



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Contributos para a Avaliação do Potencial de
Poupança de Energia Elétrica na Iluminação
Pública com Recurso a Novos Sistemas de Controlo***

Cláudia Alexandra Godinho Antunes

Leiria, 19 de Novembro de 2012



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Contributos para Avaliação do Potencial de
Poupança de Energia Elétrica na Iluminação
Pública com Recurso a Novos Sistemas de Controlo***

Cláudia Alexandra Godinho Antunes

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Pedro José Franco Marques, Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Doutor João António Esteves Ramos, Professor Coordenador da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, 19 de Novembro de 2012

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Pedro Marques, pelo tempo disponibilizado, pelas valiosas indicações, sugestões, críticas, correções e pelo entusiasmo e confiança que depositou nesta dissertação.

De seguida, gostaria também de agradecer ao Professor Doutor João Ramos que inicialmente orientou e tratou de tudo para que o estágio na ENERDURA fosse possível.

Agradeço encarecidamente à ENERDURA, em especial ao Eng. Fernando Pinto e ao Eng. Miguel Lacerda, pela oportunidade da realização deste estágio, e posteriormente por toda a ajuda que disponibilizaram, relativamente à cedência e tratamento de dados obtidos no trabalho de campo.

Uma contribuição importante para esta dissertação foi a do Sr. Gonçalo Sousa Franco da empresa *Schröder* Iluminação, SA, que forneceu os dados para o cálculo do potencial de poupança, bem como as fichas técnicas dos equipamentos aqui descritos.

Gostaria também de agradecer às pessoas que, de uma forma menos direta, tiveram um papel fundamental na realização desta dissertação, nomeadamente o meu colega de estágio Rodolfo Silva e todos os outros amigos e colegas que sempre me apoiaram e encorajaram durante a realização do estágio bem como a elaboração desta dissertação.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus familiares que sempre me apoiaram, aos meus pais pela educação que me proporcionaram, pelo incentivo dado ao longo destes anos e também por me terem fornecido condições para crescer a nível profissional.

A todos vós, um MUITO OBRIGADA!

Resumo

Esta dissertação teve como objetivo principal a descrição do estágio realizado na agência de energia ENERDURA, e posteriormente, com os dados recolhidos em campo, realizar um estudo sobre a aplicação de sistemas de controlo que permitissem obter uma maior eficiência energética na iluminação pública.

O estudo realizado revela a necessidade da tomada de consciência por parte dos municípios para a eficiência energética, num dos setores responsáveis por uma parte significativa da fatura energética municipal. Neste sentido, este trabalho propõe-se contribuir para esta problemática, apresentando uma sistematização de soluções eficientes, comparando os dois tipos de lâmpadas mais usadas, e apresentando tecnologias que auxiliem e complementem a eficiência de uma instalação de iluminação pública.

A dissertação começa por abordar a normalização europeia aplicável à iluminação pública e também a legislação nacional. Seguidamente faz-se uma abordagem em relação às fontes luminosas mais utilizadas na iluminação pública em Portugal, assim como das luminárias e sistemas de controlo existentes. Posteriormente são descritos todos os procedimentos que possibilitaram as visitas de campo, assim como a descrição do estágio e caracterização da Iluminação Pública estudada. Por último, contempla-se o estudo de dois casos práticos, cujo objetivo passou por aplicar dois possíveis sistemas de controlo e verificar a poupança energética na iluminação pública e também as reduções de CO₂ para a atmosfera. Como resultado, verifica-se que um sistema de controlo com capacidade de telegestão, e apesar do seu elevado investimento inicial, compensa relativamente aos benefícios obtidos.

Palavras-chave: Consumo energético; Eficiência energética; Iluminação pública; Gestão de energia; Luminárias.

Abstract

The aim of this work is the description of the internship held in the energy agency ENERDURA, and, with the data collected in the field, the realization of a study on the application of control systems that permit greater energy efficiency in public lighting.

The study reveals the need of awareness from municipalities for energy efficiency, one of the sectors that is held responsible for a significant portion of the municipal's energy bill. Thus, this work aims to contribute to this problem by presenting a group of efficient solutions, comparing the two types of bulbs most commonly used, and presenting technologies that assist and complement the efficiency of the installation of public lighting.

The dissertation begins by addressing the European standardization applicable to public lighting and also national legislation. Then a systematized approach of the most frequently used light sources in public lighting in Portugal was realized, including the existing fixtures and control systems. Subsequently, all procedures that allowed the field visits are described, as well as the internship and the characterization of the Public Lighting studied. Finally, the study embraces two case studies whose goal consisted on the application of two possible control systems to verify energy savings in public lighting and also the reduction of CO₂ to the atmosphere. As a result, it is found that a monitoring system capable of remote management, despite its elevated initial investment, compensates relatively to the benefits obtained.

Key-words: Energetic consumption; Energy efficiency; Public lighting; Energy management; Fixtures.

Índice de Figuras

Figura 1 - Lâmpada de vapor de mercúrio e os seus componentes	19
Figura 2 - Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão e os seus componentes	22
Figura 3 - Exemplo de um difusor e de um refletor	27
Figura 4 - Disposição unilateral das luminárias	28
Figura 5 - Disposição bilateral alternada	29
Figura 6 - Disposição bilateral oposta	30
Figura 7 - Disposição axial entre vias duplas	31
Figura 8 - Disposição axial catenária	31
Figura 9 - Relógio astronómico	33
Figura 10 – Focélula	34
Figura 11 - Armário de Regulação de Fluxo SEC STB	35
Figura 12 - Sistema de Telegestão por PLC	36
Figura 13 - Sistema de Telegestão por RF (wireless).....	37
Figura 14 - Imagens do Parque Empresarial em Vila Nova de Gaia.....	39
Figura 15 - Sistema de telegestão com informação de trânsito	41
Figura 16 - Localização da ENERDURA, Edifício Maringá em Leiria (Imagem retirada do <i>Google Maps</i>)	43
Figura 17 - Regiões abrangidas pelo projeto (Imagem retirada do Geoportal da Enerdura)	46
Figura 18 - Todos os PTs existentes nas regiões abrangidas pelo projeto (2010) (Imagem retirada do Geoportal da Enerdura)	48
Figura 19 - PTs em estudo e sua classificação pelo consumo (kWh) relativo ao ano 2010 (Imagem retirada do Geoportal da Enerdura).....	49
Figura 20 - Janela de caracterização de uma luminária, à direita a primeira parte da janela e à esquerda a segunda parte. (Imagens retiradas do Programa Quantum Gis)	50
Figura 21 - Poste junto ao tronco de uma árvore.....	57
Figura 22 - Globo partido	58
Figura 23 - Poste de luminária sem tampa	58

