% do seu fluxo luminoso e que apenas 10% dos LED's não atingirá esse nível.

As principais características deste tipo de lâmpadas são:

- Rendimento Luminoso: 40 a 85 lm/W;
- Temperatura de cor: 3000 a 6000 K;
- IRC: 60 a 90;
- Tempo de vida útil: 60000 horas.



Figura 23 Luminária de Iluminação Pública de LED. [13]

As principais vantagens dos LED's, relativamente às restantes fontes de luz são:

- Maior vida útil e conseqüente baixa manutenção;
- Baixo consumo (relativamente às lâmpadas de incandescência) e uma eficiência energética (em torno de 50 lm/Watt);

- O fluxo direcionado é extremamente útil em iluminação pública, diminuindo a poluição luminosa, aumentando a eficiência da instalação;
- O acendimento é imediato, o que permite possibilidades de *dimming*/controlo mais eficientes;
- Não emitem luz ultravioleta (sendo ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejado, como por exemplo, locais onde existam quadros e obras de arte);
- Não emitem radiação infravermelha, fazendo por isso que o feixe luminoso seja frio.
- Resistência a impactos e vibrações: Utiliza tecnologia de estado sólido, portanto, sem filamentos e sem vidro, aumentando a sua robustez.
- Maior segurança, já que trabalham em baixa tensão (< 33V). Proporcionam segurança para os utilizadores durante a sua instalação e utilização.

Por outro lado, as desvantagens apresentadas são:

- Custo de aquisição elevado, caso a aplicação seja desadequada;
- O índice de restituição de cor (IRC) pode não ser o mais adequado;
- Necessidade de fonte de alimentação ou interface (transformador ou um “*driver*”) que converta as características de alimentação de uma tomada comum para um padrão adequado ao funcionamento do led.
- Necessidade de dispositivos de dissipação de calor, nos leds de alta potência (a quantidade de luz emitida pelo led diminui com o aumento da temperatura).

3.2.4. BALASTROS

Os balastros são equipamentos inseridos entre a rede de alimentação e uma lâmpada de descarga. A função destes equipamentos passa por limitar a corrente de funcionamento, produzir a tensão de arranque e pré-aquecer os elétrodos de modo a facilitar a emissão de eletrões para iniciar a descarga.

Dependendo das suas características, o balastro poderá igualmente:

- Transformar a tensão de alimentação;
- Fazer a regulação do fluxo luminoso (*dimming*) da lâmpada;
- Corrigir o fator de potência;
- Melhorar o arranque a frio da lâmpada.

Os balastros podem ser de dois tipos: magnéticos ou eletrônicos.

3.2.4.1. BALASTROS ELETROMAGNÉTICOS/MAGNÉTICOS

Os balastros eletromagnéticos, ou simplesmente magnéticos, são constituídos essencialmente por um grande número de espiras de cobre sobre um núcleo ferromagnético laminado. As perdas de Joule que ocorrem no cobre e as perdas magnéticas (histerese e correntes de Foucault) no núcleo ferromagnético implicam um consumo adicional entre 5% a 25% da potência de entrada da lâmpada. Este valor irá depender das dimensões e construção dos circuitos elétrico e magnético do balastro.

Tal como outros dispositivos elétricos, o balastro gera calor devido à resistência óhmica e às perdas magnéticas. Cada balastro tem um valor máximo de temperatura que não pode ser excedido. Normalmente este valor encontra-se inscrito no balastro. Por exemplo, um valor 10°C acima do recomendado pode diminuir o seu tempo de vida útil em 50%.

Os balastros magnéticos mais comuns são [10]:

- Indutivo - formado por uma simples bobina e o seu correspondente núcleo magnético. É o mais simples, pequeno e eficiente de todos os balastros e usa a tensão da linha para que o arrancador faça a ignição da lâmpada.
- Autotransformador - utilizado quando a tensão da linha de alimentação não é suficiente para que se dê a ignição da lâmpada através de um simples balastro indutivo. Assim, eleva a tensão para auxiliar o processo.
- Autorregulador - combina um autotransformador com um circuito regulador. O seu tamanho é reduzido, uma vez que, parte do enrolamento do primário é comum ao do secundário. Estes balastros são constituídos por um núcleo laminado de aço silício (com baixas perdas) e bobinas de fio de cobre esmaltado, impregnados com

resina de poliéster adicionado com carga mineral, tendo um grande poder de isolamento e dissipação térmica. Devido à presença das bobinas tem fator de potência baixo. Assim nas instalações onde exista grande número de lâmpadas fluorescentes e se opte por este tipo de balastros é necessário o uso de equipamentos auxiliares para compensação do fator de potência.

As principais vantagens dos Balastros Magnéticos, são:

- Custo bastante reduzido;
- Simplicidade e robustez;

Por outro lado, as desvantagens dos Balastros Magnéticos, são:

- Dimensões e peso;
- Baixa fiabilidade na ignição. Se o pico de tensão não ocorrer no ponto ótimo, a lâmpada poderá não arrancar;
- Fator de potência baixo, sendo necessário condensadores para compensá-lo;
- Uma variação de $\pm 10\%$ na tensão da linha causa uma variação de $\pm 20\%$ da potência da lâmpada;
- Rendimento médio-baixo devido a perdas elétricas e magnéticas;
- Dificuldade de regulação do fluxo luminoso, só podendo ser efetuada através de balastros de duplo nível;
- Risco de sobreintensidades, devido ao efeito de saturação do balastro.



Figura 24 Exemplo de Balastro eletromagnético. [14]

3.2.4.2. BALASTROS ELETRÓNICOS

Os balastros eletrônicos apareceram no início dos anos 80 e são conversores de eletrônica de potência (AC-DC-AC) com as seguintes funções principais [10]:

- Estabelecer uma tensão de arranque adequada ao funcionamento da lâmpada, limitando a corrente de descarga;
- Manter os valores nominais de tensão e corrente de lâmpada, quando esta se encontra em regime normal de funcionamento;
- Assegurar uma melhor proteção do circuito, mesmo em caso de avaria;
- Limitar a distorção harmónica e a interferência eletromagnética;
- Obter elevado fator de potência (próximo de 1).

Os balastros eletrônicos podem ser de baixa frequência (entre 50 e 500 Hz) ou mais comumente de alta frequência (entre 20 e 60 kHz).

A alimentação por uma tensão de alta frequência permite eliminar totalmente o fenómeno de cintilação e o efeito estroboscópico. Além disso, o funcionamento a frequências elevadas aumenta o rendimento das lâmpadas em cerca de 10%, bem como o seu tempo de vida. [10]

As principais vantagens dos Balastros Eletrônicos, são:

- Menor potência de perdas (Proporcionam uma poupança de energia entre 20 a 30%. Adicionalmente, aumentam o rendimento das lâmpadas em cerca de 10%);
- Elevado fator de potência ($\geq 0,9$) e reduzida distorção harmónica;
- Sistemas de proteção incluídos, sendo que o balastro desliga de forma automática as lâmpadas em caso de anomalia, ligando após a correção;
- Podem operar mais de quatro lâmpadas simultaneamente, enquanto os eletromagnéticos operam um máximo de duas;
- Maior tempo de vida da lâmpada, uma vez que proporcionam arranques suaves;
- Estabilidade da potência na lâmpada, perante variações da tensão na rede. Inclusive, permitem um melhor controlo da potência com possibilidade de regulação do fluxo;

- Dimensões e peso reduzidos;
- Estabilidade de cor e do fluxo luminoso com redução do efeito estroboscópico, pois a lâmpada cintila a mais de 40 mil vezes por segundo (invisível para o olho humano), em vez de 100 vezes;
- Funcionamento silencioso. Não produzem ruído (zumbido), pois a sua frequência é superior à faixa de audição humana.

Por outro lado, as desvantagens dos Balastros Eletrônicos, são:

- Preço mais elevado, embora com tendência decrescente;
- Impossibilidade de instalação de reguladores de fluxo de cabeceira;
- Problemas de sincronismos horários ao fazer o *dimming* numa configuração “*standalone*”, ou seja, não integrados num sistema central de gestão de IP;
- Maior poluição da rede local de operação por funcionarem a uma frequência igual ou superior a 20 kHz (banda CENELEC A – EN050065-1);
- O não sincronismo dos balastros poderá provocar desalinhamento nas instruções *on-off* e temporização de regulação do fluxo;



Figura 25 Exemplo de Balastro Eletrônico. [15]

3.2.5. DRIVER LED

Entende-se por *Driver* de LED todo o circuito controlador dos LED. Tem como função efetuar a conversão da energia elétrica da rede, em tensão contínua, de forma a alimentar todos os componentes eletrônicos da luminária de LED e controlar a corrente fornecida nos vários modos de funcionamento dos LED. Existem dois tipos de *drivers* de LED:

- Corrente constante - alimentam LED que necessitam de uma corrente de saída fixa e de uma gama de tensões de saída;
- Tensão constante - alimentam LED que necessitam de uma tensão de saída fixa com uma corrente de saída máxima.

O rendimento dos *drivers* pode variar desde 74% (*driver* de baixa potência do tipo corrente constante) até ao valor máximo possível de 95% (*driver* do tipo tensão constante).

A maioria dos *drivers* apresenta um rendimento na casa dos 80-90%, sendo que a maior parte das suas perdas verifica-se nos semicondutores de potência, cujo desempenho tem vindo a melhorar.

Em termos de durabilidade, qualquer *driver* de LED atual para IP deve ter o objetivo de ter um tempo de vida de pelo menos 50 000 a 65 000 horas, de modo a corresponder com o tempo de vida atual do LED. O tempo de vida do *driver* depende da temperatura máxima de funcionamento. Quanto mais elevada for a temperatura de funcionamento menor será o tempo de vida dos componentes críticos (nomeadamente os condensadores eletrolíticos e dos semicondutores de potência). *Drivers* mais eficientes e com menores perdas são assim mais fiáveis, devido à sua menor temperatura de funcionamento.



Figura 26 Exemplo de *Driver* LED. [16]

4. DIRETRIZES, NORMAS E REGULAMENTOS

Este capítulo estabelece linhas de orientação para desenvolvimento de um novo projeto de Iluminação pública, explicando os passos a percorrer e as opções a tomar, de modo a otimizar a solução a aplicar, para uma instalação eficiente e adequada. Questões como um nível de iluminação ajustado à zona e tipo de utilizadores, bem como uma distribuição uniforme da luz são fundamentais. Nos pontos seguintes serão enumeradas as classes e as metodologias para a seleção das classes de iluminação, sendo que prevalecerão sempre os documentos EN13201 e CIE115.

4.1. NORMA EN13201 – APLICABILIDADE DE CLASSES DE ILUMINAÇÃO NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

As definições globalmente mais aceites ao nível das classes de iluminação, critérios de desempenho e métodos de medição, podem ser encontradas na série de normas EN 13201.

A série de normas EN 13201 (13201-1; 13201-2; 13201-3; 13201-4; 13201-5), introduziu as classes de iluminação de forma a facilitar e desenvolver os serviços de IP na União Europeia, apontando a uma uniformização e harmonização dos requisitos.

Uma classe de iluminação é definida por um conjunto de requisitos fotométricos que visam as necessidades visuais dos utilizadores, em certos tipos de vias rodoviárias e meio ambiente. As necessidades podem variar em diferentes períodos durante a noite e também em diferentes estações do ano, portanto, as classes podem variar durante esses períodos.

Para estabelecer os níveis de iluminação dentro de uma determinada classe ou zona deverá ser utilizado o método simplificado preconizado na CIE 115:2010, reduzindo o número de parâmetros necessários e as interpretações diversificadas a que a aplicação direta da norma EN 13201 poderia conduzir. As passagens de peões serão objeto de metodologia especialmente criada para o efeito, com base na experiência e recomendações internacionais.

Para a classificação das instalações haverá então quatro tipos de classificação:

- Classes de iluminação M;
- Classes de iluminação C;
- Classes de iluminação P;
- Iluminação de Passadeiras.

4.1.1. CLASSES DE ILUMINAÇÃO M

As classes M destinam-se a vias para tráfego motorizado, como autoestradas, vias de circulação periféricas aos tecidos urbanos, vias de acesso, estradas secundárias, estradas municipais, de traçado simples e, as vias dentro do perímetro urbano de tráfego misto, onde interagem peões, veículos não motorizados e motorizados, no entanto, com predominância de veículos motorizados.

Estarão excluídas desta classe todas as áreas que constituam zonas de conflito.

Estas classes baseiam-se no cálculo de luminâncias na superfície de via e incluem valor de luminância média na via, uniformidade geral, uniformidade longitudinal, valor de encadeamento incapacitante TI (incremento limiar) e relação de entorno (EIR) para pisos secos.

Os pisos molhados são situações excepcionais e raras no nosso país, mas para casos muito particulares de vias com pisos predominantemente molhados devem prevalecer os valores indicados na norma EN 13201-2:2015, isto é, em tudo iguais aos valores do piso seco exceto a uniformidade geral, cujo valor é 0,15 para todas as classes.

Considerações a ter:

- Nos casos em que seja impossível o cálculo de luminâncias porque o traçado da via não permite, colocar o observador a 60 metros de distância ou porque as luminâncias calculadas poderão ser, na prática, fortemente alteradas pela contribuição de montras, “muppis”, áreas muito iluminadas adjacentes à via, etc., deverão ser classificadas como zonas de conflito.
- O projetista deverá ter em consideração que os níveis de luminância apontados para a classe M se baseiam em indivíduos de 23 anos de idade.
- O projetista deverá ter sempre presente que a iluminação também serve de orientação visual e, deste modo, deve, sempre que possível, ter isso em conta na disposição dos pontos de luz e evitar disposições que possam causar confusão ao condutor. Por exemplo, os pontos de luz numa curva devem ser colocados pelo lado exterior.

- Para as classes M, os níveis médios calculados não deverão ultrapassar 120% nem ser inferiores a 95% dos níveis de referência da Tabela 4, em baixo.
- De referir que a norma EN 13201 de 2003 foi revista em dezembro de 2015 e com importantes alterações, nomeadamente a alteração das classes. A Substituição das classes ME pelas classes M, traduz na tabela seguinte:

Tabela 4 Classes M segundo a Norma EN 13201-1:2015.

Classe de Iluminação	Superfície da estrada				TI (%)	SR
	Seca		Molhada			
	Lmédia (cd/m ²)	Uo	UI	Uo		
M1	2	0,4	0,7	0,15	10	0,5
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5
M3	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5
M4	0,75	0,4	0,6	0,15	15	0,5
M5	0,5	0,35	0,4	0,15	15	0,5
M6	0,3	0,35	0,4	0,15	20	0,5

4.1.2. CLASSES DE ILUMINAÇÃO C

As zonas de conflito ocorrem quando vias de circulação automóvel se intersectam ou desembocam em áreas frequentadas por pedestres, ciclistas ou outros utilizadores, sendo exemplo:

- Cruzamentos;
- Rotundas;
- Alteração da geometria da via, que resulte em redução do número ou largura de faixas;
- Pontos negros/ locais de elevada taxa de acidentes.

A existência destas áreas resulta, portanto, num aumento da probabilidade de colisão entre os diversos utilizadores da estrada com necessidades visuais diferentes. Logo a iluminação destas zonas deverá revelar em especial:

- Posição dos passeios e lancis;
- Marcas e sinalizações da estrada;

- Movimentação dos veículos na vizinhança da área;
- Presença dos pedestres, outros utilizadores (e.g. ciclistas) e de eventuais obstáculos.

O critério de qualidade a seguir para as zonas de conflito deve ser o das luminâncias, no entanto, haverá casos em que, pela distância e visão ser inferior a 60 metros e na presença de muitos e diferentes observadores, resulta impossível o cálculo de luminâncias e, nestes casos deve aplicar-se o critério de iluminâncias.

Tabela 5 Classes C segundo a Norma EN 13201-1:2015.

Classe de Iluminação	Emédia (lux)	Uo(E)	TI (%)	
			para velocidades altas e moderadas	para velocidades baixas e muito baixas
C0	50	0,4	10	15
C1	30	0,4	10	15
C2	20	0,4	10	15
C3	15	0,4	15	20
C4	10	0,4	15	20
C5	7,5	0,4	15	25

Considerações a ter:

- Os valores indicados para as zonas de conflito são valores mínimos e não devem ser inferiores a 0,95, nem superiores a 1,2 dos valores mínimos indicados para a classe determinada. No caso das uniformidades, os valores não poderão ser inferiores aos valores mínimos.
- Por decisão do dono de obra, estes valores poderão ultrapassar até 1,5 vezes a classe mais elevada, por razões de humanização dos espaços, por reforço da atratividade da zona comercial, etc.
- Devido ao maior número de observadores, direções distintas, diferentes orientações de luminárias e com distâncias de visão inferiores a 60 metros, resulta impossível calcular o TI pela fórmula usada para as Classes M e, para estes casos, a EN13201: 2015 aponta uma outra fórmula baseada na Lei de Lambert.