Figura 24 - Urbanização por desenvolver	58
Figura 25 - Luminária do tipo globo tapada por canas.....	58
Figura 26 - Esquema da distribuição das luminárias do PT 947 IP (Imagem retirada do Geoportal).....	60
Figura 27 - Planta da ruas pertencentes ao PT com a localização das luminárias (Imagem retirada do Programa Quantum Gis).....	60
Figura 28 - Início da Av. Heróis de Angola	64
Figura 29 - Fim da Av. Heróis de Angola	64
Figura 30 - Único poste com 2 braços	65
Figura 31 - Luminária suspensa no prédio	65
Figura 32 - Luminária de decoração	65
Figura 33 - O PT.....	65

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Regime de funcionamento da aplicação do sistema de telegestão	39
Gráfico 2 - Consumos de iluminação pública ao longo dos anos, 1994 a 2009, nos concelhos em estudo	48
Gráfico 3 - Número global de luminárias registadas por tipo de luminária	51
Gráfico 4 - Tipos de lâmpadas encontradas em campo	52
Gráfico 5 - Manutenção das luminárias georreferenciadas	53
Gráfico 6 - Estado das lâmpadas georreferenciadas	54
Gráfico 7 - Tipos de via relativamente às luminárias apagadas	55
Gráfico 8 - Tipos de via das luminárias georreferenciadas	55
Gráfico 9 - Tipo de pavimento e caracterização da envolvente das luminárias georreferenciadas	56
Gráfico 10 - Tipo de envolvente das luminárias georreferenciadas	56
Gráfico 11 - Condições atmosféricas durante as medições de luminâncias	57
Gráfico 12 - Número de lâmpadas registadas no PT em função do seu tipo	61
Gráfico 13 - Número de luminárias registadas no PT em função do tipo de luminária	61
Gráfico 14 - Número de luminárias registadas no PT em função do nome da rua	62
Gráfico 15 - Manutenção das luminárias registadas no PT	62
Gráfico 16 - Classificação dos tipos de via associados à localização das luminárias	63
Gráfico 17 - Número de vezes que se repete a distância entre postes	63
Gráfico 18 - Número de vezes que se repete a largura de via em cada poste	64
Gráfico 19 - Potências instaladas nos PTs na cidade de Leiria	68

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Níveis de iluminação e tipos de lâmpadas para zonas rurais	6
Tabela 2 - Níveis de iluminação e tipos de lâmpadas para zonas urbanas e sedes de freguesia.....	7
Tabela 3 - Níveis de iluminação e tipos de lâmpadas para núcleos antigos delimitados	7
Tabela 4 - Tipos de luminárias e respetivos índices de proteção	8
Tabela 5 - Tipos de apoios, braços e colunas, para redes subterrâneas e redes aéreas.....	8
Tabela 6 - Iluminâncias médias para vias interurbanas de acordo com a Norma EN 13201	9
Tabela 7 - Iluminâncias médias para zonas urbanas de acordo com a Norma EN 13201 ...	10
Tabela 8 - Iluminâncias médias para zonas rurais de acordo com a Norma EN 13201	11
Tabela 9 - Características de uma lâmpada de vapor de mercúrio	20
Tabela 10 - Potências, fluxo luminoso e tamanhos das lâmpadas de vapor de mercúrio....	20
Tabela 11 - Caraterísticas de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão	22
Tabela 12 - Caraterísticas de uma lâmpada de vapor de mercúrio de baixa pressão	23
Tabela 13 - Potências, fluxo luminoso e tamanhos das lâmpadas de vapor de sódio	24
Tabela 14 - Caraterísticas das lâmpadas, mercúrio vs. sódio	25
Tabela 15 - Exemplos de níveis de iluminação	33
Tabela 16 - Comparação entre um sistema comum e um sistema de telegestão em Gaia...	39
Tabela 17 - Consumos nacionais e de iluminação pública nos anos de 1994 a 2009	47
Tabela 18 - Custos e consumos na cidade de Leiria para 2009 e 2010	68
Tabela 19 - Comparação entre o cenário A e B aplicados à cidade de Leiria.....	69

Lista de Siglas e Símbolos

A

AC – Antes de Cristo

ADAE – Associação de Desenvolvimento da Alta Estremadura

AMAE – Associação de Municípios da Alta Estremadura

AMLEI – Associação de Municípios de Leiria

Ar – Árgon

C

°C – Graus Celsius

Cd/m² – Candela por metro quadrado

CO₂ – Dióxido de Carbono

D

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

E

€ – Euros

EDP – Energias de Portugal

EN – *European Norm*

ENERDURA – Agência Regional de Energia da Alta Estremadura

G

GWh – GigaWatt hora

GWh/ano – GigaWatt hora por ano

H

h – horas

Hg – Mercúrio

h/dia – Horas por dia

I

IP – Iluminação Pública

IRC – Índice de Reprodução de Cor

IV – Infravermelha

K

K - Kelvin

Km/h – Quilómetro por hora

kV – QuiloVolt

kW – QuiloWatt

kVA - QuiloVoltAmpere

kWh – QuiloWatt hora

L

LED – *Light Emitting Diode*

lm – Lumen

lm/W – Lumen por Watt

lx – Lux

M

m – Metro

mm – Milímetro

N

Na – Sódio

nm – Nanómetro

P

% – Percentagem

PNAEE – Plano Nacional de Ação de Eficiência Energética

PT – Posto de Transformação

PTS – Posto de Transformação com Secionamento

S

SEN – Sistema Elétrico Nacional

T

ton – Toneladas

ton/ano – Tonelada por ano

TWh/ano – TeraWatt hora por ano

U

URE – Utilização Racional de Energia

UV – Ultravioleta

V

VM – Vapor de Mercúrio de Alta Pressão

VSAP – Vapor de Sódio de Alta Pressão

VSBP – Vapor de Sódio de Baixa Pressão

W

W – Tungsténio

w – Watt

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Gráficos.....	ix
Índice de Tabelas	xi
Lista de Siglas e Símbolos.....	xiii
Índice	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Motivação	1
1.2 A Iluminação Pública em Portugal e no Mundo.....	3
1.3 Estrutura	4
2. Legislação, Diretivas e Protocolos	5
2.1 Portarias e Decretos-Lei	5
2.2 Norma Europeia EN 13201	9
2.3 Regulamentos e Diretivas Europeias.....	12
3 Estado de Arte	17
3.1 A Iluminação Pública e a Eficiência Energética	17
3.2 Dispositivos de Iluminação Pública	18
3.2.1 Lâmpadas	18
3.2.1.1 Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão	19
3.2.1.2 Lâmpadas de vapor de sódio.....	21
3.2.2 Luminárias.....	25

3.2.2.1	Disposição das Luminárias	28
3.3	Sistemas de Controlo em IP	31
3.3.1	Sistemas ON-OFF	32
3.3.1.1	Relógios astronómicos	32
3.3.1.2	Fotocélulas	33
3.3.2	Sistemas de controlo centralizado	34
3.3.3	Sistemas de controlo individualizado.....	36
3.3.3.1	Projetos de telegestão em Portugal	38
3.3.4	Barreiras à implementação dos sistemas de controlo.....	40
4	Estágio	43
4.1	Empresa	43
4.2	Projeto e Local de implementação.....	45
4.3	Postos de Transformação a analisar.....	47
4.4	Trabalho de campo	49
4.5	Caraterização das luminárias georreferenciadas.....	51
4.5.1	Situações irregulares	57
5	Caso de Estudo	59
5.1	Informação do PT e tratamento dos dados georreferenciados.....	59
5.1.1	Informação e Localização	59
5.1.2	Caraterização dos dados registados.....	61
5.1.3	Fotos relacionadas com os dados georreferenciados.....	64
5.2	Aplicação de equipamentos de controlo ao PT em estudo.....	65
5.2.1	Cenário Base	66
5.2.2	Cenário A	66
5.2.3	Cenário B.....	67
5.3	Extrapolação para a cidade de Leiria.....	67
6	Conclusões e Sugestões	71

6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros	74
Bibliografia.....	75
Anexos.....	79
Anexo 1 – Registo diário	81
Anexo 2 – Opções registadas no <i>QuantumGis</i>	87
Anexo 3 – Tipos de Luminárias	93
Anexo 4 – Fotos de algumas situações em trabalho de campo	97
Anexo 5 – Definições	103

1. Introdução

Esta dissertação apresenta uma análise sobre a eficiência energética na Iluminação Pública (IP), com o objetivo principal da implementação de sistemas de controlo na mesma já existente. Apresenta-se também uma descrição do estágio curricular realizado na Agência Regional de Energia da Alta Estremadura (ENERDURA), no âmbito do Mestrado de Engenharia da Energia e do Ambiente.

Este estágio surgiu devido a um projeto de georrefenciação e caracterização da IP com o intuito de atualizar os registos e verificar o estado desta. Para tal foi utilizado o programa *QuantumGis* como ferramenta de registo.

Ao longo deste ano letivo, houve diferentes etapas, que se encontram descritas mais detalhadamente no Capítulo 4, em que inicialmente se realizou o trabalho de campo, posteriormente o tratamento de dados e alguma pesquisa, e por fim a realização desta dissertação.

De seguida, apresenta-se a estrutura desta dissertação, assim como um estudo sobre a IP, desde o seu início até aos dias de hoje, apresentando, de modo geral, o seu estado no Mundo e em Portugal, tanto em questão de consumo, como em algumas estratégias que têm vindo a ser implementadas com o objetivo de aumentar a eficiência nestes sistemas.

1.1 Motivação

As energias luminosas são das mais notáveis aplicações da energia, e a iluminação artificial foi um dos símbolos maiores dos consumos energéticos ao longo da história. Até à 100 anos atrás, a iluminação artificial dependia da combustão de combustíveis sólidos ou líquidos, como é o exemplo do petróleo, do carvão e do gás.

Fazendo um breve resumo da história da Iluminação Pública, começou-se com as lâmpadas de óleo na Mesopotâmia (8000 AC) e as velas no Egito antigo. Já na idade média, utilizava-se a tocha constituída por fibras torcidas embebidas com material inflamável. Seguidamente apareceu a lâmpada de *Argand*, com um pavio tubular e uma chaminé de vidro que fornecia uma luz mais intensa e constante. Mas as lâmpadas a óleo

não foram esquecidas, foram aperfeiçoadas continuamente até ao início do século XX. Enquanto isto, também foram utilizadas lâmpadas de parafina em zonas rurais, e as lâmpadas a gás em áreas urbanas. Por fim, iniciou-se a era da iluminação moderna, por volta de 1870, tendo sido inventada a lâmpada elétrica incandescente por *Swan* e *Edson* (1).

Assim surgiu a indústria de geração e distribuição de eletricidade que inicialmente foi apenas utilizada para fornecer a energia necessária á iluminação elétrica. No início do século XX, houve um desenvolvimento nos filamentos de tungsténio, sendo um passo importante que permitiu que as lâmpadas funcionassem em temperaturas mais elevadas, emitindo uma luz mais branca e mais intensa com o mesmo consumo de energia. Daí surgiram três grandes grupos: as lâmpadas com filamento de incandescência, as lâmpadas que funcionam à base de descargas elétricas em meio gasoso, como é o caso do mercúrio e do sódio, sendo estes que predominam na iluminação pública atual, e por último, e ainda em desenvolvimento, as lâmpadas de *Light Emitting Diode* (LED) (1).

Hoje em dia, as lâmpadas de incandescência estão a desaparecer porque a sua eficiência é muito baixa quando comparada com tecnologias recentemente desenvolvidas. Apesar destas serem de fácil utilização, de baixo custo e arranque instantâneo, estão a dar lugar às lâmpadas fluorescentes, que apresentam melhores eficiências e um preço mais apelativo. Contudo, um dos grandes problemas é o ambiente, pois os produtos químicos utilizados nem sempre são os mais ecológicos, e a sua variação de fluxo luminoso torna-se mais complicada, resultando num maior consumo energético.

Já as lâmpadas de alta e baixa pressão de sódio conseguem responder em função da exigência geral da iluminação pública, mas na sua aplicação em sistemas de gestão inteligentes, estas não se mostram muito favoráveis devido ao seu longo e retardado arranque (2).