4.1.3. CLASSES DE ILUMINAÇÃO P

As classes de iluminação P destinam-se a zonas exclusivas para peões e/ou ciclovias, com tráfego misto predominantemente pedonal ou com veículos não motorizados, e a todas as vias em que a velocidade de circulação de veículos motorizados seja inferior a 50Kms/h.

Exemplos de zonas/vias de classes P são:

- Passeios ou ciclovias;
- Parques e jardins;
- Zonas residenciais bem delimitadas ou de tráfego motorizado quase exclusivo dos residentes, e vias sem saída;
- Zonas históricas com vias exclusivamente de peões ou com acesso limitado a tráfego motorizado.

Importante lembrar, que as necessidades visuais dos utilizadores das classes P, principalmente peões e ciclistas, diferem bastante das necessidades visuais de um condutor de um veículo automóvel. Estes utilizadores movem-se a velocidades mais baixas, em espaços delimitados ou confinados às suas zonas residenciais, com múltiplos ângulos de visão, não têm um tejadilho que os proteja do impacto do ponto de luz mais próximo e deslocam-se em áreas onde o ponto de luz está a baixa altura, entre 3 a 5 metros.

Este tipo de utilizadores espera que a iluminação cumpra os seguintes objetivos:

- Segurança para não tropeçar / cair enquanto circula;
- Segurança para não ser atingido por veículos ou bicicletas;
- Aumento da perceção de segurança pessoal e possibilidade de antecipação de um ato agressivo;
- Redução de luz intrusiva nas suas residências;
- Melhoria na aparência do bairro /área;
- Redução do encandeamento incapacitante e que limite o desconforto visual;
- A utilização de fontes de luz com uma restituição de cores ≥ 70 .

Experiências e inquéritos a este tipo de utilizadores revelam uma tendência para:

- Preocupação com a aparência durante o dia do ponto de luz instalado;
- Consideram o encandeamento provocado pela luminária um fator importante para a aceitação da solução;
- Preferem luminárias que produzam luz atenuada no solo e sem grandes brilhos;
- Preferem fontes de luz de tonalidade branco quente ou temperaturas de cor $\leq 3000\text{K}$;
- Revelam uma preocupação crescente com soluções que respeitem os ecossistemas existentes na área.

Os critérios de qualidade para avaliação das classes P baseiam-se no cálculo de iluminância horizontal, a uniformidade geral e o controlo de encandeamento direto.

Neste último ponto, dada a inexistência de uma métrica internacional fiável para este tipo de utilizadores, por razões anteriormente referidas é, no entanto, importante evitar luminárias de brilhos intensos ou com óticas que não privilegiem o conforto visual.

Para o aumento do reconhecimento facial é necessário não descurar a iluminância vertical e semicilíndrica. O projetista não deve descurar, no caso de vias pedonais estreitas, classes P, zonas comerciais ou históricas ladeadas por edifícios, a contribuição das reflexões nas paredes e da iluminação direta de montras/janelas para a iluminância horizontal/vertical. Os níveis de iluminação apontados na tabela são valores mínimos e em algumas situações, pelo carácter artístico que a solução possa vir a ter, os valores podem sofrer um incremento até 1,5 vezes o valor mínimo estipulado para a classe.

Não deve ser descurada a contribuição de um maior IRC para o reconhecimento facial.

Tabela 6 Classes P segundo a Norma EN 13201-1:2015.

Classe de Iluminação	E _{média} (lux)	E _{mínimo} (lux)	Requisitos adicionais caso o reconhecimento facial seja necessário	
			E _{vertical,mínimo} (lux)	E _{semi-cilíndrica,mínimo} (lux)
P1	15	3	5	3
P2	10	2	3	2
P3	7,5	1,5	2,5	1,5
P4	5	1	1,5	1
P5	3	0,6	1	0,6
P6	2	0,4	0,6	0,4

Considerações a ter:

Este documento não incorpora as classes HS SC e EV por as mesmas serem aplicáveis para casos muito específicos, e neste sentido, fica a cargo do decisor a opção da sua aplicação. Contudo, a sua validação no terreno torna-se bastante difícil e complexa. A classificação e a metodologia de determinação das mesmas podem ser encontradas na EN 13201-2:2015.

4.1.4. ILUMINAÇÃO DE PASSADEIRAS

São zonas criadas para permitir o atravessamento das vias por parte dos peões, onde durante a noite há um risco elevado de colisão entre veículos motorizados e os peões. Esta classe é para ser utilizada em zonas de classe M, zonas de conflito ou classe P com tráfego motorizado. Para permitir o atravessamento em segurança dos peões nestas zonas durante a noite, é necessário dotar a passadeira com um nível de iluminação que seja visível a uma distância que induza o condutor do veículo automóvel a uma condução defensiva. Esse nível servirá também para o peão identificar facilmente a zona de passadeira na via. O nível de iluminação serve não só para uma fácil identificação, mas também para permitir que o condutor visualize facilmente o peão.

Tratando-se de uma zona de classe de iluminação M é normal que seja predominante o contraste negativo, isto é, o efeito silhueta.

Para que o peão seja bem visível é boa regra dotar a zona de atravessamento com uma iluminação que privilegie o contraste positivo, com o peão iluminado contra um fundo escuro. Para o efeito, deve optar-se por luminárias com óticas assimétricas e posicionadas de forma a que a orientação seja à direita ou à esquerda, conforme os sentidos de tráfego (ver esquemas em baixo) para obtenção de um elevado nível de iluminação vertical até 1 metro de altura e com uma fonte de luz cuja temperatura de cor contraste com a restante via. No caso dos LEDs aconselha-se uma temperatura de cor $\geq 5000\text{K}$ para vias iluminadas a vapor de sódio alta pressão ou LEDs de temperatura de cor $\leq 4000\text{K}$.

Para além do elevado nível de iluminação vertical, numa passadeira poderão ser associadas outras soluções, como olhos de gato no pavimento, sinalética luminosa intermitente no próprio apoio da luminária, tinta refletora e piso de cor diferente.

A norma EN 13201 não especifica nada para estas zonas, no entanto a prática corrente em grande parte da Europa é dotar estas zonas com os seguintes níveis:

- Iluminação vertical média, no eixo da passadeira, a uma altura de 1m: $E_v \geq 40$ lux;
- Uniformidade da iluminação vertical na faixa em frente ao condutor (U_o): 0,20;
- Iluminação horizontal média no cruzamento ao nível do solo: $E \geq 80$ lux;
- Uniformidade da iluminação horizontal (U_o): 0,30.

Os pontos de luz devem ter uma altura entre os 5 e os 6 metros e a sua disposição deve obedecer aos esquemas referidos no ponto 4 do capítulo 5.

4.1.5. DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DAS CLASSES DE ILUMINAÇÃO M, C E P

Existem soluções simples e normalizadas sobre como efetuar a escolha dos parâmetros de iluminação de uma instalação de IP, tendo em conta as características da zona a iluminar, nomeadamente: função e geometria da estrada, velocidade permitida e composição e volume do tráfego. Os parâmetros serão determinados pelo critério da luminância ou da iluminância. As zonas de velocidade média e alta são definidas pelo critério da luminância. As zonas de conflito e as zonas pedonais podem ser definidos, tanto pelo critério da iluminância, como pelo da luminância.

A norma CIE CIE115:2010, veio estabelecer recomendações relativamente a critérios de qualidade, classes de iluminação, requisitos para tráfego motorizado, regulação de fluxo, etc., para todas as categorias de estradas e zonas a iluminar.

Para uma mesma via, a classe de iluminação nem sempre é idêntica para todas as horas da noite. Assim, de acordo com a norma CIE115:2010, dever-se-á analisar a situação específica

do conjunto de períodos noturnos definidos, determinando para cada um deles, em fase de projeto, as suas classes através do método descrito a seguir:

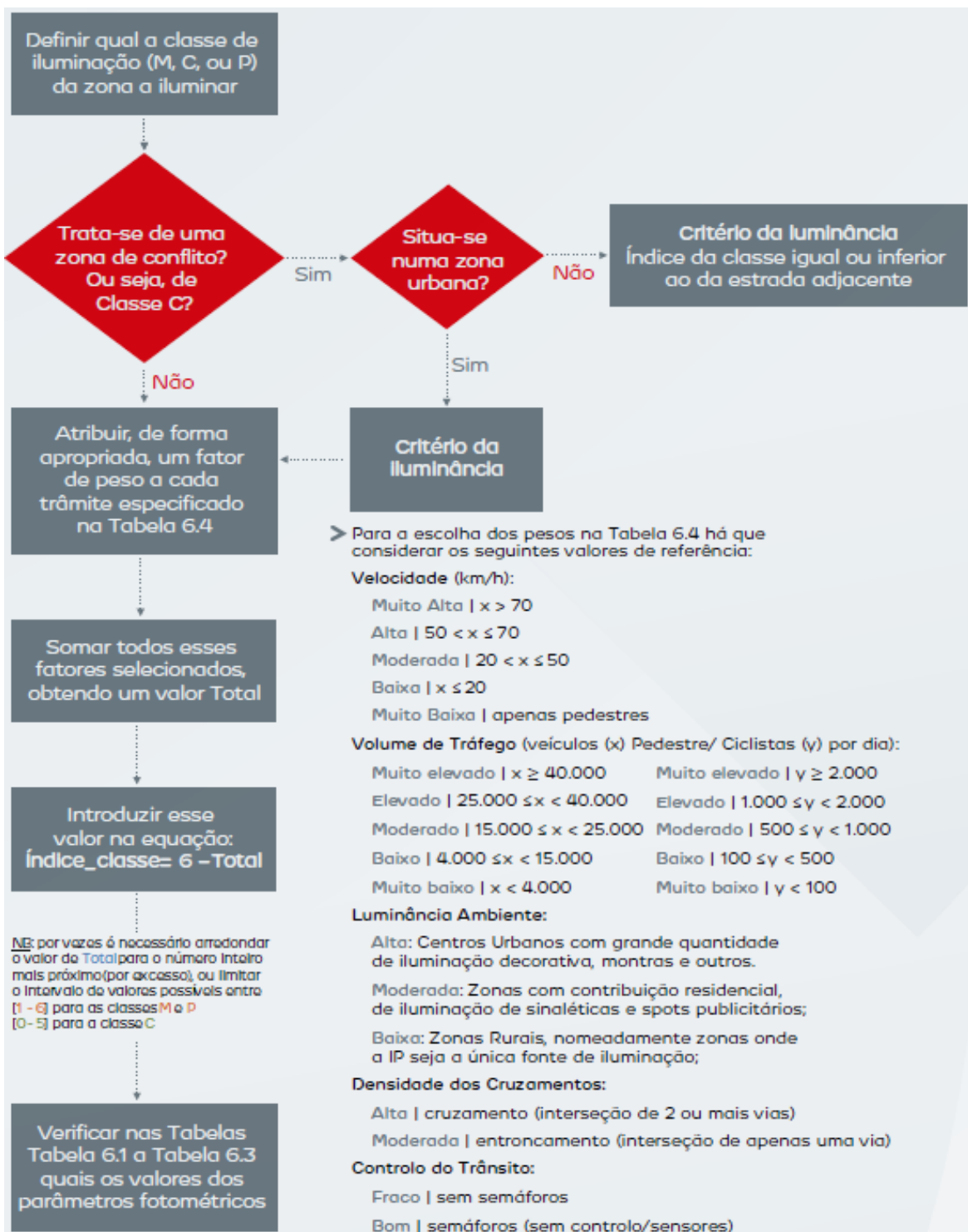


Figura 27 Diagrama para determinar o índice da classe de iluminação. [10]

5. CADASTRO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Este capítulo demonstra e caracteriza a rede de iluminação pública do Município de Ovar, debruçando-se sobre a tipologia dos equipamentos de iluminação utilizados nos diversos arruamentos e a distribuição geográfica pelas suas freguesias constituintes.

Em resultado da reorganização administrativa do território (Lei n.º 22/2012 de 30 de maio) as anteriores 8 freguesias passaram para as atuais 5: Cortegaça, Esmoriz, Maceda, União das Freguesias de Ovar, S. João, Arada e São Vicente de Pereira Jusã, e Válega, conforme ilustrado no mapa do concelho. Assim, o levantamento que se segue, tem por base as 5

freguesias e mais concretamente os seus arruamentos (ruas, avenidas, travessas, vielas, caminhos), num total 1498 locais.

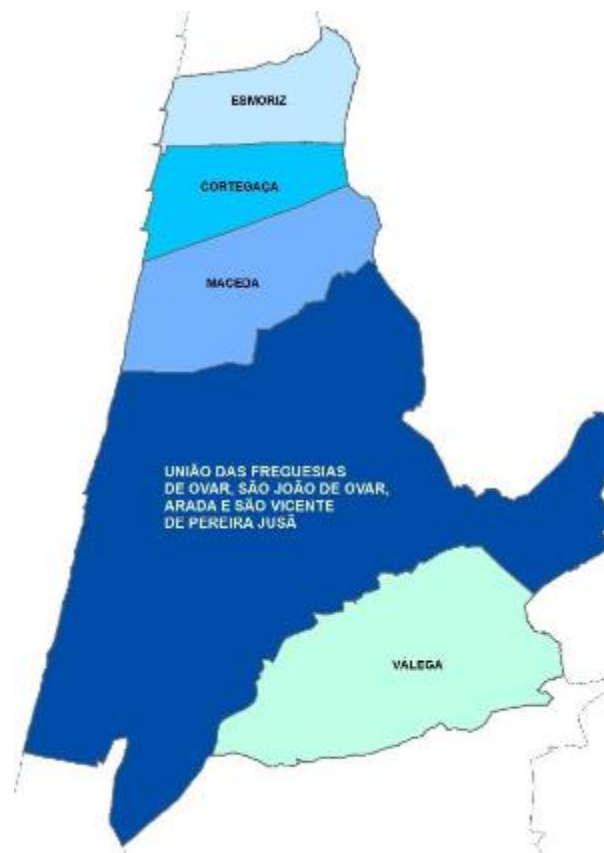


Figura 28 Freguesias do Município de Ovar.

As luminárias instaladas no território do município têm a manutenção a cargo de duas entidades distintas, a EDP Distribuição e a própria Câmara Municipal de Ovar. A distinção entre qual das duas entidades cabe a responsabilidade de manutenção dos equipamentos, prende-se com o tipo de luminárias consideradas como de “Uso Corrente” por parte da EDP Distribuição, de acordo com o especificado no “Anexo I” do “Contrato de Concessão de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão no Município de Ovar”.

Pode afirmar-se então, que é da responsabilidade do Município a manutenção de todas as luminárias que não se encontrem na lista de material de uso corrente, bem como toda e qualquer iluminação que seja do tipo “Iluminação Decorativa”. Este tipo de iluminação, embora localizada em espaço de domínio público, destina-se à iluminação de monumentos e afins e carece de contagem de energia própria (como um novo local de consumo), ou

poderá ser ligado à rede pública de iluminação existente, desde que exista uma barreira física de separação dos circuitos (armário ou portinhola).

A EDP Distribuição, não se omite de efetuar a manutenção dos equipamentos de iluminação que sejam do tipo “Não Corrente”, desde que o Município participe no valor da diferença do equipamento a manter e o equipamento que seria instalado genericamente pela EDP Distribuição.

Os modelos de luminárias instaladas no município e que estão a cargo da manutenção da EDP Distribuição, são:

- Sintra 1 e 2 (Schröder);
- Onix (Schröder);
- HM (Schröder);
- Globo (Sonerres);
- Reflux (Sonerres);
- Crypton (Sonerres);
- Ródio (Sonerres);
- SPH-MG (Sonerres);
- Bracara (Sulnor);
- R9 (Sulnor);
- R10 (Sulnor);
- Opalo (Schröder);
- IJB (Philips Indal);
- Saturno (Schröder);

Os modelos de luminárias instaladas no município e que estão a cargo da manutenção da Câmara Municipal de Ovar, são:

- Os projetores decorativos: Terra Midi, Ponto, Enyo e Focal (Schröder);
- Alura (Schröder);
- Douro LED (Sonerres);
- Cascais LED (Schröder);

- Ribeira LED (Schröder);
- Piano LED (Schröder);
- Voltana LED (Schröder);
- Lusa LED (Soneres);
- SQ100 (Siteco);
- YOA (Schröder);
- Karim (ROSA Lighting);
- Farol (Soneres).