A iluminação pública é essencial à qualidade de vida, permitindo aos habitantes desfrutar de qualquer tipo de espaço em período noturno, atuando como um instrumento de cidadania. Esta também proporciona uma sensação de segurança nos habitantes, prevenindo a criminalidade e os acidentes rodoviários, assim como, embeleza e valoriza monumentos, prédios, paisagens, áreas urbanas e percursos pedonais.

Com todos estes aspetos positivos pode dizer-se que a IP, beneficia os locais, favorecendo o turismo, o comércio, o lazer noturno, contribuindo, então, para um desenvolvimento social e económico da população.

Hoje em dia a IP tornou-se indispensável, provocando um aumento de consumo energético ao longo dos anos, e conseqüentemente um elevado gasto económico. Assim, tornou-se necessário criar e desenvolver formas de maximizar a eficiência nos sistemas de IP, promovendo o uso de tecnologias mais eficientes que através de sistemas de controlo permitam diminuir o consumo energético, bem como a despesa que este representa.

Com este crescimento pela procura de energia, tem vindo a desenvolver-se a motivação por energias mais limpas, bem como a introdução de energias renováveis devido à escassez dos recursos fósseis e à preocupação pelo meio ambiente. Mas nem sempre se consegue uma boa compatibilidade entre as necessidades e a procura. Contudo, as soluções em desenvolvimento são bastante promissoras em termos de eficiência, embora o principal obstáculo destas implementações ainda seja o seu custo.

1.2 A Iluminação Pública em Portugal e no Mundo

Atualmente, as necessidades energéticas do mundo baseiam-se nos combustíveis fósseis, o problema é que as reservas esgotam aceleradamente enquanto as necessidades de abastecimento energético são cada vez maiores. Segundo dados da EDP, à medida que a população aumenta e os países desenvolvidos crescem, as necessidades energéticas podem vir a duplicar ou triplicar, até 2050 (3).

Embora a energia seja considerada por muitos quase um bem essencial, o seu consumo em excesso começa a ser posto em causa, devido aos sérios danos que está a provocar no ambiente, daí ser necessário a criação de estratégias que possibilitem um melhor aproveitamento desses mesmos recursos.

Em Portugal, produzimos apenas 15% da energia que consumimos, levando a uma maior dependência dos outros países, e conseqüentemente um maior custo de vida nacional. Assim, este reflete-se no ponto de vista económico, com a perda da competitividade das empresas, no ponto de vista social, com a redução da qualidade de vida, e no ponto de vista ambiental, com o incumprimento do Protocolo de Quioto (3).

No entanto continuamos a ter uma iluminação controlada de uma forma estática, ou seja, sem controlo de fluxo luminoso e sem monitorização e manutenção de qualidade. Pois pode-se afirmar que existem cerca de 3 milhões de pontos de luz, que constituem 3% do consumo elétrico nacional, que corresponde a cerca de 1,3TWh/Ano, o equivalente a despesas de 125 milhões de euros por ano, considerando o custo em 2010 (ano em que

foram recolhidos os dados utilizados nesta dissertação) do kWh que é de 0,098€. Contudo, as necessidades de iluminação tendem a crescer entre 4% a 5% ao ano, sendo urgente procurar soluções ainda mais eficientes (3).

A estratégia nacional de energia 2020 engloba um conjunto de programas e medidas que promovem a eficiência energética e a Utilização Racional de Energia (URE), onde está englobada a IP.

Com a aplicação destas medidas, bem como as novas soluções e tecnologias, o potencial de redução de consumos com a IP pode chegar aos 700 GWh/Ano, correspondendo a uma redução de consumo na ordem dos 260000 ton/Ano de dióxido de carbono (CO₂) (4).

1.3 Estrutura

Esta dissertação está organizada em seis capítulos. De seguida apresenta-se de forma sucinta a organização e os conteúdos de cada um deles.

No Capítulo 1 é feita uma introdução, descrevendo um pouco da história da iluminação pública e o seu estado em Portugal e no Mundo, assim como a motivação desta dissertação e a sua respetiva estrutura;

O Capítulo 2 aborda as questões relacionadas com a legislação, bem como as normas aplicadas à iluminação pública;

No Capítulo 3 é desenvolvido um estudo sobre o estado de arte das diferentes tecnologias existentes na iluminação pública, bem como os sistemas existentes, as barreiras à sua implementação e as perspetivas futuras neste campo;

A descrição detalhada do estágio realizado no referente ano letivo, desde o trabalho de campo ao tratamento de dados registados em campo é realizada no Capítulo 4;

O estudo económico das medidas propostas é feito no Capítulo 5, considerando dois cenários aplicados apenas num dos postos de transformação abrangidos pelo estágio e que alimenta circuitos de IP, e depois foi feita uma extrapolação para a cidade de Leiria;

Por fim, o Capítulo 6 apresenta conclusões a retirar desta dissertação, bem como as dificuldades sentida na sua elaboração e os trabalhos futuros.

2. Legislação, Diretivas e Protocolos

A conceção, instalação e manutenção das instalações elétricas de IP está regulamentada por diversas Portarias, Decretos-Lei e Diretivas. Pretende-se aqui fazer um enquadramento da legislação, abordando apenas os pontos fundamentais e mais relacionados com o trabalho desenvolvido nesta dissertação.

2.1 Portarias e Decretos-Lei

A Portaria n.º 454/2001 de 5 de Maio, aborda, no seu Capítulo V, as questões relacionadas com a Iluminação Pública. No artigo 28.º explica as condições de estabelecimento das redes de iluminação pública e os seus respetivos encargos, como representa a seguinte citação: “A gestão da iluminação pública é da inteira responsabilidade da Câmara no que respeita a níveis e horários de iluminação e ao tipo e número de aparelhos de iluminação e lâmpadas em serviço.” De seguida, no artigo 29.º estabelece que os aparelhos e lâmpadas a utilizar têm de estar normalizados, e então, dentro destes a Câmara escolhe o que se pretende de acordo com o que existe no mercado normalizado. O artigo 30.º, apresenta as condições de estabelecimento dos aparelhos de iluminação, bem como os respetivos suportes e os encargos correspondente, explicando como proceder em termos de custos no caso de colocar iluminação num local que não tenha qualquer iluminação, assim como na reparação da iluminação já existente. Por fim, o artigo 31.º, apresenta as responsabilidades da Câmara e do concessionário no caso da conservação das instalações de iluminação pública, assim como os encargos correspondentes. (5)