5.1. LEVANTAMENTO DO TIPO DE LUMINÁRIAS POR FREGUESIA

Neste ponto, será efetuada uma caracterização mais exaustiva da rede de iluminação pública do Município de Ovar, todavia por uma questão de melhor compreensão e de maior facilidade de distribuição geográfica, as luminárias serão distribuídas pelas antigas oito freguesias, isto é, Arada, Cortegaça, Esmoriz, Maceda, Ovar, São João, São Vicente de Pereira Jusã e Válega.



Figura 29 Exemplo de Luminárias IP na freguesia de Ovar (Plataforma SIG ArcGIS®).

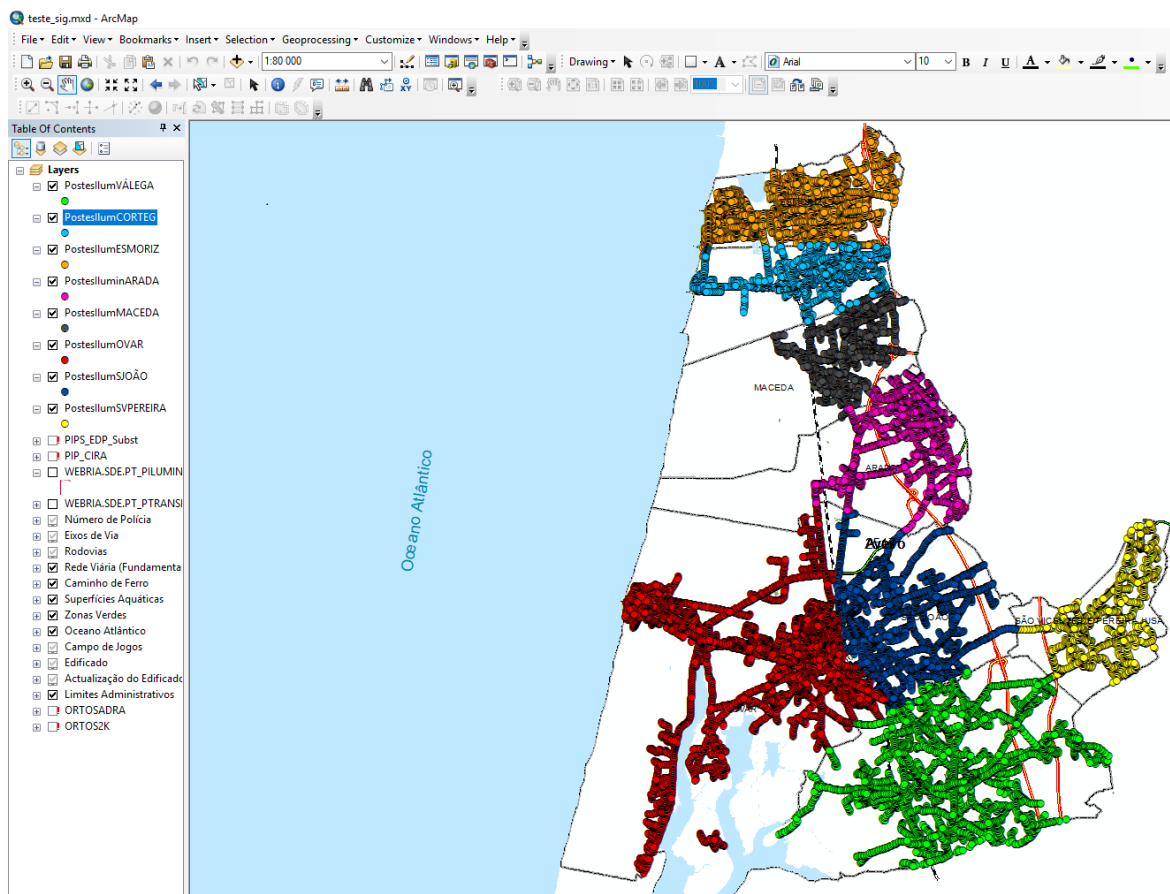


Figura 30 Exemplo de Luminárias IP no concelho de Ovar (Plataforma SIG ArcGIS®).

5.1.1. ARADA

Tabela 7 Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.

Nível de Potência (W)	50	70	80	100	125	150	250	400	Total
N.º de Luminárias	1	689	292	207	0	87	60	0	1336
Potência por N.º de Luminárias (KW)	0,05	48,23	23,36	20,70	0	13,05	15,00	0	120,39
Custo Anual* (€)	70 501,11 €								

*Sem IVA.

5.1.2. CORTEGAÇA

Tabela 8 Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.

Nível de Potência (W)	50	70	80	100	125	150	250	400	Total
-----------------------	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

N.º de Luminárias	0	486	191	416	8	87	6	0	1194
Potência por N.º de Luminárias (KW)	0	34,02	15,28	41,60	1,00	13,05	1,50	0	106,45
Custo Anual* (€)	62 337,76 €								

*Sem IVA.

5.1.3. ESMORIZ

Tabela 9 Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.

Nível de Potência (W)	50	70	80	100	125	150	250	400	Total
N.º de Luminárias	112	869	269	1346	7	138	5	0	2746
Potência por N.º de Luminárias (KW)	5,60	60,83	21,52	134,60	0,88	20,70	1,25	0	245,38
Custo Anual* (€)	143 693,07 €								

*Sem IVA.

5.1.4. MACEDA

Tabela 10 Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.

Nível de Potência (W)	50	70	80	100	125	150	250	400	Total
N.º de Luminárias	2	572	117	294	0	116	34	0	1135
Potência por N.º de Luminárias (KW)	0,10	40,04	9,36	29,40	0,00	17,40	8,50	0	104,80
Custo Anual* (€)	61 371,51 €								

*Sem IVA.

5.1.5. OVAR

Tabela 11 Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.

Nível de Potência (W)	50	70	80	100	125	150	250	400	Total
N.º de Luminárias	61	1346	448	2130	106	1244	0	4	5339
Potência por N.º de Luminárias (KW)	3,05	94,22	35,84	213,00	13,25	186,60	0	1,60	547,56
Custo Anual* (€)	320 654,42 €								

*Sem IVA.

5.1.6. SÃO JOÃO

Tabela 12 Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.

Nível de Potência (W)	50	70	80	100	125	150	250	400	Total
N.º de Luminárias	9	1090	212	533	0	153	0	1	1998
Potência por N.º de Luminárias (KW)	0,45	76,30	16,96	53,30	0,00	22,95	0	0,40	170,36
Custo Anual* (€)	99 763,84 €								

*Sem IVA.

5.1.7. SÃO VICENTE DE PEREIRA JUSÃ

Tabela 13 Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.

Nível de Potência (W)	50	70	80	100	125	150	250	400	Total
N.º de Luminárias	6	455	218	282	0	15	0	3	979
Potência por N.º de Luminárias (KW)	0,30	31,85	17,44	28,20	0,00	2,25	0	1,20	81,24
Custo Anual* (€)	47 574,63 €								

*Sem IVA.

5.1.8. VÁLEGA

Tabela 14 Número de Luminárias na freguesia e respetivos Encargos.

Nível de Potência (W)	50	70	80	100	125	150	250	400	Total
N.º de Luminárias	0	2146	133	443	4	159	1	4	2890
Potência por N.º de Luminárias (KW)	0	150,22	10,64	44,30	0,50	23,85	0,25	1,60	231,36
Custo Anual* (€)	135 485,80 €								

*Sem IVA.

6. PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA



Figura 31 Logotipo da Camara Municipal de Ovar.

O principal objetivo de um plano diretor municipal de iluminação pública (PDM-IP) é apontar diretrizes para as intervenções na cidade, sendo elas de ampliação ou renovação, atendendo a parâmetros de qualidade técnica da luz, cumprindo com as necessidades básicas de iluminar de maneira eficiente e com qualidade estética para promover a cidade, revelando as suas qualidades arquitetônicas e urbanísticas, promovendo simultaneamente as vertentes do ordenamento, da mobilidade e do ambiente.

A iluminação pública constitui uma infraestrutura primária das cidades, mas sucede com frequência desenvolver-se de uma forma desordenada e heterogênea, respondendo a meras solicitações pontuais ou condicionada por disponibilidades económicas de ocasião. Sem uma coerência e uma estratégia de projeto delineada tendo em conta a globalidade do território urbanizado, na sua diversidade e articulação.

O PDM-IP, visa igualmente resolver esta criticidade, contribuindo para a melhor racionalização dos custos de investimento e de manutenção da IP e para uma redução sustentada do respetivo consumo energético.

Por outro lado, a redução de consumos ao nível das redes existentes, terá obrigatoriamente de passar também por uma reconversão da tecnologia atual das fontes de luz, emergindo a tecnologia LED como a solução de maior futuro, pelas enormes vantagens competitivas que apresenta.

Neste sentido, pretende-se com o presente documento:

- Dotar o município de um instrumento que aponte para soluções sustentáveis do ponto de vista de eficiência energética na iluminação, independentemente da fonte ou da tecnologia utilizada;
- Valorizar e dinamizar o projeto luminotécnico;
- Servir de referência para novas instalações e para requalificações;
- Classificar as vias de acordo com o método simplificado da CIE 115/2010, que se baseia na norma EN13201 de Dez 2015;
- Aplicar critérios de seleção em função das características e ambiente dos locais a iluminar;

- Adaptar níveis de iluminação às correspondentes classificações das vias, com limites;
- Dar orientações aos projetistas de IP;
- Disciplinar e uniformizar o fator de manutenção global (Fm), recorrendo a tabelas de referência;
- Determinar que os equipamentos cumpram com as especificações técnicas Europeias e Nacionais;
- Estimular os fabricantes do setor para a busca de soluções mais eficientes;
- Limitar a poluição luminosa.

6.1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Este documento insere-se num quadro de utilização de materiais normalizados pela autarquia, concessionária da rede e/ou entidades com responsabilidade de implementar, operar e manter redes de IP. Aplica-se a novos projetos de iluminação pública ou a remodelações completas (conjuntos de luminárias e/ou apoios com rede de alimentação) de instalações existentes.

O disposto neste documento não se deve aplicar a:

- Remodelações parciais de uma mesma via;
- Zonas especiais de intervenção, assim classificadas pelos municípios;
- Iluminação ornamental/decorativa;
- Iluminação monumental ou de segurança;
- Instalações militares;
- Túneis;
- Zonas históricas ou outras que sejam objeto de regulamentação específica.



Figura 32 Iluminação Pública e Decorativa (Monumento aos Combatentes do Ultramar).

6.2. PARÂMETROS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR

O plano diretor municipal de iluminação pública deve ter os seus conceitos abrangentes e articulados de maneira a que complementem as diretrizes do Plano Diretor Urbanístico da cidade, sem deixar de atender às vocações culturais, arquitetónicas e urbanísticas da mesma.

Entre os principais critérios a serem avaliados na elaboração de PDM-IP, há que referir os seguintes índices:

- Análise das zonas urbanas - nesta análise identificam-se as principais zonas urbanas da cidade com os seus respetivos usos e ocupações predominantes, juntamente com as suas características individuais. Desta forma, podem ser construídas as classificações e subclassificações para cada via;
- Mobilidade Urbana Noturna - compreende a análise dos principais traçados urbanos utilizados para o deslocamento nos seus diversos níveis: pedonal, ciclistas e veículos motorizados;
- Índices de Criminalidade - a obtenção destes dados determina quais as vias ou regiões específicas que necessitam de maiores cuidados ao dimensionar a quantidade de pontos de iluminação e seus respetivos níveis de iluminância;

- Atrações visuais - são os monumentos, edifícios e outras estruturas que compõem a memória coletiva da cidade. A identificação destes é importante, pois podem trazer as mesmas referências diurnas para o período noturno, alargando o período em que se pode desfrutar da cidade;
- Pontos Históricos e Turísticos – estes devem ser diagnosticados, pois trata-se de zonas de uso especial capazes de gerar grande concentração de pessoas e, por isso, trata-se de áreas de potencial económico que merecem ser evidenciadas.

6.3. PARÂMETROS DAS SOLUÇÕES LUMINOTÉCNICAS

No Plano diretor municipal de iluminação pública os parâmetros de aplicação da luz vão além da simples função correspondente à sinalização e à circulação de peões e automóveis. Os parâmetros das soluções luminotécnicas serão definidos a partir da interpretação dos resultados obtidos pelo levantamento da topologia do Município de Ovar.

- Iluminância: onde podem ser definidos mínimos do nível de iluminância para cada região, via ou uso específico;
- Distribuição das Luminâncias: define-se a distância entre luminárias, o tipo e altura do poste, onde o principal objetivo é garantir a uniformidade da iluminação e também garantir a compatibilidade entre as luminárias e as árvores;
- Aspectos das cores: de acordo com a atividade ou área a ser iluminada (via, parques ou praças) a temperatura e índice de reprodução de cor, têm necessidades diferentes. Em praças e parques ou áreas com grande concentração de pessoas, é importante proporcionar conforto e aparência visual, desta forma a temperatura e o índice de reprodução de cor são pontos fundamentais nos projetos;
- Modelo a seguir: importante para a iluminação de monumentos e edifícios, onde o objetivo desta iluminação é reforçar as características artísticas e arquitetónicas, dando prioridade à tridimensionalidade destes;
- Efeitos nas atividades humanas: de acordo com a atividade existente em cada localidade podem ser estudados níveis de iluminação que, estimulem alguma

atividade (económica, turística ou recreativa) ou inibam atividades criminosas (assaltos, prostituição, etc.);

- Poluição luminosa: este tem por fim criar limites para os principais problemas da iluminação. Encandeamento, emissão luminosa não controlada, são fatores que levam, como prioridade, a adoção de equipamentos com maior controlo luminoso. Este parâmetro é de tal ordem de importância que será mais bem esgrimido num subcapítulo próprio.

6.3.1. POLUIÇÃO LUMINOSA

“Iluminamos de mais. Nas cidades, principalmente, destruimos a noite. Destruímos o conceito de noite... Nas cidades, noite é dia.” [17]

“É sintomático que a poluição luminosa raramente surja nos manuais escolares ou ambientais como forma de poluição.” [17]

“Atentemos a um paradoxo: a poluição luminosa é possivelmente a de que menos se fala sendo, simultaneamente e por definição, a mais visível.” [17]



Figura 33 Iluminação Pública da Rua Jornal O Povo de Cortegaça.

Portugal é um dos países que mais iluminam a sua noite. Segundo o estudo divulgado no *“Novo Atlas Mundial do Brilho Artificial do Céu”*, nenhum cidadão nacional vive sob um céu sem poluição luminosa, e a Via Láctea, a galáxia onde vivemos, deixou de ser visível para 60% dos europeus. [18]

Fruto de um crescimento económico rápido e de mudanças sociais profundas desde a democracia e da entrada na União Europeia (então CEE), a luz de exterior no país foi uma forma de revelar e ostentar esse crescimento, dar vida e animar os municípios. Mas, “muita luz” não é sinónimo de desenvolvimento. Para uma redução significativa do impacto da

poluição luminosa, há que proceder sobretudo a uma mudança cultural no uso da luz artificial no exterior.

Grande parte do brilho artificial do céu é provocado por reflexão da luz no solo e edifícios, engane-se, pois, quem pensa que o céu é iluminado apenas pela luz direta dos candeeiros de exterior mal concebidos, sem resguardo ou com óticas inadequadas, que deixam que a sua luz se propague para os lados ou para cima. A única forma de diminuir essa contribuição é reduzindo de uma forma geral a potência (ou, melhor, o fluxo luminoso) das fontes de luz e os candeeiros desnecessários, não usar luz branca.

A luz à noite é um bem de primeira necessidade adquirido ao longo dos tempos. Mas não pode de forma alguma ser levada ao exagero, devendo ser apenas suficiente para poder circular, para ver o caminho adiante, para que os condutores vejam os peões ao se abeirarem de uma passadeira, para executar tarefas mínimas sem ser em escuridão total. Não raras vezes, a defesa do excesso de iluminação, entronca com reclamações de estradas mal iluminadas para a circulação automóvel, ou seja, a preocupação principal nem é o peão, como seria de supor. Ora a este respeito, os veículos automóveis têm luz própria e a existência de uma correta sinalização vertical e horizontal é quase sempre suficiente para a circulação em segurança, ao contrário do que é habitualmente propalado e executado.

A utilização do LED, poderia ser uma oportunidade para iluminar menos e com melhor controlo da poluição luminosa, mas está a transformar-se num imenso erro, o uso descontrolado dos LED brancos ($T_c > 3000K$), com muito maior impacto no brilho do céu e no ambiente devido à maior percentagem de azul no seu espectro.

Ainda a respeito dos equipamentos de iluminação, existem mais fatores perturbadores, como por exemplo, os enormes painéis LED publicitários que brilham intensamente noite fora, no exterior de centros comerciais ou em entradas de cidades, os stands a céu aberto de automóveis ou camiões, tão comuns ao longo das estradas e ainda a iluminação de monumentos e de fachadas, dirigida de baixo para cima, ultrapassando o limite da fachada e dirigindo-se para o céu, quando se estritamente necessária, deveria ser feita sempre de cima para baixo.