Na Portaria referida anteriormente, no Capítulo VI, são apresentadas as tarifas e condições de venda de energia elétrica. No artigo 32.º, é especificado as tarifas do seguinte modo: “O concessionário praticará no município de ... as tarifas de venda de energia elétrica em baixa tensão oficialmente fixadas, de acordo com o preceituado no artigo 32.º do Decreto-Lei n.º 182/95, de 27 de Julho.”. (5)

A Portaria n.º 437/2001 de 28 de Abril, aborda os contratos entre as Câmaras e o concessionário, explicando sucintamente as rendas a que as Câmaras estão sujeitas, como se pode ler no artigo 7.º: “A renda é anual, referida ao ano civil, paga em quatro prestações iguais, que se vencem no último dia de cada trimestre do calendário, e calculada com base nos elementos do ano imediatamente anterior àquele a que disser respeito.”. (6)

Esta portaria foi revogada pelo Decreto-Lei n.º 230/2008 de 27 de Novembro, estabelecendo uma nova estrutura organizativa do Sistema Elétrico Nacional (SEN), em que a atividade de distribuição de energia elétrica passou a ser feita de forma independente em relação à sua comercialização. Assim, pelo artigo 3.º onde se estabelece o regime de pagamento da renda anual, como no artigo 7.º da portaria anunciada anteriormente, a renda anual passa a ser calculada segundo os valores de referência presentes no anexo I deste decreto-lei, aplicando-se a partir do ano 2009. (7)

As duas Portarias aqui enunciadas, contêm um Anexo que é comum às mesmas, que define os tipos correntes de focos luminosos a utilizar no Município. Nas tabelas seguintes, apresenta-se de modo detalhado os níveis de iluminação, os tipos de luminárias, os tipos de apoio e os tipos de lâmpadas (Vapor de Sódio de Alta Pressão (VSAP) e Vapor de Mercúrio de Alta Pressão (VMAP)).

Na Tabela 1 está apresentado os níveis de iluminação e tipos de lâmpadas para zonas rurais, já para zonas urbanas os valores estão na Tabela 2. (5) e (6)

Tabela 1 - Níveis de iluminação e tipos de lâmpadas para zonas rurais

A – Zonas Rurais	Iluminâncias	
	Rede subterrânea	Rede aérea
Centro, arruamentos e largos principais	15 lux	10 lux
Periferias	10 lux	5 lux
Uniformidade Global (min./med.)	0,35	0,35
	Lâmpadas	
Arruamentos	VSAP 70 W e 100 W	
Jardim	VSAP 70 W e 100 W	
	VMAP 80 W e 125 W	

Tabela 2 - Níveis de iluminação e tipos de lâmpadas para zonas urbanas e sedes de freguesia

B – Zonas urbanas e sedes de freguesia	Iluminâncias
Arruamentos e largos principais	25 lux
Periferias	20 lux
Uniformidade Global (min./med.)	0,4
	Lâmpadas
Arruamentos	VSAP 70 W, 100 W, 150 W e 250 W
Jardim	VSAP 70 W e 100 W VMAP 80 W e 125 W

Relativamente a núcleos antigos delimitados, os níveis de iluminação e tipos de lâmpadas estão apresentados na Tabela 3. Para vias de circulação automóvel e para jardins as luminárias a utilizar e os respetivos índices de proteção encontram-se na Tabela 4.

Já na Tabela 5 está descrito como têm de ser os apoios, ou seja, braços e colunas, para as redes aéreas e as redes subterrâneas. (5) e (6)

Tabela 3 - Níveis de iluminação e tipos de lâmpadas para núcleos antigos delimitados

C – Núcleos antigos delimitados	Iluminâncias
Centro	20 lux
Área envolvente	15 lux
Uniformidade Global (min./med.)	0,35
	Lâmpadas
Arruamentos e Jardins	VSAP 70 W, 100 W, 150 W e 250 W VMAP 80 W e 125 W

Tabela 4 - Tipos de luminárias e respetivos índices de proteção

D – Luminárias	Vias de circulação automóvel	
Descrição: Luminária fechada (com difusor)	Compartimento de acessórios	Compartimento ótico
Zona de baixa poluição	IP43 IK08	IP54 IK08
Zona de alta poluição (costa marítima, complexos industriais e tráfego automóvel intenso)	IP43 IK08	IP65 IK08
	Jardins	
Descrição: Luminária esférica (ou bola) com equipamento (refletor) antipoluição luminosa	Graus de proteção mínimos	
	IP54, IK10	

Tabela 5 - Tipos de apoios, braços e colunas, para redes subterrâneas e redes aéreas

E – Braços e colunas	
Descrição	
Redes aéreas	Braços em tubo de ferro galvanizado, de acordo com o projeto tipo da Direção-Geral da Energia
Redes subterrâneas	Colunas metálicas galvanizadas a quente, de 4 m, de 8 m, 10 m ou 12 m de altura útil, de seção octogonal. Pode ter braços idênticos, simples, duplos ou triplos, com comprimentos de 0,75 m ou 1,25 m.

2.2 Norma Europeia EN 13201

Além das Portarias anteriormente descritas, existe uma Norma Europeia sobre Iluminação Pública que é a EN 13201. Esta norma retrata os parâmetros fotométricos e as classes de iluminação aplicadas à IP.