6.4. DIRETRIZES MUNICIPAIS PARA A IP

A rede elétrica em Baixa Tensão do Município de Ovar possui um total de 342 postos de transformação, 3 subestações, dispersos por 905 km em Baixa Tensão. Contando com 30985 clientes em BT. A iluminação pública conta com 17669 luminárias das quais o cadastro foi apresentado no capítulo anterior, de referir que a manutenção das mesmas está a cargo, quer da EDP Distribuição S.A., quer da Câmara, dependendo do modelo em causa. A EDP Distribuição assegura a substituição em caso de avaria dos seus modelos de uso corrente, ficando os restantes a cargo do próprio município.

O horário de funcionamento da iluminação pública é definido por relógios astronómicos instalados na saída do circuito de iluminação pública no interior de cada Posto de Transformação de Distribuição.

As luminárias instaladas são na sua maioria, luminárias de vapor de sódio de alta pressão com mais de 10 anos, apresentando a maioria potências de 100, 150 e 250 W.



Figura 34 Luminárias Onix de VSAP 150W na Avenida Dr. Francisco Sá Carneiro em Ovar.

6.4.1. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS

O presente plano diretor pretende diferenciar as vias de trânsito de acordo com as suas necessidades, classificando-as em vias principais, vias secundárias e vias pedonais. Separadamente os monumentos, parques e jardins, edifícios públicos e edifícios históricos merecem também atenção devido às suas características particulares no que diz respeito à sua iluminação.

A classificação das vias foi feita tendo em conta os parâmetros das classes de iluminação apresentados no capítulo 3. De seguida é apresentado o mapa com a divisão das mesmas depois do estudo de tráfego que cada via sustenta, não só automóvel, mas também de peões ou ciclistas. A separação visa adaptar a cada via índices luminosos capazes de retirar de cada lugar o seu melhor proveito mesmo em período noturno.

O aspeto luminoso do Município de Ovar, num cenário ideal, teria a divisão segundo as suas especificidades arquitetónicas e urbanísticas, usando a iluminação de modo a contemplar indistintamente as artérias principais das secundárias. A construção de um património emocional e simbólico da cidade por meio da luz é extensivo a todos e visa conseguir através de diferentes níveis de iluminância a perceção de circulação num município organizado e atribuir diferentes sensações de conforto próprio do sítio específico onde se está, em concordância com o que se pretende de cada localização.

De acordo com as características do município, a divisão foi efetuada visando separar as ruas principais das secundárias através do seu tráfego automóvel. Tendo objetivos concretos como conseguir direcionar possíveis consumidores para junto zonas mais comerciais, como por exemplo o eixo viário composto pela Rua Elias Garcia, Rua Aquilino Ribeiro, Rua Ferreira de Castro, Rua Gomes Freire e Rua de Timor ou ainda através de um conforto luminoso capaz de incentivar o consumo e potenciar possíveis passeios e caminhadas junto às marginais do Furadouro, Cortegaça e Esmoriz por parte de turistas e famílias do nosso município. Às zonas mais antigas da cidade de Ovar, consideradas zonas históricas, foi dada especial importância, realçada através da iluminação arquitetónica adequada destinada a atrair potenciais visitantes para junto dos monumentos dispersos pela cidade. Idealmente, num voo noturno sobre o Município de Ovar, facilmente se

poderia constatar a divisão apresentada, de acordo com os seguintes valores luminotécnicos resultantes da aplicação da fórmula de cálculo generalizada para cada tipo de via, ou seja:

Vias Principais

Tabela 15 Vias Principais

Fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar			
Parâmetro	Opções	M	Opção Assinalada
Velocidade	Muito alta	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	X
	Baixa	-	
	Muito baixa	-	
Volume de Tráfego	Muito elevado	1	
	Elevado	0,5	
	Moderado	0	X
	Baixo	-0,5	
	Muito baixo	-1	
Composição do Trânsito	Elevada percentagem de não motorizados	2	
	Misturado	1	X
	Apenas motorizado	0	
	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	-	
	Pedestres e tráfego motorizado	-	
	Pedestres e ciclistas	-	
	Pedestres ou ciclistas	-	
Separação das Faixas	Não	1	X
	Sim	0	
Densidade dos Cruzamentos	Alta	1	X
	Moderada	0	
Veículos Estacionados	Presente	0,5	X
	Não Presente	0	
Luminância Ambiente	Alta	1	
	Moderada	0	X
	Baixa	-1	
Controlo do Trânsito	Fraco	0,5	
	Bom	0	X

Índice Classe (M) = 6 – \sum (Total das Opções Assinaladas) = 6 – 3,5 = 2,5 \approx 3 \Rightarrow M3

Tabela 16 Requisitos Fotométricos para a Classe M3

Classe de Iluminação	Superfície da estrada				TI (%)	SR
	Seca		Molhada			
	Lmédia (cd/m²)	Uo	UI	Uo		
M3	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5

Vias Secundárias

Tabela 17 Vias Secundárias

Fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar			
Parâmetro	Opções	M	Opção Assinalada
Velocidade	Muito alta	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	X
	Baixa	-	
	Muito baixa	-	
Volume de Tráfego	Muito elevado	1	
	Elevado	0,5	
	Moderado	0	X
	Baixo	-0,5	
	Muito baixo	-1	
Composição do Trânsito	Elevada percentagem de não motorizados	2	
	Misturado	1	
	Apenas motorizado	0	X
	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	-	
	Pedestres e tráfego motorizado	-	
	Pedestres e ciclistas	-	
	Pedestres ou ciclistas	-	
Separação das Faixas	Não	1	X
	Sim	0	
Densidade dos Cruzamentos	Alta	1	X
	Moderada	0	
Veículos Estacionados	Presente	0,5	X
	Não Presente	0	
Luminância Ambiente	Alta	1	
	Moderada	0	
	Baixa	-1	X
Controlo do Trânsito	Fraco	0,5	X
	Bom	0	

Índice Classe (M) = 6 – ∑ (Total das Opções Assinaladas) = 6 – 2 = 4 => M4

Tabela 18 Requisitos Fotométricos para a Classe M4

Classe de Iluminação	Superfície da estrada				TI (%)	SR
	Seca		Molhada			
	Lmédia (cd/m²)	Uo	UI	Uo		
M4	0,75	0,4	0,6	0,15	15	0,5

Vias Pedonais

Tabela 19 Vias Pedonais

Fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar			
Parâmetro	Opções	P	Opção Assinalada
Velocidade	Muito alta	-	
	Alta	-	
	Moderada	-	
	Baixa	1	X
	Muito baixa	0	
Volume de Tráfego	Muito elevado	1	
	Elevado	0,5	
	Moderado	0	X
	Baixo	-0,5	
	Muito baixo	-1	
Composição do Trânsito	Elevada percentagem de não motorizados	-	
	Misturado	-	
	Apenas motorizado	-	
	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	2	X
	Pedestres e tráfego motorizado	1	
	Pedestres e ciclistas	1	
	Pedestres ou ciclistas	0	
Veículos Estacionados	Presente	0,5	X
	Não Presente	0	
Luminância Ambiente	Alta	1	
	Moderada	0	X
	Baixa	-1	

Índice Classe (P) = 6 – ∑ (Total das Opções Assinaladas) = 6 – 3,5 = 2,5 ≈ 3 => P3


Tabela 20 Requisitos Fotométricos para a Classe P3

Classe de Iluminação	Emédia (lux)	E mínima (lux)	Requisitos adicionais caso o reconhecimento facial seja necessário	
			Evertical,mínima (lux)	Esemi-cilíndrica,mínima (lux)
P3	7,5	1,5	2,5	1,5

6.4.2. ARQUITETURAS DE DISPOSIÇÃO DE POSTES/COLUNAS NA IP

A complexidade de uma instalação de IP é elevada. Tem de conjugar um conjunto de requisitos fotométricos (valores mínimos e distribuição luminosa) com as diferentes disposições dos postes e ângulos das luminárias possíveis (para mais informação consultar os relatórios técnicos CIE 132/1999 e CIE 140/2000). As arquiteturas de disposição de postes/colunas na IP mais habituais são as seguintes:

Tabela 21 Esquematisações da disposição dos postes nas vias de circulação

Esquema	Disposição	Descrição (Comentários)
	Unilateral	Aconselhável na situação em que a largura da via (l) \leq altura da luminária (h)
	Quincôncio/ Alternada	Aconselhável na situação, $l \geq (1 \text{ a } 1,5) h$
	Bilateral	Aconselhável na situação, $l \geq 1,5 h$
	Bilateral com faixa central	Aconselhável na situação, $l \geq 1,5 h$
	Axial	Colunas situadas na faixa central. Sugere-se nas situações em que $l \geq 2,5 h$

Esquema	Disposição	Descrição (Comentários)
	Curvas	Em curvas, e, se a largura da estrada é menor que 1,5h, as luminárias serão instaladas na parte exterior da curva, colocando uma luminária no prolongamento dos eixos de circulação.
	Cruzamento	Disposições aconselháveis em cruzamentos
ou 		
	Cruzamento	Disposição aconselhável em cruzamentos entre vias iluminadas e com a mesma classe
	Cruzamento	Disposição aconselhável em cruzamentos entre vias iluminadas e de importâncias diferentes
	Entroncamento	Disposição mais aconselhável
	Rotunda 1	Aconselha-se a disposição das colunas nas margens da rotunda quando existe arvoredo, arbustos ou canteiros de flores. O diâmetro da rotunda ultrapassa os 18m.

Esquema	Disposição	Descrição (Comentários)
	Rotunda 2	Aconselha-se a disposição de uma coluna no meio da rotunda com braços triplou ou quádruplos quando não existe arvoredo. O diâmetro da rotunda não ultrapassa os 18m.
	Cruzamento com ilhéus	Cruzamento com ilhéus direcionais entre uma via principal com luminárias indicadas a cheio e de maior potência que as da via secundária.

Tabela 22 Topologia das Redes de Iluminação Pública.

Espaçamento	Altura útil	
	Rede aérea BT	Rede subterrânea
40 metros	8 m	12 m
35 metros	8/7 m	10 m
25 metros	6 m	8 m
18 metros		4 m

6.4.3. MANUTENÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE IP

A operação e manutenção da IP é um enorme desafio, devido ao vasto número de componentes inseridos num sistema. Todos os sistemas de iluminação irão deteriorar-se progressivamente a partir do instante inicial de funcionamento. Esta diminuição do desempenho é o resultado da:

- Acumulação de poeiras e lixo em todas as superfícies expostas das fontes de luz e/ou das luminárias;
- Diminuição do fluxo luminoso da fonte de luz;
- Fontes de luz avariadas;
- Idade dos componentes e a sua progressiva degradação.

Em fase de projeto, é assim importante minimizar os processos de manutenção, sendo que a ferramenta disponível passa pela definição correta do fator de manutenção.

6.4.3.1. FATORES DE MANUTENÇÃO PARA PROJETO

No cálculo dos parâmetros de iluminação de qualquer projeto de IP é necessário incluir um fator de manutenção que tenha em conta a degradação das condições iniciais do sistema ao longo do tempo. Através do cálculo do fator de manutenção, e tendo em conta a calendarização da manutenção proposta, é possível prever a variação dos níveis de iluminância/luminância ao longo do tempo. O fator de manutenção pode ser determinado através de 6 passos:

- Selecionar a fonte de luz e luminária a aplicar.
- Determinar o intervalo de substituições em grupo das fontes de luz, consoante a sua utilização anual.
- Obter o FMLL (ver Tabela 23).
- Obter o FSL (ver Tabela 24).
- Analisar as luminárias escolhidas quanto ao índice de proteção, categoria da poluição ambiente e intervalo de limpeza, obtendo o FML (ver Tabela 25).
- Calcular o fator de manutenção como o produto destes três fatores:

$$FM = FMLL \times FSL \times FML$$

As tabelas seguintes estabelecem os valores dos diversos fatores envolvidos no cálculo do fator de manutenção, tendo em consideração o tempo de operação.

Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso (FMLL)

O fluxo luminoso decresce ao longo do tempo, sendo que a taxa exata irá depender do tipo de fonte de luz e do balastro. A Tabela 21 mostra alguns exemplos típicos deste fator, sendo que é muito importante obter dados atualizados dos fabricantes de equipamentos de IP para estimar o FMLL e o programa de manutenção a aplicar.

Tabela 23 Valores do FMLL

Fonte luminosa	Número de horas de funcionamento (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor de Sódio de Alta Pressão	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Iodetos Metálicos	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73
LED	-	-	-	-	0,95

Fator de Sobrevivência da Lâmpada (FSL)

A taxa de sobrevivência depende do tipo de fonte de luz, potência, frequência de comutação e do balastro/*driver*. A Tabela 22 mostra a probabilidade de as fontes de luz continuarem operacionais durante um determinado período.

Tabela 24 Valores do FSL

Fonte luminosa	Número de horas de funcionamento (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor de Sódio de Alta Pressão	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Iodetos Metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
LED	-	-	-	-	0,95

Fator de Manutenção da Luminária (FML)

Na análise da depreciação de um sistema é importante ser capaz de reconhecer o tipo e a quantidade de sujidade existente no ar, de modo a avaliar convenientemente o tipo de luminária a utilizar, bem como os requisitos de limpeza. A perda de intensidade luminosa está associada à natureza e densidade dos detritos, design da luminária, tipo de fonte de luz, materiais utilizados na luminária, índices de proteção e sistema de autolimpeza da luminária.

O tipo de poluição do meio ambiente pode ser definido da seguinte forma:

- Alta | Fumos e poeiras gerados por atividades relativamente próximas, envolvendo as luminárias.
- Baixa | Nível de contaminação ambiente baixo, não existindo fumo ou poeiras geradas nas proximidades. Verifica-se em zonas residenciais ou áreas rurais, com tráfego ligeiro. Possui um nível de partículas no meio ≤ 150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

A Tabela 23 mostra os valores do FML tendo em conta o tempo de exposição da luminária nas condições de poluição descritas e o tipo de luminária.

Tabela 25 Valores do FML

Tipo de Luminária	Nível de Poluição	Tempo de operação (mil horas)		
		4	8	12
IP 55 Difusor de Plástico	Alto	0,87	0,71	0,61
	Baixo	0,92	0,80	0,71
IP 65 Difusor de Plástico	Alto	0,89	0,76	0,66
	Baixo	0,95	0,84	0,76
IP 65 Difusor de Vidro	Alto	0,94	0,84	0,76
	Baixo	0,97	0,90	0,82
IP 66 Difusor de Plástico	Alto	-	0,81	0,74
	Baixo	0,95	0,87	0,81
IP 66 Difusor de Vidro	Alto	-	0,88	0,83
	Baixo	0,97	0,93	0,88

Para o cálculo do fator de manutenção deverá ser considerado um período de 3 anos (aproximadamente 12.000 horas), uma vez que são os valores de referência.

Assim, por exemplo:

- Lâmpada de VSAP com luminária IP 66 (difusor de vidro em poluição baixa) fica:
FM = $0,90 \times 0,89 \times 0,88 = 0,7$.
- LED com luminária IP 66 (difusor de vidro em poluição baixa) fica:
FM = $0,95 \times 0,95 \times 0,88 = 0,8$.
- Iodetos Metálicos com luminária IP 66 (difusor de vidro em poluição baixa) fica:
FM = $0,73 \times 0,88 \times 0,88 = 0,6$.

6.5. NORMA DE SUBSTITUIÇÃO

Depois de conhecer a topologia das ruas tornou-se essencial numa primeira fase a identificação, não só dos pontos com maior consumo, mas também das instalações com maior potencial de poupança. Contam-se entre estas, tipicamente instalações com lâmpadas de grande potência, luminárias claramente ineficientes, danificadas ou obsoletas, instalações com níveis de iluminância excessivos ou desadequados em relação ao seu uso.

Em função do conhecimento prévio e geral da rede de IP do Concelho, tendo como prioritário propor uma intervenção que maximize a redução do consumo elétrico efetivo

com o mínimo de investimento possível, propõe-se por centrar a intervenção nos grupos de luminárias com maior consumo entendendo-se como mais apropriadas as seguintes intervenções:

- Troca da placa de acessórios convencional, com balastro ferromagnético, condensador e ignitor, por uma nova placa equipada com balastro eletrónico com redução de fluxo, mantendo-se a lâmpada existente, em luminárias em bom estado, eficientes e com menos de 10 anos de idade;
 - Troca integral de luminária com mais de 10 anos ou ineficiente por luminária nova equipada com LEDS, com sistema de redução de fluxo;
 - Troca integral de luminária com mais de 10 anos ou ineficiente por luminária nova equipada com balastro eletrónico com redução de fluxo;
- ✓ Os balastos eletrónicos são equipamentos que substituem o tradicional conjunto de balastro, ignitor e condensador associado às lâmpadas de descarga usadas atualmente. Apresentam como primeira vantagem o rendimento elevado, do qual resultam perdas menores, a maximização do tempo de vida da lâmpada, por via do melhor controlo e estabilização da alimentação da lâmpada. Outra vantagem importante é a possibilidade de incorporarem inteligência que permita a regulação autónoma do fluxo luminoso da lâmpada em horários de menor movimento nas ruas, com a consequente redução de consumo.
- ✓ As luminárias LED a instalar deverão apresentar rendimento luminoso elevado com distribuição fotométrica apropriada. Deverão evidenciar ter sido alvo de cuidadoso estudo térmico e permitirem a atualização no local do bloco de LEDS por outros mais eficientes que venham a surgir ao longo da sua vida. Terão obrigatoriamente construção integral em alumínio, IP66 e difusor em vidro no caso das luminárias para iluminação viária, admitindo-se policarbonato estabilizado aos UV apenas no caso de luminárias de jardim.
- ✓ No caso da troca por luminárias mais eficientes, a constante evolução da tecnologia empregue na iluminação pública aconselha o uso de luminárias com construção robusta, durável, mas ao mesmo tempo eficiente. Nesse sentido entendemos que, para eixos viários principais, é tido como ideal a instalação de aparelhos com construção em

alumínio, com grau de proteção IP66 e bloco ótico selado, constituído por refletor de alta eficiência e difusor de vidro temperado de elevada transmitância ou de polimetilmetacrilato estabilizado (PMMA), conforme as situações em apreço. Só assim se garantirá a eficiência pretendida, bem como a garantia de resultados ao longo do seu tempo de vida.

6.5.1. VIAS DE TRÂNSITO (PRINCIPAL)

No caso de luminárias das vias principais com mais de 10 anos, ineficientes, equipadas com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, propõe-se a sua substituição integral por novas luminárias modelo YOA da Schröder ou equivalente. A luminária YOA vem equipada com 32 Leds, fotometria obtida através de lente secundária em PMMA ref.^a 5140, alimentada a 700mA, 230 V, 50 Hz, potência da luminária 72W, fluxo da luminária 6840lm, garantia de um nível mínimo de manutenção de fluxo do LED L90B10 às 100.000 horas de acordo com o normativo LM80/TM21 para um $T_s=85^{\circ}\text{C}$, temperatura de Cor: 3100°K, Índice de restituição cromática $\text{IRC}\geq 70$. Proteção contra sobretensões de 10kV e externa ao *driver*, *driver* com regulação 1-10V e/ou DALI, classe I de segurança elétrica, certificação ENEC. A luminária YOA, possui um formato circular sendo constituída por dois corpos principais integralmente em liga de alumínio injetado a alta pressão EN AC 47100 de acordo com a norma EN 1706, no corpo inferior da luminária são alojados o *driver* e o motor fotométrico, o corpo inferior fecha a luminária através de compressão de junta de silicone. Acabamento da luminária com utilização do processo de pintura eletrostática, com tinta de poliéster em RAL a definir, com espessura mínima de 60 μm (100 μm para aplicação em orla costeira), difusor em vidro liso plano e temperado, extra claro, com 5mm de espessura, índice de resistência ao impacto mecânico IK08 segundo IEC EN 62292, luminária permite várias soluções de fixação para as diferentes configurações existentes, lateral diâmetro 48-60mm, vertical, suspensa, garfo e catenária. Índice de proteção global (bloco ótico, compartimento de acessórios e de ligação à rede) IP66 segundo EN 60598, garantido a estanquicidade integral da luminária.

As luminárias YOA, sempre que tal se verifique necessário e oportuno, deverão ser montadas em coluna em aço galvanizado a quente por imersão conforme norma ISO1461, dimensionado de acordo com a EN-40EN-40 (50kg | A-III<0,65m² | B-III<0,5m²), diâmetro no topo 60mm, diâmetro na base 180mm, conicidade 15/1000mm, com altura útil que pode variar entre os 8, 10 e 12 metros, composta por braço tipo PHYLO da Schröder ou equivalente, com 1000mm de comprimento e inclinação de 5°. Acabamento através de esquema de pintura com espessura média de filme seco total de 240microns, testado de acordo com norma ISO 12944-6 para classe de corrosividade até (C5-M/I). Acabamento através de esquema de pintura Extra Plus em RAL a definir. Deverá ser apresentado relatório de ensaio, realizado em laboratório acreditado, atestando a conformidade com os requisitos especificados (coluna com marcação CE).

- Cor: AKZO 900 cinzento areado;
- IP 66;
- IK08;
- Potência 72W;
- Fluxo: 7825lm;
- Temperatura de Cor: 3100°K
- Fixação: lateral, vertical, suspensa, garfo e catenária.



Figura 35 Luminária YOA Led. [19]

6.5.2. VIAS DE TRÂNSITO (SECUNDÁRIAS)

No caso das vias classificadas como secundárias equipadas com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, em caso de substituição, propõe-se a sua substituição integral por novas luminárias modelo YOA da Schröder ou equivalente. A luminária YOA vem equipada com 32 Leds, fotometria obtida através de lente secundária em PMMA ref.ª 5140, alimentada a 500mA, 230 V, 50 Hz, potência da luminária 50,3W, fluxo da luminária 6840lm, garantia de um nível mínimo de manutenção de fluxo do LED L90B10 às 100.000 horas de acordo com o normativo LM80/TM21 para um $T_s=85^{\circ}\text{C}$, temperatura de Cor: 3100°K , Índice de restituição cromática $\text{IRC}\geq 70$. Proteção contra sobretensões de 10kV e externa ao *driver*, *driver* com regulação 1-10V e/ou DALI, classe I de segurança elétrica, certificação ENEC. A luminária YOA, possui um formato circular sendo constituída por dois corpos principais integralmente em liga de alumínio injetado a alta pressão EN AC 47100 de acordo com a norma EN 1706, no corpo inferior da luminária são alojados o *driver* e o motor fotométrico, o corpo inferior fecha a luminária através de compressão de junta de silicone. Acabamento da luminária com utilização do processo de pintura eletrostática, com tinta de poliéster em RAL a definir, com espessura mínima de $60\mu\text{m}$ ($100\mu\text{m}$ para aplicação em orla costeira), difusor em vidro liso plano e temperado, extra claro, com 5mm de espessura, índice de resistência ao impacto mecânico IK08 segundo IEC EN 62292, luminária permite várias soluções de fixação para as diferentes configurações existentes, lateral diâmetro 48-60mm, vertical, suspensa, garfo e catenária. Índice de proteção global (bloco ótico, compartimento de acessórios e de ligação à rede) IP66 segundo EN 60598, garantido a estanquicidade integral da luminária.

As luminárias YOA, sempre que tal se verifique necessário e oportuno, deverão ser montadas em coluna em aço galvanizado a quente por imersão conforme norma ISO1461, dimensionado de acordo com a EN-40EN-40 (50kg | A-III< $0,65\text{m}^2$ | B-III< $0,5\text{m}^2$), diâmetro no topo 60mm, diâmetro na base 180mm, conicidade 15/1000mm, com altura útil que pode variar entre os 6 e os 8 metros, composta por braço tipo PHYLO da Schröder ou equivalente, com 1000mm de comprimento e inclinação de 5° . Acabamento através de esquema de pintura com espessura média de filme seco total de 240microns, testado de acordo com norma ISO 12944-6 para classe de corrosividade até (C5-M/I). Acabamento

através de esquema de pintura Extra Plus em RAL a definir. Deverá ser apresentado relatório de ensaio, realizado em laboratório acreditado, atestando a conformidade com os requisitos especificados (coluna com marcação CE).

- Cor: AKZO 900 cinzento areado;
- IP 66;
- IK08;
- Potência 50,3W;
- Fluxo: 6840lm;
- Temperatura de Cor: 3100°K
- Fixação: lateral, vertical, suspensa, garfo e catenária.



Figura 36 Luminária YOA Led. [19]

6.5.3. VIAS (MISTAS) PEDONAIS

Para as ruas de trânsito de peões e ciclistas a proposta de alteração assenta nas seguintes luminárias:

Luminária modelo KARIN da ROSA ou equivalente, candeeiro em alumínio anodizado, cor antracite "Ci-78", marcação CE, de secção circular \varnothing 200 mm (fixação por flange), com altura útil de 4800 mm, módulo LED com potência de 92W, temperatura de cor 4000K e bloco ótico constituído por difusor em tubo de acrílico transparente (PMMA).

- Cor: antracite;
- IP 65;
- IK10;
- Potência 92W;
- Fluxo: 6500lm;
- Temperatura de Cor: 4000°K
- Fixação: vertical.



Figura 37 Luminária Karin Led. [20]

Luminária modelo PIANO da Schröder ou equivalente. A luminária PIANO vem equipada com 32 Leds, fotometria obtida através de lente secundária em PMMA ref.ª 5140, alimentada a 500mA, 230 V, 50 Hz, potência da luminária 52W, fluxo da luminária 6300lm,

temperatura de Cor: 3000°K, Índice de restituição cromática IRC≥70. Proteção contra sobretensões de 10kV e externa ao *driver*, *driver* com regulação 1-10V e/ou DALI, classe I de segurança elétrica, certificação ENEC. Acabamento da luminária com utilização do processo de pintura eletrostática, com tinta de poliéster em RAL a definir, com espessura mínima de 60µm (100µm para aplicação em orla costeira), difusor em vidro liso plano e temperado, extra claro, com 5mm de espessura, índice de resistência ao impacto mecânico IK08 segundo IEC EN 62292, luminária permite várias soluções de fixação para as diferentes configurações existentes, lateral diâmetro 48-60mm, vertical, suspensa, garfo e catenária. Índice de proteção global (bloco ótico, compartimento de acessórios e de ligação à rede) IP66 segundo EN 60598, garantido a estanquicidade integral da luminária.

- Cor: AKZO 200 preto;
- IP 66;
- IK08;
- Potência 52W;
- Fluxo: 6300lm;
- Temperatura de Cor: 3000°K
- Fixação: lateral e vertical.



Figura 38 Luminária Piano Midi Led. [21]

6.5.4. ZONAS DE CONFLITO

Jardins e monumentos



Figura 39 Iluminação Pública e Decorativa (Largo dos Combatentes).

No caso dos jardins e monumentos a alteração será feita de acordo com as características do próprio local. No caso dos globos e projetores, os que tiverem mais de 10 anos, e estejam ineficientes, com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 50W/70W ou de vapor de mercúrio de 80W, propõe-se a sua substituição integral por uma das seguintes soluções:

Luminária CASCAIS da Schröder ou equivalente, composta por 24 LED's, alimentada a 500mA, 230 V, 50 Hz, potência de 37,6W, temperatura de Cor de 3000°K, lente 5121AS ou 5117AS consoante aplicação em fuste vertical ou em fachada, difusor estruturado, fixação vertical penetrada com casquilho ¾" GAZ, classe II.

- Cor: AKZO 900 cinzento areado;
- IP 66;
- IK08;
- Potência 37,6W;
- Fluxo: 4000lm;
- Temperatura de Cor: 3000°K
- Fixação: vertical e suspensa.



Figura 40 Luminária CASCAIS Led. [22]

Luminária LAMPIÃO 370 da Soneres ou equivalente, alimentada a 850mA, 230 V, 50 Hz, potência de 47W, temperatura de cor 3000K, fotometria tipo RADIAL II_A, fixação vertical, difusor em Cristal Texturado, IP55, IK10, a instalar em Colunas de Ferro Fundido, pintada em cor RAL a definir.

- Cor: Cristal Texturado;
- IP 55;
- IK10;
- Potência 47W;
- Fluxo: 4128lm;
- Temperatura de Cor: 3000°K
- Fixação: vertical e suspensa.



Figura 41 Luminária Lampião 370 Led. [23]

Projektor de encastrar TERRA Midi Led da Schröder ou equivalente, com 16 Leds, alimentado a 350mA, 230V, 50Hz, potência de 19,2W, temperatura de cor 4000°K, regulação da inclinação até 30°, construído em alumínio, aço inox e vidro temperado, agarra-cabos exterior, possibilidade de luz estática ou dinâmica, para iluminação decorativa ou balizamento. O Projektor Terra Midi LED é fornecido pré-cablado, facilitando a montagem e garantindo a sua estanquicidade ao longo do tempo, uma vez que não é necessário abrir o projektor. Possibilidade de vários tipos de lentes (feixe estreito, médio ou largo) e refletores (feixe muito largo), e versões monocromáticas na cor branco (frio, neutro ou quente), vermelho, verde, azul ou âmbar.

- Cor: aço inox escovado;
- IP 67;
- IK10;
- Potência 19,2W;
- Fluxo: 1824lm;
- Temperatura de Cor: 4000°K
- Fixação: enterramento.



Figura 42 Projektor Terra Midi Led e aplicação do mesmo em rotunda de Ovar. [24]

Parques, Praças e Grandes Áreas

Projektor FOCAL da Schröder ou equivalente, com 24 LED's, alimentado a 500mA, 230V, 50Hz, potência de 38,9W, temperatura de cor 4000°K, lente Flat glass 5068, a instalar em fuste FOCUS de 10 ou 12 metros de altura útil, versão paralela desnivelada em aço galvanizado a quente por imersão, dimensionado de acordo com a EN-40. Acabamento geral por aplicação de esquema de pintura PLUS, ou equivalente.

- Cor: AKZO 900 cinzento areado;
- IP 66;
- IK10;
- Potência 38,9W;
- Fluxo: 3950lm;
- Temperatura de Cor: 4000°K
- Fixação: vertical.



Figura 43 Projetor Focal Led. [25]

Passadeiras

Nas passagens para peões deve ser colocada uma armadura de tal forma que se consiga ver perfeitamente sobre a mancha luminosa, por contraste, qualquer obstáculo que se encontre neste local crítico.

As figuras seguintes mostram a utilização de armaduras adequadas para a iluminação de passadeiras, numa estrada com 2 vias de circulação de sentido oposto. Para tal é necessária a colocação de uma luminária anterior à passagem de peões nos dois sentidos de viação. A colocação de LED's intermitentes diretamente no alcatrão precedentes à passadeira e na sinalização permitirá colmatar qualquer problema de visualização da mesma.

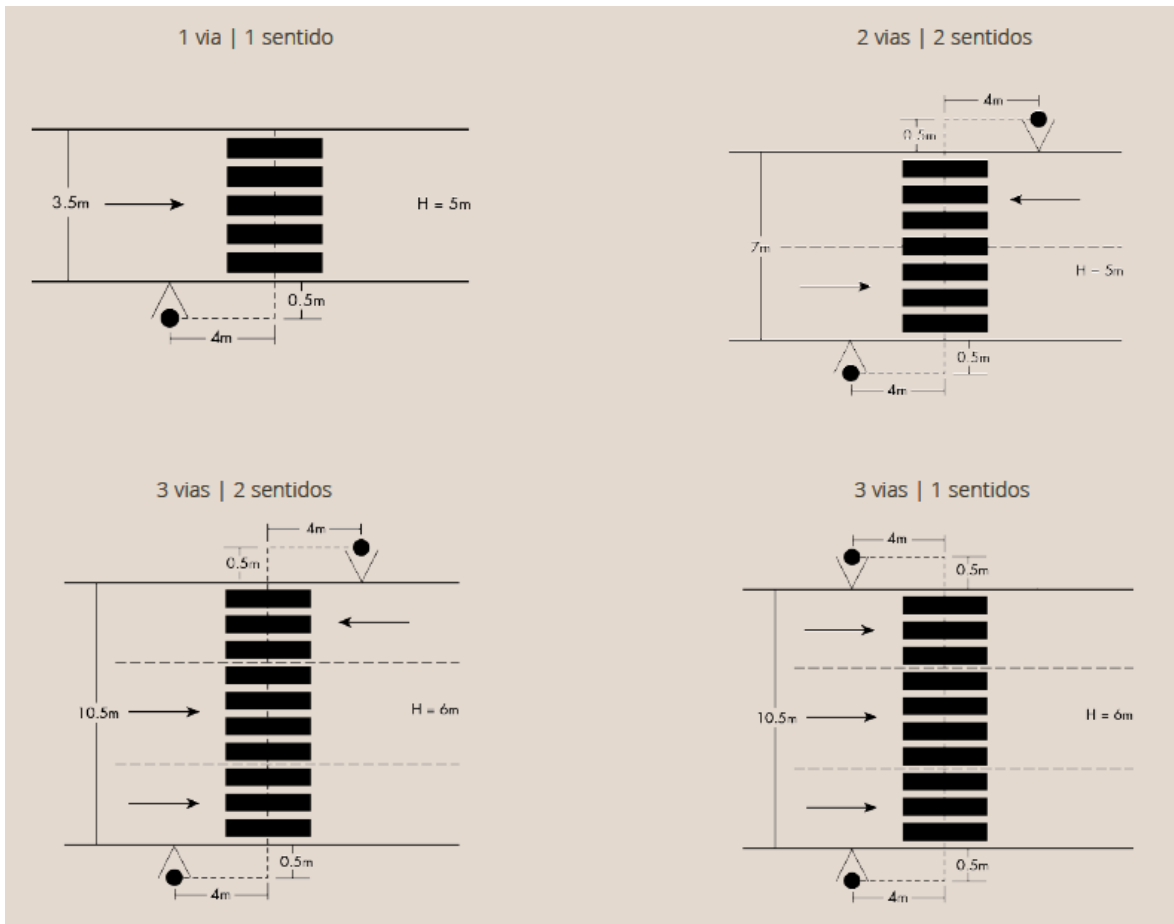


Figura 44 Exemplos de colocação das luminárias numa passeadeira. [26]



Figura 45 Exemplo de iluminação de passagem de peões. [27]

Em situações em que por motivos diversos, no âmbito de uma rede integrada de iluminação pública, não é possível projetar a implantação de colunas de iluminação ligadas à rede pública e localizadas anteriormente à passagem de peões no sentido de viação, deve ser prevista a instalação de colunas de iluminação específica para passagem de peões.