Relativamente aos valores de luminância média recomendada, para as vias interurbanas (autoestradas, estradas nacionais e estradas secundárias) nas quais as velocidades máximas autorizadas estão compreendidas entre 70 e 130 km/h, encontram-se identificados na Tabela 6: (8)

Tabela 6 - Iluminâncias médias para vias interurbanas de acordo com a Norma EN 13201

Tipo de via	Caraterísticas	Luminância média (lux)	
		Fraca	Elevada
Autoestradas	Densidade do tráfego entre os 15000 e os 25000	1	1,5
	Densidade do tráfego superior a 25000	1,5	2
Estrada nacional	Densidade do tráfego inferior a 7000	1	1,5
	Densidade do tráfego inferior a 25000	1,5	2
	Densidade do tráfego superior a 25000	1,5	2
Estrada secundária	Densidade do tráfego normal	0,75	1

Para vias urbanas, tais como estradas de entrada em zonas habitadas ou não habitadas, estradas periféricas, avenidas, vias de serviço, vias secundárias, vias pedonais, vias de ciclismo, vias de passeio e rotundas, ou seja para as quais as posições de observação são múltiplas e não permitem exprimir valores de luminância significativos, em que a velocidade máxima autorizada é de 50 km/h, as luminâncias médias apresentam-se na Tabela 7. (8)

Tabela 7 - Iluminâncias médias para zonas urbanas de acordo com a Norma EN 13201

Tipo de via	Caraterísticas	Luminância média (lux)	
		Fraca	Elevada
Estrada de entrada em cidade	Densidade do tráfego elevada Tráfego de ciclistas existente	1	1,5
Estrada de entrada em localidade	Densidade do tráfego elevada Veículos em estacionamento Tráfego de ciclistas normal	-	1,5
Via urbana importante (praça, avenida)	Densidade do tráfego elevada Veículos em estacionamento Tráfego de ciclistas normal	-	20
Via urbana secundária (rua, avenida)	Densidade do tráfego normal Veículos em estacionamento Tráfego de ciclistas normal	10	15
Serviço rodoviário (rua)	Densidade do tráfego normal ou elevado Veículos em estacionamento Tráfego de ciclistas normal ou elevado	10	15
Via zona comercial	Densidade de peões normal a elevada Dificuldade de circulação elevada	-	20
Via pedonal isolada da estrada	Densidade de peões normal a elevada	7,5 a 10	15 a 20
Vias de peões, Pistas para ciclistas adjacentes a uma estrada	Densidade de peões normal a elevada	7,5 a 10	15
Praças, Rotundas	Densidade de tráfego elevada Pode ter veículos estacionados ou não Múltiplas interceções:	Via de acesso mais iluminada	Praça ou rotunda respetiva
	- Veículos motorizados	20	30
	- Veículos lentos	15	20
	- Ciclistas	10	15
	- Peões	7,5	10

A Tabela 8 é específica para as situações encontradas em zonas rurais, tais como vias de acesso a localidades, ruas principais, vias transversais, loteamentos e rotundas, nas quais as performances são sempre indicadas em termos de iluminância. (8)

Tabela 8 - Iluminâncias médias para zonas rurais de acordo com a Norma EN 13201

Tipo de via	Caraterísticas	Luminância média (lux)	
		Fraca	Elevada
Via de acesso a localidade	Densidade do tráfego ciclista normal Veículos em estacionamento Velocidade inferior a 70 km/h	15	20
Rua principal Via de travessia	Densidade do tráfego ciclista normal Veículos em estacionamento Velocidade inferior a 50 km/h	-	15 a 20
Via transversal	Densidade do tráfego ciclista normal Veículos em estacionamento Velocidade inferior a 50 km/h	7,5 a 10	10
Loteamento	Dificuldade de tráfego normal Velocidade inferior a 30 km/h	10	15
Praças, Rotundas	Densidade de tráfego elevada Pode ter veículos estacionados ou não Múltiplas interceções:	Via de acesso mais iluminada	Praça ou rotunda respetiva
	- Veículos motorizados	20	30
	- Veículos lentos	15	20
	- Ciclistas	10	15
	- Peões	7,5	10

As lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão não são indicadas nesta norma pelo facto de terem performances energéticas insuficientes: o objetivo energético da lâmpada e respetiva aparelhagem auxiliar implica um rendimento superior a 80 lm/W, para lâmpadas de potência superior a 70 W. (8)

Esta Norma especifica também a altura de montagem de uma luminária, e o cálculo relativamente ao seu centro geométrico em relação à via. O espaçamento entre luminárias também é aqui referido, bem como os cálculos a realizar em relação ao eixo da via e segundo este eixo. Para fontes potentes são vulgares alturas de 12 a 15 m, mas não são aconselhadas alturas inferiores a 8,5 m, com exceção de loteamentos, zonas pedonais e jardins onde normalmente se utilizam alturas inferiores. (8)

Quanto à disposição das luminárias, para as alturas vulgares entre 8,5 m e 12 m, convém a disposição unilateral quando se trata de uma estrada com 2 vias de circulação, ou seja uma largura da ordem dos 7 m, e uma disposição bilateral alternada quando a estrada tem 3 vias de circulação, ou seja uma largura da ordem dos 10,5 m. Já quando a estrada é mais larga é preconizada a disposição bilateral oposta. No entanto na iluminação de loteamentos, zonas pedonais e jardins, a disposição é escolhida tendo em atenção as condições locais, tais como árvores, jardins, etc. A disposição bilateral alternada é recomendada para as localidades, porque as fachadas e os passeios são melhor iluminados por este sistema. (8)

2.3 Regulamentos e Diretivas Europeias

O Regulamento (CE) n.º 245/2009 da Comissão, de 18 de Março de 2009, que dá execução à Diretiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, estabelece requisitos de conceção ecológica das lâmpadas fluorescentes sem balastro integrado, das lâmpadas de descarga de alta intensidade e dos balastos e luminárias que podem funcionar com essas lâmpadas, revogando a Diretiva 2000/55/CE. Esta terá uma duração de cerca de 5 anos após a sua data de entrada em vigor.

Nesta diretiva foram considerados dois aspetos ambientais significativos dos produtos que consomem energia que são: a energia consumida em funcionamento e o teor de mercúrio das lâmpadas.

O mercúrio contido no conjunto de lâmpadas utilizadas em 2005 rondou as 12,6 toneladas. Caso não fossem adotadas as medidas previstas nesta diretiva, esta quantidade continuaria a aumentar. Assim, este regulamento pretende aumentar as tecnologias existentes no mercado, com o objetivo de melhorar a eficiência energética e,

consequentemente, as poupanças de energia de aproximadamente 38 TWh, contribuindo para atingir uma redução de 20% do consumo de energia.

As lâmpadas excedentes começaram a ser retiradas do mercado tomando em consideração os impactos que irá ter para o consumidor final.

A Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, continua a regular o teor de mercúrio das lâmpadas fluorescentes e das lâmpadas de descarga de alta intensidade, embora, do ponto de vista ambiental, este ser considerado significativo, regulando também os outros tipos de lâmpadas.

A Diretiva 2000/55/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Setembro de 2000, onde são regulamentadas as normas de eficiência energética para balastos de fontes de iluminação fluorescente é revogada por esta diretiva.