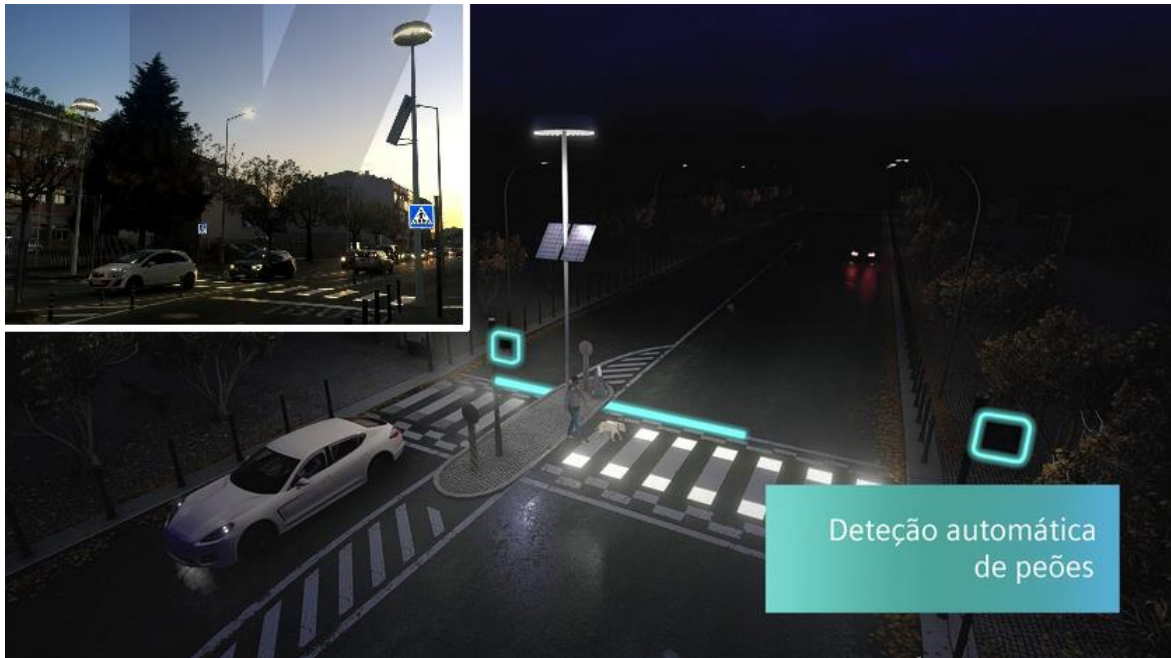


Figura 46 Exemplo de iluminação de passagem de peões, com energias renováveis. [28] [29]

Assim, em situações não previstas, devem ser instaladas luminárias LED alimentadas a partir de energias renováveis, com bloco ótico assimétrico e refletor especialmente desenvolvidos para esta finalidade. Equipado com uma temperatura de cor diferente da iluminação da estrada, para que o peão seja bem visível, provocando um contraste positivo com o peão iluminado contra um fundo escuro.

No caso dos LED's aconselha-se uma temperatura de cor $\geq 5000K$ para vias iluminadas a vapor de sódio alta pressão ou LED's de temperatura de cor $\leq 4000K$.

As colunas deverão possuir uma altura útil entre os 5 e os 6 metros.

Importa referir que na iluminação de passadeiras todo o ULOR terá de ser eliminado, interessando somente o DLOR da luminária.

Rotundas

Se o diâmetro da rotunda for pequeno, bastará um suporte central de altura adequada com várias armaduras (ver figura 47).

Se a parte central tiver um diâmetro considerável, coloca-se no seu perímetro uma armadura no alinhamento de cada via. Colocam-se também uma ou várias armaduras no perímetro exterior da rotunda de modo a permitir a identificação das vias de acesso, para um condutor colocado na rotunda. Em cada via de acesso coloca-se uma armadura para que os peões que aí atravessam sejam bem visíveis.



Figura 47 Exemplo de iluminação em rotunda.

Os balizadores de piso, deverão ser usados para sinalizar ilhas separadoras de tráfego.

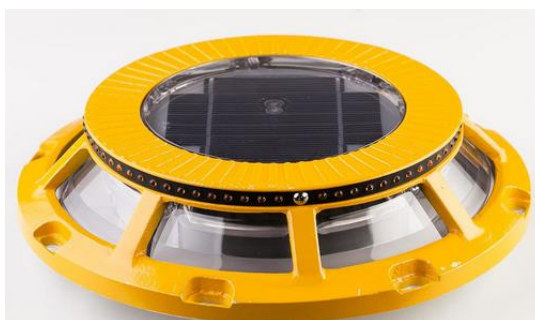


Figura 48 Exemplo de balizador de piso solar.

6.5.5. REDUÇÃO DE FLUXO

Para uma mesma via, a classe de iluminação nem sempre é idêntica para todas as horas da noite. Assim, de acordo com a norma CIE 115/2010, dever-se-á analisar a situação específica do conjunto de períodos noturnos definidos, determinando para cada um deles, em fase de projeto, as suas classes através dos métodos descritos anteriormente.

A eficiência energética é um dos aspetos a ter em conta nos projetos, manutenção e operação de uma infraestrutura de iluminação pública. E ainda que os benefícios associados sejam claros e significantes, surge um desafio específico, isto é, a aceitação destas soluções pelos cidadãos. Com efeito, existem outros fatores determinantes na execução de um projeto; fatores que são imediatamente percebidos pelos utilizadores e que definem a sua opinião e relação para com a IP, tendo em conta o seu sentimento de segurança e de qualidade de vida nas áreas públicas que frequentam.

Foi efetuado um estudo pela EDP Distribuição de onde se retira o seguinte:

- Maior sensibilidade para a rejeição de situações de desperdício por parte dos cidadãos;
- Baixa familiarização em relação ao horário de funcionamento da IP;
- Resistência às alterações que impactem o seu quotidiano (segurança e proteção de bens);
- Resistência a alterações no período de funcionamento da IP (com particular ênfase nos comerciantes);
- Uma diminuição de 20 a 30% no valor da Intensidade Luminosa não é suficiente para criar um impacto negativo na opinião das pessoas (ou até mesmo ser perceptível);
- Os cidadãos pretendem mais intensidade no período inicial de funcionamento da IP, e a maioria é favorável a uma diminuição da intensidade no último período;
- Rejeição de uma possível “otimização” do sistema de IP desligando algumas fontes luminosas;
- Adoção de luminárias LED com luz branca em vez de luz alaranjada de lâmpadas de vapor de sódio (contra as atuais recomendações de luz com $T_c \leq 3000K$).

6.6. ENCARGOS FINANCEIROS COM IP

A despesa com a iluminação pública é cobrada trimestralmente, sendo a contagem lida à saída de cada posto de transformação existente, através do contador da EDP destinado a contabilizar o que se consome em exclusivo com a iluminação das vias.

Analisando as faturas do último ano de 2018, verifica-se que para um período de faturação de 01-01-2018 até 31-12-2018, com valor do IVA a 23% aplicado ao consumo medido por kWh com um preço unitário de 0,1337 € ao qual se acresce o imposto especial de sobre o consumo de eletricidade (IEC) que entrou em vigor dia 1 de janeiro 2012, no valor de 0,001Euros/kWh bem como a contribuição de audiovisual de 2,85 € por local de consumo, tudo isto traduz um preço a pagar de 1.150.000,00 €.

Por outro lado, a câmara recebe a renda de concessão do uso da rede elétrica de IP calculada através da fórmula:

$$rmn = rmn-1 \times (1+in-1) \times (1+tcmn-1 \times p)$$

Em que:

- rmn -> renda de concessão referente ao município “ m ” no ano “ n ”;
- $rmn-1$ -> renda de concessão referente ao município “ m ” no ano “ $n-1$ ”;
- n -> ano de cálculo da renda de concessão;
- $n-1$ -> ano anterior ao ano de cálculo da renda de concessão;
- m -> índice referente a cada um dos municípios;
- $in-1$ -> variação do índice de preços no consumidor, com exclusão da habitação, publicado pelo Instituto Nacional de Estatística referente ao ano “ $n-1$ ”;
- $tcmn-1$ -> taxa de evolução do consumo global de energia elétrica em BT (BTE, BTN e IP) entre o ano “ $n-2$ ” e “ $n-1$ ”, referente ao município “ m ”;
- p -> ponderador da taxa de consumo, que assume o valor 15 %.

Em conformidade, foram efetuados os cálculos de acordo com a fórmula em cima enunciada, extraída do anexo II do Decreto-Lei 230/2008 de 27 de Novembro, a qual prevê que se tenha em conta a variação do índice de preços no consumidor, com exclusão da

habitação, publicado pelo Instituto Nacional de Estatística e ponderado por um fator aplicativo à variação do consumo de energia em baixa tensão (BT), ambos com base nos dados relativos ao ano anterior, àquele em que ocorre o pagamento da renda. Assim, foram usados, no cálculo, os dados sobre consumos verificados neste Município e a variação de preços nos consumos 2017-2018, resultando um *in-1* de 0,0095 e *tcmn-1* de 0,03979657 o que resulta numa renda de concessão em 2019 de 1.114.938,63 €.

Dos encargos de ambas as instituições, existe um ajuste de contas de modo a anular os valores e a definir o valor a pagar, neste caso da EDP ao Município de Ovar, resultante daí a importância de uma eficiência energética de modo a rentabilizar o mais possível um maior avolumado de capital.

O presente plano diretor prevê a alteração junto dos pontos mais críticos da rede promovendo as soluções mais eficientes para cada alteração de acordo com a topologia do caso. Para encontrar a melhor solução foi usada a fórmula:

$$poupança = tarifa \times [P_{actual} \times t_f \times (1 + P_{rede}) - P_{proposta} \times (t_f - t_r + r\% \times t_r) \times (1 + P_{rede})]$$

poupança -> Poupança anual expectável (€)

tarifa -> Tarifa de energia IP (€/KWh)

P_{actual} -> Potência atual consumida (kW)

P_{proposta} -> Potência consumida após intervenção (KW)

P_{rede} -> Perdas na rede elétrica de distribuição elétrica (%)

t_f -> Tempo de funcionamento anual da IP (h)

t_r -> Tempo de funcionamento anual em regime reduzido (h)

r% -> Percentagem de redução da potência consumida em regime reduzido (h)

6.7. PLANO DE CONTINGÊNCIA (MOTIVOS DE FORÇA MAIOR)

Para uma situação limite, aquando de uma emergência económica e somente nesse caso, definiu-se uma estratégia de carácter excecional, contra todos os princípios requisitados num projeto de Iluminação Pública, pois não cumpre qualquer requisito mínimo no que diz respeito a valores mínimos de iluminação ou segurança.

A estratégia a adotar nestas situações passa por desligar ponto a ponto certas luminárias das quais resultará a menor perturbação possível para os cidadãos do município. Assim só poderão ser desligadas as luminárias que possuam braço duplo, ruas que possuam iluminação dos dois lados da estrada, e ruas que cumulativamente possuam circulação pedestre extremamente reduzida, quantidade de luminárias significativa e respetivas potências atinjam por si só poupanças significativas, a desligar de modo a que os níveis de luminância não sejam muito baixos nem comprometam em demasia os níveis de segurança mínimos. A referida estratégia contempla também uma redução do horário de funcionamento da iluminação pública e decorativa.

As ruas que fazem parte da lista de desligação, são as seguintes:

- Avenida da Praia em Cortegaça;
- Avenida da Praia em Esmoriz;
- Avenida Dr. Fernando Raimundo Rodrigues em Esmoriz;
- Avenida do Europarque (EN223) em Maceda;
- Avenida da Régua em Ovar;
- Avenida do Emigrante em Ovar;
- Rua Monsenhor Fonseca Soares em Ovar;
- Avenida D. Maria II em Ovar;
- Avenida Sá Carneiro em Ovar;
- Rua dos Mercantéis em Válega.

7. CASOS PRÁTICOS

No seguimento dos capítulos anteriores, onde se desenvolveram ao vários parâmetros e conceitos e ter em consideração aquando da elaboração de um projeto de iluminação pública, seguem-se agora um caso prático onde se efetua a classificação das vias e qual a solução de requalificação adotada, tendo como base o uso de tecnologia eficiente na escolha das luminárias.

7.1. SITUAÇÃO EXISTENTE

A Rua Visconde de Ovar, Rua Coronel Galhardo e os Largos 1º de Dezembro e dos Combatentes, são artérias de grande importância na cidade de Ovar. A Rua Visconde de

Ovar com a Rua Coronel Galhardo a jusante, destaca-se desde logo por ser um dos principais acessos ao centro da cidade de Ovar, para quem se desloca vindo de sul ou sudeste pela A29 ou pela Estrada Nacional 109, possui uma densidade populacional considerável, num extensão de cerca de 1400 metros, existem habitações contíguas em ambos os lados da via, além do comércio local o referido arruamento, serve de acesso também ao posto da G.N.R., à Escola Secundária Júlio Dinis, ao polo da Cruz Vermelha de Ovar, ao Largo de Santa Camarão e aos já mencionados Largos 1.º de Dezembro e dos Combatentes. O Largo 1.º de Dezembro, exclusivamente pedonal, é também conhecido como “Jardim de São Miguel” em alusão aos seus canteiros ajardinados e á localidade de São Miguel onde o mesmo se encontra, possui também um parque infantil o que o leva a ser frequentado por inúmeras crianças. Por sua vez, o Largo dos Combatentes, deve o seu nome em homenagem aos Combatentes da Grande Guerra, possui canteiros ajardinados, e as ruas envolventes ervem maioritariamente de acesso ao Centro Educativo com o mesmo nome.

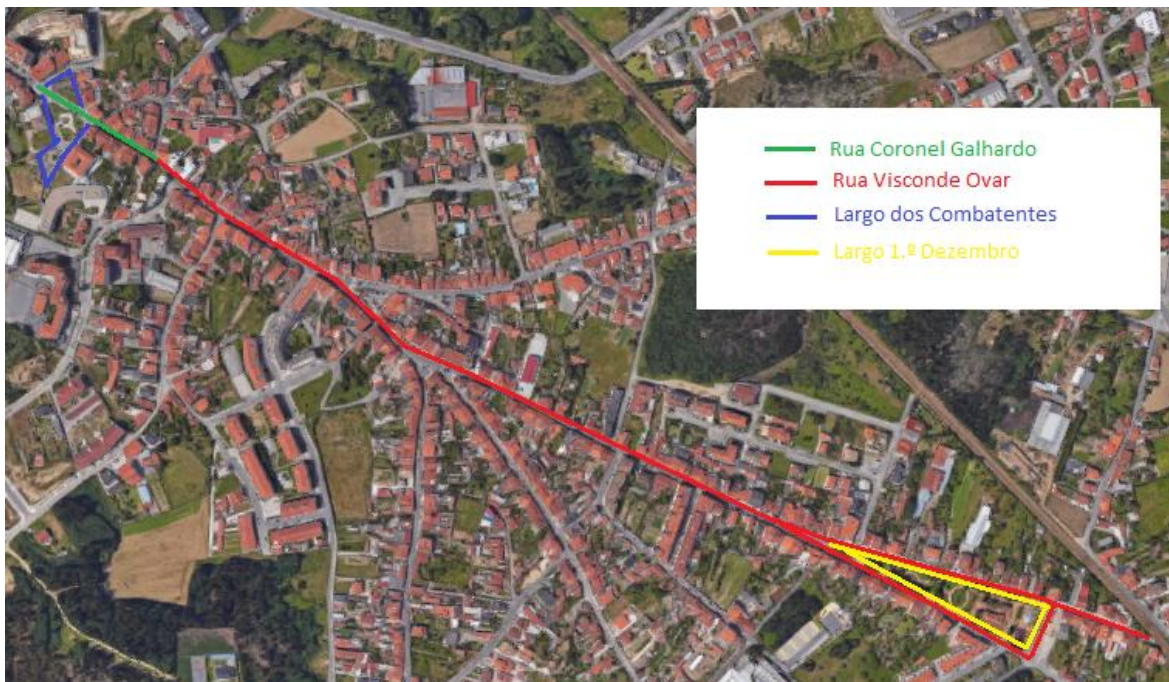


Figura 49 Ruas Visconde de Ovar, Coronel Galhardo e Largos 1.º Dezembro e dos Combatentes.

7.1.1. RUA VISCONDE DE OVAR E RUA CORONEL GALHARDO

O eixo viário constituído pela Rua Visconde de Ovar e Rua Coronel Galhardo, reveste-se de especial importância, conforme fatores enunciados no parágrafo anterior. O perfil da via destes arruamentos caracteriza-se maioritariamente por:

- Extensão de 1400 metros;
- Largura de via de trânsito 5,30 metros;
- Largura de Passeio 1,50 metros.



Figura 50 Imagem representativa do perfil de via da Rua Visconde de Ovar.

Quanto à caracterização dos equipamentos de iluminação pública, verifica-se o seguinte:

- Luminária HM (duplo casquilho 150W + 70W*) da Schröder;
- Coluna de Iluminação Pública em marmorite, com altura útil de 8 metros;
- Total de 57 luminárias existentes;
- Distância média entre colunas de 33 metros;
- Disposição das colunas em Quincôncio/Alternada;

**Atualmente estas luminárias, apenas possuem lâmpada de Vapor de Sódio de 150W de potência, tendo sido suprimida a lâmpada de 70W.*

7.1.1.1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA

Tabela 26 Via Principal

Fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar			
Parâmetro	Opções	M	Opção Assinalada
Velocidade	Moderada	0	X
Volume de Tráfego	Moderado	0	X
Composição do Trânsito	Misturado	1	X
Separação das Faixas	Não	1	X
Densidade dos Cruzamentos	Alta	1	X
Veículos Estacionados	Presente	0,5	X
Luminância Ambiente	Moderada	0	X
Controlo do Trânsito	Bom	0	X

Índice Classe (M) = $6 - \sum (\text{Total das Opções Assinaladas}) = 6 - 3,5 = 2,5 \approx 3 \Rightarrow M3$

Tabela 27 Requisitos Fotométricos para a Classe M3

Classe de Iluminação	Superfície da estrada				TI (%)	SR
	Lmédia (cd/m²)	Seca		Molhada		
		Uo	UI	Uo		
M3	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5

Os valores apresentados na tabela 27, referem-se aos requisitos mínimos a cumprir em termos fotométricos, na nova solução de iluminação proposta.

7.1.1.2. SOLUÇÃO DE ILUMINAÇÃO PROPOSTA

Tratando-se de uma via principal com equipamentos de iluminação pública com mais de 10 anos, ineficientes, equipadas com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, a solução proposta de acordo com o descrito no Capítulo 5, foi a sua substituição integral por novas luminárias modelo YOA da Schröder ou equivalente. A luminária YOA escolhida possui as seguintes características:

- Cor: AKZO 900 cinzento areado;
- IP 66;

- IK08;
- Potência 50,3W;
- Fluxo: 6849lm;
- Temperatura de Cor: 3100°K;
- Fixação: lateral.

No que diz respeito às colunas de marmorite existentes, as mesmas encontram-se em avançado estado de degradação, com a armação em ferro já visível em alguns pontos. Este tipo de colunas, bem como os postes de betão, apresentam problemas crónicos no que concerne à ferrugem, uma vez que esta leva a que a armação aumente de secção e por sua vez leva ao desprendimento da argamassa envolvente. Este tipo de colunas revela-se ainda perigosa em caso de embate em acidentes rodoviários. Assim, neste caso optou-se também pela sua substituição por colunas em aço galvanizado com altura útil de 8 metros, composta por braço tipo PHYLO da Schréder ou equivalente, com 1000mm de comprimento e inclinação de 5°.

7.1.1.3. ESTUDO LUMINOTÉCNICO

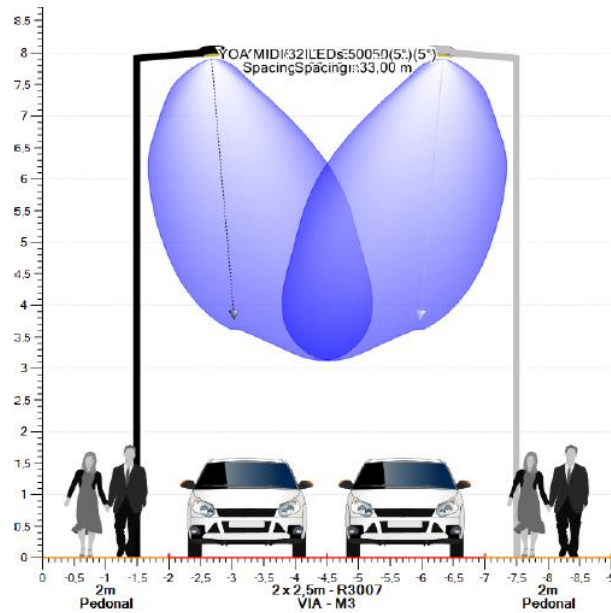


Figura 51 Esquema tipo (perfil da via).

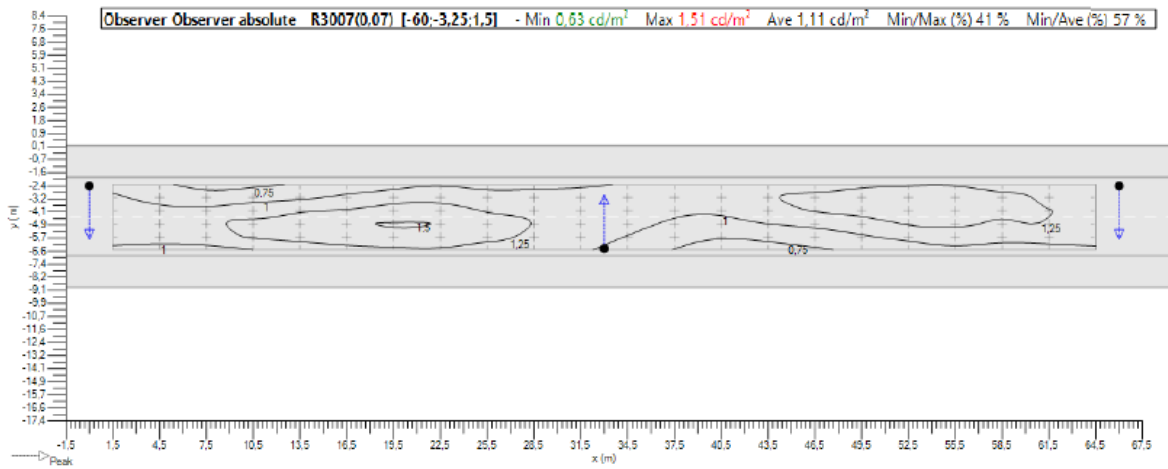


Figura 52 Luminância (valores mínimos, máximos e médios).

VIA (LU)

M3 (LU : Ave = 1,00 cd/m² Uo = 40 % UI = 60 % UoW = 15 % TI : 15 % SR : 0,50)

1. Luminance - RTable - R3007

	Ave (A) (cd/m ²)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UL (%)
Dynamic cross section - Observer 1 (-60,00; -5,75; 1,50)	1,10	54	40	0,60	1,49	60 %
Dynamic cross section - Observer 2 (-60,00; -3,25; 1,50)	1,11	57	41	0,63	1,51	60 %

Figura 53 Índices de Uniformidade.

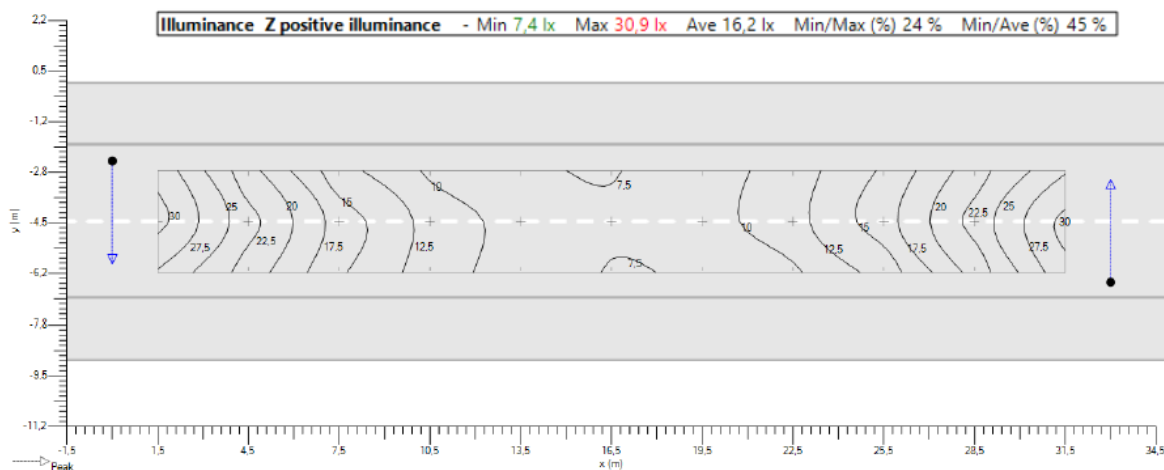


Figura 54 Iluminância (valores mínimos, máximos e médios).

Com o presente estudo luminotécnico, verifica-se que a solução de substituição de iluminação proposta, cumpre com os requisitos mínimos inerentes à classificação de M3.

7.1.1.4. ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

$$IEE = \frac{S \times E}{P}$$

Em que:

S – Área total (m²): produto do valor da interdistância entre pontos de luz e largura total da via e passeios;

E – Nível médio de iluminância calculado;

P – Potência total das luminárias, mais auxiliares, intervenientes na área calculada.

Assim, temos que:

$$IEE = ((5,30 \times 33) \times 16,2) / 50,3 = 56,33$$

O que equivale a uma Classificação Energética: A.

7.1.2. LARGO DOS COMBATENTES

O Largo dos Combatentes, caracteriza-se pelo seguinte perfil da via:

- Extensão de 75 metros;
- Largura de via de trânsito 5,30 metros;
- Largura de Passeio 1,50 metros.



Figura 55 Imagem representativa do perfil de via do Largo dos Combatentes.

Quanto à caracterização dos equipamentos de iluminação pública, verifica-se o seguinte:

- Luminária tipo “Ribeira” (100W) da Schröder;
- Coluna de Iluminação Pública em ferro fundido, com altura útil de 4 metros;
- Total de 22 luminárias existentes;
- Distância média entre colunas de 12 metros;
- Disposição das colunas alternada;

7.1.2.1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA

Tabela 28 Vias Pedonais

Fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar			
Parâmetro	Opções	P	Opção Assinalada
Velocidade	Baixa	1	X
Volume de Tráfego	Moderado	0	X
Composição do Trânsito	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	2	X
Veículos Estacionados	Presente	0,5	X
Luminância Ambiente	Moderada	0	X

Índice Classe (P) = $6 - \sum (\text{Total das Opções Assinaladas}) = 6 - 3,5 = 2,5 \approx 3 \Rightarrow P3$

Tabela 29 Requisitos Fotométricos para a Classe P3

Classe de Iluminação	E _{média} (lux)	E _{mínima} (lux)	Requisitos adicionais caso o reconhecimento facial seja necessário	
			E _{vertical,mínima} (lux)	E _{semi-cilíndrica,mínima} (lux)
P3	7,5	1,5	2,5	1,5

Os valores apresentados na tabela 29, referem-se aos requisitos mínimos a cumprir em termos fotométricos, na nova solução de iluminação proposta.

7.1.2.2. SOLUÇÃO DE ILUMINAÇÃO PROPOSTA

Tratando-se de uma via pedonal com equipamentos de iluminação pública com mais de 10 anos, ineficientes, equipadas com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, a solução proposta de acordo com o descrito no Capítulo 5, foi a sua substituição integral por novas luminárias modelo CASCAIS LED da Schröder ou equivalente. A luminária CASCAIS escolhida possui as seguintes características:

- Cor: AKZO 900 cinzento areado;
- IP 66;
- IK08;
- Potência 37,6W;
- Fluxo: 4000lm;
- Temperatura de Cor: 3000°K
- Fixação: vertical.

No que diz respeito às colunas de ferro fundido existentes, as mesmas encontram-se em mau estado de conservação, todavia do ponto de vista arquitetónico existe o interesse em manter o estilo de colunas existente. Neste caso em específico, é possível efetuar a recuperação das mesmas, através de decapagem tratamento anti corrosão e pintura.

7.1.2.3. ESTUDO LUMINOTÉCNICO

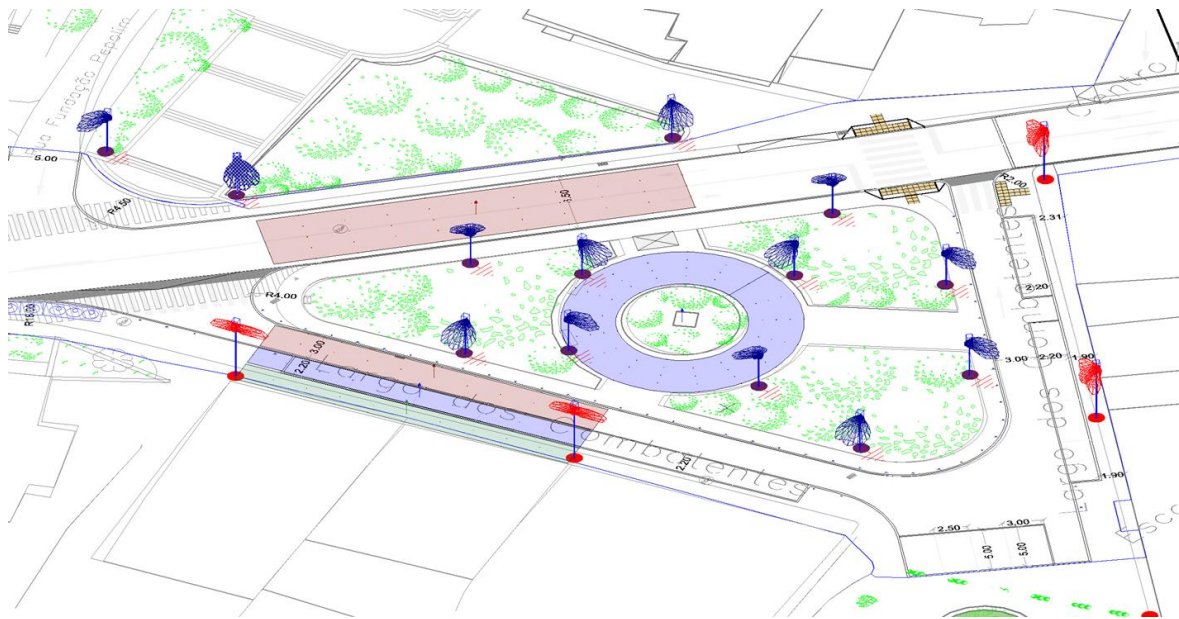


Figura 56 Esquema tipo (perfil da via).

passaio

1. Normal illuminance		Ave (A) (lx)	Min/Ave (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Default		11,7	32	17	3,7	21,1

Figura 57 Índices de Uniformidade.