No Anexo III desta diretiva são especificados alguns requisitos para as lâmpadas fluorescentes sem balastro integrado e as lâmpadas de descarga de alta intensidade. As lâmpadas de potência superior a 50W devem ter uma eficácia luminosa equivalente de 83 lm/W e um IRC pelo menos de 80. Já as lâmpadas de sódio de alta pressão (VSAP) devem ter um fator de conservação do fluxo luminoso superior a 0,80. Neste mesmo anexo, para os requisitos aplicáveis aos balastos, relativamente ao desempenho energético, deverá de corresponder a 25% do fluxo luminoso emitido pela lâmpada, e o seu consumo de energia (lâmpadas fluorescentes) não deve ser superior a 1,0 W.

No Anexo V, são referidos os valores padrão de referência para lâmpadas eficientes, que exprimem que o teor de mercúrio para lâmpadas fluorescentes é inferior a 1,4 mg e que para as lâmpadas de descarga de alta intensidade é inferior a 12mg. Relativamente ao desempenho dos balastos, para as lâmpadas fluorescentes, estes têm de permitir diminuir a intensidade, em contínuo, até 10% da intensidade luminosa máxima. Já para as lâmpadas de descarga de alta intensidade, estes têm de permitir diminuir a intensidade em contínuo, até 40% da intensidade luminosa máxima e que tenham uma eficiência de 0,9.

No Anexo VII, estão referidos os padrões de referência das luminárias para as vias públicas. Para os dispositivos de comando da fonte luminosa, os balastos para lâmpadas de descarga de alta intensidade devem ter uma eficiência superior a 87 %, no caso das lâmpadas de potência inferior ou igual a 100 W. Para os restantes casos superior a 89 %, e estar equipados com um variador de intensidade, quando a soma das potências das lâmpadas ligadas a um mesmo balastro for igual ou superior a 55 W. Neste mesmo anexo,

relativamente ao desempenho das luminárias, estas têm de ser concebidas de modo a evitar a menor emissão de luz indesejável possível.

Esta diretiva apresenta também algumas definições importantes que serão transcritas de seguida.

- “ «Iluminação da via pública», uma instalação fixa de iluminação destinada a permitir que os utilizadores de zonas de circulação públicas exteriores possam usufruir de uma boa visibilidade durante as horas de escuridão, em prol da segurança e do fluxo de tráfego e da segurança pública.”
- “ «Lâmpada de descarga», uma lâmpada em que a luz é directa ou indirectamente produzida por uma descarga eléctrica através de um gás, de um vapor metálico ou de uma mistura de diversos gases e vapores.”
- “ «Balastro», um dispositivo que serve fundamentalmente, quando ligado entre a fonte de alimentação e uma ou mais lâmpadas de descarga, para limitar a corrente da(s) lâmpada(s) até ao nível necessário. Um balastro pode também incluir equipamentos para transformar a tensão da alimentação, diminuir a intensidade luminosa da lâmpada, corrigir o factor de potência e, por si só ou em combinação com um dispositivo arrancador, criar as condições necessárias para o arranque da(s) lâmpada(s).”
- “ «Luminária», um aparelho que distribui, filtra ou transforma a luz emitida por uma ou mais fontes luminosas, incluindo todas as peças necessárias para o apoio, fixação e protecção das fontes luminosas e também, quando necessários, os circuitos auxiliares, bem como as peças que permitem a ligação à fonte de alimentação, mas não incluindo as fontes luminosas propriamente ditas.”
- “ «Lâmpada fluorescente», uma lâmpada de descarga de mercúrio a baixa pressão, na qual a maior parte da luz é emitida por uma ou várias camadas de substâncias fosforescentes que são excitadas pela radiação ultravioleta da descarga.”
- “ «Lâmpada fluorescente sem balastro integrado», uma lâmpada fluorescente, de casquilho simples ou duplo, sem balastro integrado.”
- “ «Lâmpada de descarga de alta intensidade», uma lâmpada de descarga eléctrica em que o arco que produz a iluminação é estabilizado pela temperatura da parede da lâmpada e resulta numa carga superior a 3 W/cm² na parede do tubo em que essa descarga tem lugar.”

- “ «Lâmpada de (vapor de) mercúrio de alta pressão» é uma lâmpada de descarga de alta intensidade na qual a maior parte da luz é produzida, directa ou indirectamente por radiação de mercúrio, a uma pressão parcial superior a 100 kP;”
- “ «Lâmpada de (vapor de) sódio de alta pressão» é uma lâmpada de descarga de alta intensidade na qual a luz é produzida principalmente por radiação de vapor de sódio, a uma pressão parcial da ordem dos 10 kP;”
- “ «Lâmpada de halogenetos metálicos» é uma lâmpada de descarga de alta intensidade na qual a luz é produzida por radiação de uma mistura de vapores metálicos, halogenetos metálicos e produtos da decomposição de halogenetos metálicos;”
- “ «Balastro electrónico ou de alta frequência» é um inversor de corrente ca/ca, ligado à rede eléctrica, que inclui elementos estabilizadores para o arranque e funcionamento de uma ou mais lâmpadas tubulares fluorescentes, geralmente de alta frequência;”
- “ «Índice de eficiência energética» (IEE) é um sistema de classificação dos balastos para lâmpadas fluorescentes sem balastro integrado em diferentes classes, de acordo com determinados valores limite de eficiência. As classes para os balastos de intensidade constante são (por ordem decrescente de eficiência), A2 BAT, A2, A3, B1 e B2 e, para os balastos de intensidade variável, A1 BAT e A1.” (9)

No âmbito da Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, estabeleceu-se a obrigação dos Estados membros publicarem um plano de ação para a eficiência energética, estabelecendo metas de, pelo menos, 1 % de poupança de energia por ano até 2016.

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro, que aprovou a Estratégia Nacional para a Energia, prevê na sua linha de orientação para a eficiência energética a aprovação de um plano de ação para a eficiência energética, aprovando o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética — Portugal Eficiência 2015, documento que engloba um conjunto alargado de programas e medidas consideradas

fundamentais para que Portugal possa alcançar os objetivos fixados no âmbito da referida diretiva europeia. (10)

Segundo o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), optaram-se por cinco medidas principais até 2015 (10):

- Instalação de regulares de fluxo como garantia de eficiência energética na IP;
- Substituição de globos por equipamento com melhor capacidade de reflexão e necessidade de lâmpadas de menor potência;
- Cumprimento de requisitos mínimos de eficiência energética para novas instalações;
- *Phase out* de lâmpadas de vapor de mercúrio na IP;
- Substituição de luminária e colocação de balastro eletrónico em instalações com mais de 10 anos.