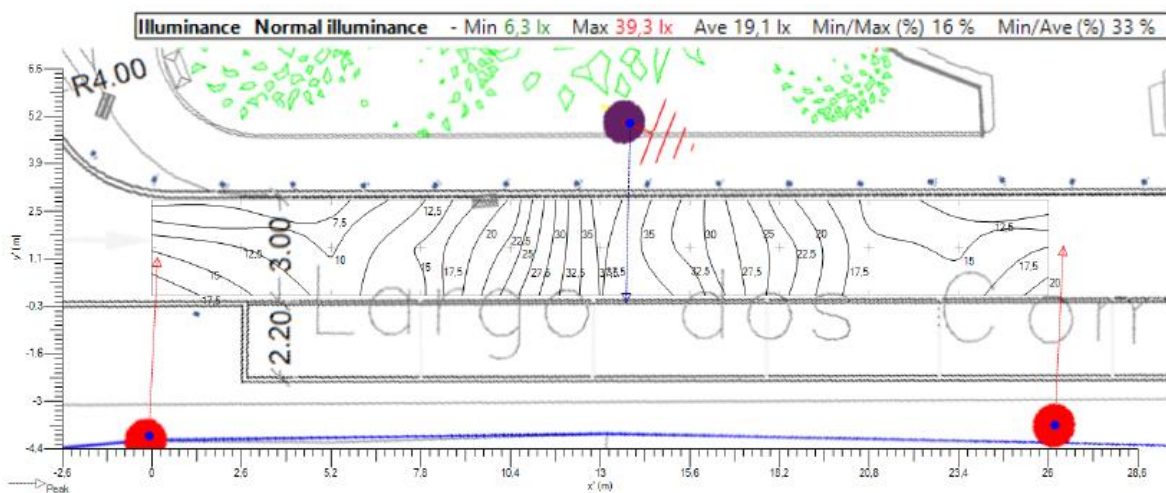


Figura 58 Iluminância (valores mínimos, máximos e médios).

Com o presente estudo luminotécnico, verifica-se que a solução de substituição de iluminação proposta, cumpre com os requisitos mínimos inerentes à classificação de P3.

7.1.2.4. ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

$$IEE = \frac{S \times E}{P}$$

Em que:

S – Área total (m²): produto do valor da interdistância entre pontos de luz e largura total da via e passeios;

E – Nível médio de iluminância calculado;

P – Potência total das luminárias, mais auxiliares, intervenientes na área calculada.

Assim, temos que:

$$IEE = ((25 \times 12) \times 11,7) / 37,6 = 93,35$$

O que equivale a uma Classificação Energética: A.

7.1.3. LARGO 1º DE DEZEMBRO

O Largo 1º de Dezembro, caracteriza-se pelo seguinte perfil da via:

- Extensão de 260 metros;
- Largura de via de trânsito 5,30 metros;
- Largura de Passeio 1,50 metros.



Figura 59 Imagem representativa do perfil de via do Largo 1º de Dezembro.

Quanto à caracterização dos equipamentos de iluminação pública, verifica-se o seguinte:

- Luminária tipo “Lampião” (100W) da Soneres;
- Coluna de Iluminação Pública em ferro fundido, com altura útil de 3 metros;
- Total de 18 luminárias existentes;
- Distância média entre colunas de 12 metros;
- Disposição das colunas alternada.

7.1.3.1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA

Tabela 30 Vias Pedonais

Fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar			
Parâmetro	Opções	P	Opção Assinalada
Velocidade	Baixa	1	X
Volume de Tráfego	Moderado	0	X
Composição do Trânsito	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	2	X
Veículos Estacionados	Presente	0,5	X
Luminância Ambiente	Moderada	0	X

Índice Classe (P) = $6 - \sum (\text{Total das Opções Assinaladas}) = 6 - 3,5 = 2,5 \approx 3 \Rightarrow P3$

Tabela 31 Requisitos Fotométricos para a Classe P3

Classe de Iluminação	E _{média} (lux)	E _{mínima} (lux)	Requisitos adicionais caso o reconhecimento facial seja necessário	
			E _{vertical, mínima} (lux)	E _{semi-cilíndrica, mínima} (lux)
P3	7,5	1,5	2,5	1,5

Os valores apresentados na tabela 31, referem-se aos requisitos mínimos a cumprir em termos fotométricos, na nova solução de iluminação proposta.

7.1.3.2. SOLUÇÃO DE ILUMINAÇÃO PROPOSTA

Tratando-se de uma via principal com equipamentos de iluminação pública com mais de 10 anos, ineficientes, equipadas com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, a solução proposta de acordo com o descrito no Capítulo 5, foi a sua substituição integral por novas luminárias modelo LAMPIÃO LED da Soneres ou equivalente. A luminária LAMPIÃO escolhida possui as seguintes características:

- Cor: Cristal Texturado;
- IP 55;
- IK10;
- Potência 47W;
- Fluxo: 4128lm;
- Temperatura de Cor: 3000°K;
- Fixação: vertical.

No que diz respeito às colunas de ferro fundido existentes, as mesmas encontram-se em mau estado de conservação, todavia do ponto de vista arquitetónico existe o interesse em manter o estilo de colunas existente. Neste caso em específico, é possível efetuar a recuperação das mesmas, através de decapagem tratamento anti corrosão e pintura.

7.1.3.3. ESTUDO LUMINOTÉCNICO



Figura 60 Esquema tipo (perfil da via) 3D.

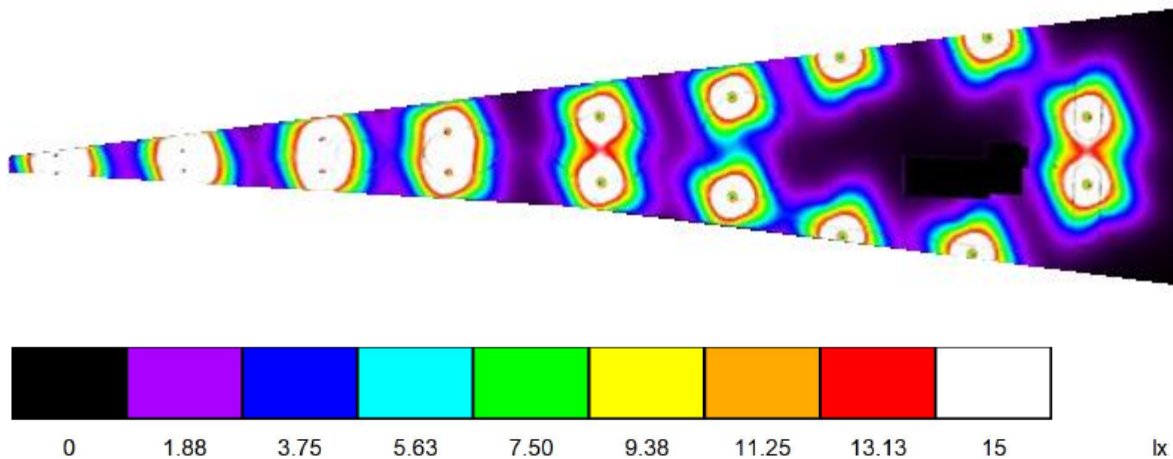


Figura 61 Iluminância (valores mínimos, máximos e médios).

Com o presente estudo luminotécnico, verifica-se que a solução de substituição de iluminação proposta, cumpre com os requisitos mínimos inerentes à classificação de P3.

7.1.3.4. ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

$$IEE = \frac{S \times E}{P}$$

Em que:

S – Área total (m²): produto do valor da interdistância entre pontos de luz e largura total da via e passeios;

E – Nível médio de iluminância calculado;

P – Potência total das luminárias, mais auxiliares, intervenientes na área calculada.

Assim, temos que:

$$IEE = ((37 \times 39) \times 7,50) / (47 \times 4) = 57,57$$

O que equivale a uma Classificação Energética: A.

8. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

8.1 CONCLUSÃO

Cada vez mais nos dias que correm a temática da gestão dos recursos energéticos ocupa um lugar central nas preocupações da sociedade em geral e das autarquias em particular. A gestão de fundos ligados à iluminação das cidades é nos dias correntes um numerário de relevante importância nos orçamentos camarários, de tal modo a sua gestão equilibrada e racional tornou-se fulcral para a liquidez monetária dos municípios. Os financiamentos provenientes de fundos europeus, quando avançaram foram desaproveitados na medida em que colidiram com entidades gestoras sem qualquer prévia avaliação do estado de

conservação e operacional dos sistemas de Iluminação Pública, por forma a poderem descortinar quais as situações a corrigir e canalizar os investimentos para métodos e tecnologia de uma forma mais assertiva.

A grande maioria das autarquias não possui ou dispõe de cadastros de IP pouco esclarecedores, não integrados num SIG, nalguns casos sem potência das lâmpadas, identificação dos modelos, estado de conservação dos equipamentos de IP, georreferenciados em alguns casos com recurso a GPS de navegação e sem a presença de eletrotécnicos e/ou de geógrafos.

Assim, é imperatório a criação de um Plano Diretor Municipal para a Iluminação Pública (PDM-IP) para todos e quaisquer municípios. Para o Município de Ovar, depois de fazer o levantamento da rede e de conhecer as infraestruturas existentes, foram definidas as estratégias e normas para potenciar uma rede de iluminação pública caracterizada pelo baixo consumo recorrendo ao uso de tecnologia eficiente, de tal modo que as medidas implementadas se refletissem na fatura e nas reduções de CO₂. Neste PDM-IP está definida a norma de substituição das luminárias, justificada pela classificação de cada via, ao invés de uma troca casual em caso de avaria. As ruas principais, secundárias e itinerários pedonais possuem neste documento um tratamento distinto, sendo a sua classificação baseada em critérios de projeto no tráfego de cada uma.

Em suma, esta dissertação tem como objetivo potenciar locais e trazer uma boa qualidade de vida aos munícipes promovendo a sua segurança, fazendo da luz um instrumento de orientação e de mobilidade, individualizando percursos urbanos e ambientes específicos, nomeadamente através da hierarquização dos níveis de iluminação e uso de temperaturas de cor diferenciadas. Para que fosse possível cumprir o objetivo citado anteriormente foi necessário entender uma série de parâmetros técnicos que um projeto de IP deve seguir de modo a obter uma maior eficiência energética.

8.2 TRABALHOS FUTUROS

A maioria dos contratos de concessão acabam entre 2015 e 2021 e é necessário que as autarquias tenham o sistema de IP cadastrado para uma possível negociação em futuras concessões. A legislação abriu agora a oportunidade da gestão da rede de distribuição de energia elétrica em baixa tensão, onde se inclui a iluminação pública, poder vir a ser explorada pelos próprios municípios ou por entidades distintas oponentes à EDP Distribuição. Neste contexto urge implementar no terreno as medidas preconizadas no PDM-IP, bem como adotar métodos de medição e aferição das poupanças efetivas resultantes da substituição dos equipamentos existentes.

Referências Documentais

- [1] D. d. R. Eletrónico, “Diário da República Eletrónico,” [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/legislacao-consolidada/-/lc/114337061/view?consolidacaoType=Decreto-Lei&consolidacaoTag=Energia>. [Acedido em 19 01 2019].
- [2] P. 2020, “PNAE 2020,” [Online]. Available: <http://www.pnaee.pt/pnaee#metaspnaee>. [Acedido em 19 01 2019].
- [3] P. ECO.AP, “PNAEE ECO.AP,” [Online]. Available: <https://ecoap.pnaee.pt/>. [Acedido em 19 01 2019].
- [4] G. C. o. Mayors, “PAES - Pacto dos Autarcas,” [Online]. Available: <https://www.pactodeautarcas.eu/>. [Acedido em 19 01 2019].
- [5] M. d. Ovar, “PAES Ovar (Pacto dos Autarcas),” [Online]. Available: <http://paes.cm-ovar.pt/>. [Acedido em 19 01 2019].
- [6] M. d. O. e. c. c. Irradiare, “PLANO DE ACÇÃO PARA A ENERGIA SUSTENTÁVEL DE OVAR,” [Online]. Available: http://paes.cm-ovar.pt/images/documents/paes_ovar.pdf. [Acedido em 19 01 2019].
- [7] J. J. Semana, “Avivando a memória de um pioneiro da luz eléctrica em Ovar,” 01 03 1983. [Online]. Available: <http://artigosjornaljoosemana.blogspot.com/2011/11/avivando-memoria-de-um-pioneiro-da-luz.html>. [Acedido em 20 01 2019].
- [8] Jornal João Semana, “A luz eléctrica em Ovar em 1913,” 01 08 2004. [Online]. Available: <http://artigosjornaljoosemana.blogspot.com/2013/10/a-luz-electrica-em-ovar-em-1913.html>. [Acedido em 19 01 2019].

- [9] “. E. n. I. P. n. n. 1. R. F. M. Brandão, “Neutro à Terra,” Jun 2013. [Online]. Available: <http://parc.ipp.pt/index.php/neutroaterra/article/view/390>. [Acedido em 20 01 2019].
- [10] E. Distribuição, “Manual de Iluminação Pública,” 10 2016. [Online]. Available: <https://www.edpdistribuicao.pt/pt/profissionais/EDP%20Documents/Manual%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20P%C3%BAblica.pdf>. [Acedido em 26 01 2019].
- [11] RNAE, “Documento de Referência para a Eficiência Energética na Iluminação Pública,” 09 2012. [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwIU4O7ctozgAhUa8uAKHfKOAQsQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fbalcao.portugal2020.pt%2FNB.BALCAO2020.UI%2FHome%2FDownload_Anonymous_Documento%3FdocID%3D3f8f5637-1970-4673-a9f3-0dd8fe4ff. [Acedido em 26 01 2019].
- [12] DGEG, “Lâmpadas de Descarga,” [Online]. Available: <http://www.dgeg.gov.pt/pagina.aspx?f=1&lws=1&mcna=0&inc=8626AAAAAAAAAAAAAAAA&parceiroid=0&codigoms=0&codigono=750579477949AAAAAAAAAAAA>. [Acedido em 27 01 2019].
- [13] SCHREDER, “Schröder Portugal,” Schröder Portugal, [Online]. Available: <https://www.schreder.com/pt-pt/produtos/avento/>. [Acedido em 05 03 2019].
- [14] SativaGrow, “SativaGrow.ES,” [Online]. Available: <https://www.sativagrow.es/tienda/balastro-600w/12264-balastro-electromagnetico-polaris-600w-clase-i.html>. [Acedido em 05 03 2019].
- [15] brotesverdesonline, “brotesverdesonline.com,” [Online]. Available: <https://brotesverdesonline.com/balastros-lec/875-balastro-electronico-philips-cdm-315w.html>. [Acedido em 05 03 2019].

- [16] Farnell, "Farnell," [Online]. Available: <https://pt.farnell.com/osram/4052899917583/led-driver-50w-1-4a-36v/dp/2382588>. [Acedido em 05 03 2019].
- [17] I. e. A. e. d. e. E. F. é. P. d. E. /. P. e. i. d. C. Raul Cerveira Lima, "Poluição Luminosa - Deixar a noite ser noite," 03 09 2017. [Online]. Available: <https://www.publico.pt/2017/09/03/sociedade/noticia/deixar-a-noite-ser-noite-1783630>. [Acedido em 06 06 2019].
- [18] F. F. e. al, "The new world atlas of artificial night sky brightness," 10 06 2016. [Online]. Available: <https://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377>. [Acedido em 06 06 2019].
- [19] S. P. SA, "Schröder, Produtos, YOA," Schröder Group, [Online]. Available: <https://www.schreder.com/pt-pt/produtos/yoa/>. [Acedido em 20 06 2019].
- [20] R. Lighting, "ROSA," [Online]. Available: <https://www.rosa.pl/en/produkty/oprawy/karin-led-2400/karinled>. [Acedido em 20 06 2019].
- [21] Schröder, "Schröder Portugal," [Online]. Available: <https://www.schreder.com/pt-pt/produtos/piano-range/>. [Acedido em 20 06 2019].
- [22] S. Group, "Schröder Portugal," [Online]. Available: <https://www.schreder.com/pt-pt/produtos/cascaisled/>. [Acedido em 20 06 2019].
- [23] SONERES, "SONERES," [Online]. Available: <https://www.sonerres.pt/pt/produtos.1/decorativa.6/lampiao.a42.html>. [Acedido em 20 06 2019].
- [24] S. Group, "Schröder Portugal," [Online]. Available: <https://www.schreder.com/pt-pt/produtos/terramidiled/>. [Acedido em 20 06 2019].

- [25] S. Group, “Schréder Portugal,” [Online]. Available: <http://ecatalogue.schreder.com/pt/m/325-Schreder-Smart-Lighting-solutions-PT.html#/page/326>. [Acedido em 20 06 2019].
- [26] RNAE, “Eficiência Energética na Iluminação Pública - Documento de Referência,” [Online]. Available: http://www.rnae.pt/download/DREEIP_Partell.pdf. [Acedido em 22 06 2019].
- [27] SERNIS, “SERNIS,” [Online]. Available: <https://www.sernis.com/area-de-negocio/iluminacao-led/iluminacao-de-passadeiras-led/produto/il-lcwl-versao-solar-eletrica>. [Acedido em 22 06 2019].
- [28] S. & Omniflow, “Youtube,” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=owJRhbD7pkU>. [Acedido em 22 06 2019].
- [29] S. V, “Passadeiras inteligentes chegam a Braga,” [Online]. Available: <https://semanariov.pt/2019/04/01/passadeiras-inteligentes-chegam-a-braga/>. [Acedido em 22 06 2019].