3 Estado de Arte

Neste capítulo pretende-se abordar essencialmente o estado de arte da iluminação pública, desde os tipos de lâmpadas até aos sistemas de controlo, tendo como objetivo principal, o estudo aprofundado dos sistemas de controlo de iluminação para uma melhor gestão da energia elétrica e conseqüente eficiência energética.

3.1 A Iluminação Pública e a Eficiência Energética

Nos dias que correm a IP está ligada a vários temas do quotidiano cidadão, tais como o índice de criminalidade, o embelezamento do comércio e até mesmo com a arquitetura da cidade, de modo a apelar ao turismo. A população cada vez mais associa que a escuridão traz um aumento no risco para usuários das ruas e rodovias já que ela reduz a distância que eles podem enxergar. A taxa de acidentes fatais no período noturno em vias não iluminadas é aproximadamente três vezes mais elevada que a taxa do período diurno. (11)

Assim sendo, é importante investir numa IP mais eficiente, de modo a proporcionar o mínimo de custos para os municípios associados ao mínimo de consumo de energia.

A escolha do tipo de solução a implementar nas instalações já existentes depende da antiguidade da instalação, do capital a investir e da poupança que se pretende obter.

De acordo com a afirmação anterior, quando se pretende obter uma maior eficiência energética em instalações já existentes com menos de dez anos são aplicados reguladores centrais, em instalações já existentes que tenham mais de dez anos recomenda-se a substituição por instalações novas, e em instalações novas recomenda-se a aplicação de tecnologias ponto-a-ponto, ou seja, luminária a luminária, ou então, caso seja possível haver maior investimento, aconselha-se a aplicação de tecnologias inteligentes, como é o caso da telegestão. (12)

A introdução destas medidas visa a redução de energia consumida no sector da IP, bem como a alteração de comportamentos dos hábitos de consumo. Nesse sentido, Portugal iniciou já a implementação de instalações eficientes. A secção seguinte ilustra alguns desses exemplos.

3.2 Dispositivos de Iluminação Pública

Nesta secção é elaborado um estudo sobre os tipos de lâmpadas e luminárias utilizados na IP. Existem variados tipos de lâmpadas, tal como luminárias, mas de acordo com o trabalho de campo, descrito na secção 4.5, decidiu-se limitar o estudo aos tipos de lâmpadas mais usadas, que foram o vapor de mercúrio e o vapor de sódio.

3.2.1 Lâmpadas

Atualmente, e no que respeita a lâmpadas para utilização na IP, existem diversos modelos e diferentes tecnologias disponíveis. Entre estas, destacam-se as lâmpadas de vapor de mercúrio, que estão a ser alvo de substituição faseada devido ao efeito nocivo do mercúrio para o meio ambiente. Estas estão a ser substituídas por lâmpadas de vapor de sódio, que apresentam uma diminuição nos consumos, proporcionam um maior fluxo luminoso e são ambientalmente mais viáveis, relativamente às de vapor de mercúrio.

Mais recentemente, e com o desenvolvimento da tecnologia, foi possível a aplicação da tecnologia LED à IP, mas relativamente ao universo estudado, estas ainda são uma minoria.

As lâmpadas de descarga elétrica podem ser de baixa ou alta pressão, onde, nestas últimas, encontram-se as mais usadas em IP, como as de vapor de mercúrio, as de vapor de sódio e as de iodetos metálicos (13).

As lâmpadas de descarga necessitam de equipamento auxiliar, como as reactâncias e os transformadores, seja pra produzir os pulsos de tensão necessários para o arranque, seja para estabilizar o valor da intensidade de corrente na descarga em regime permanente, seja para controlar a potência dissipada na lâmpada devido às condições da rede de alimentação (13). Assim sendo, de seguida apresenta-se uma breve descrição das lâmpadas de vapor de mercúrio e de vapor de sódio.

3.2.1.1 Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão

A lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão (VMAP) (Figura 1) é constituída por um tubo de descarga feito em quartzo, para suportar elevadas temperaturas, e tem em cada extremidade um eletrodo principal, constituído por uma espiral de tungsténio (W) coberta com material emissor de eletrões. O meio interno contém gás inerte (árgon – Ar), que facilita a formação da descarga inicial, e gotas de mercúrio (Hg), que serão vaporizadas durante o período de aquecimento da lâmpada. Quando a lâmpada recebe um impulso elétrico, entra no período de ignição que tem uma duração de alguns segundos



Figura 1 - Lâmpada de vapor de mercúrio e os seus componentes

(13).

Lentamente, com o aquecimento do meio interno, a pressão dos vapores vai crescendo, com o conseqüente aumento do fluxo luminoso. Só depois de alguns minutos (2 a 15 minutos) é que a lâmpada se estabiliza na sua condição normal de operação. Este tipo de lâmpada deve ser utilizado apenas em locais onde a iluminação funcione por várias horas consecutivas.

As lâmpadas de vapor de mercúrio, relativamente às incandescentes, não são tao sensíveis às variações de tensão da rede elétrica, mas para quedas de tensão acima de 5% do valor nominal, a ignição da lâmpada poderá ser interrompida (13).

A composição espectral do fluxo luminoso produzido por um tubo de mercúrio de alta pressão é precária (luz branca-azulada, pobre em radiações vermelhas), distorcendo as cores dos objetos iluminados (14).

O desempenho correto da lâmpada depende essencialmente do seu equipamento auxiliar, ou seja, estas exigem uma reactância para as estabilizar e também para proporcionar a tensão elétrica necessária para arrancar (13).

Nestas apenas 15% da energia é transformada em radiação visível, sendo os restantes 85% repartidos por perdas (50%), radiação IV (15%) e radiação UV (20%). Na Tabela 9 resume-se os valores das características principais deste tipo de lâmpada (14).

Tabela 9 - Características de uma lâmpada de vapor de mercúrio

Potência disponível	De 50 W a 1000 W
Rendimento luminoso	De 40 lm/W a 60 lm/W
Temperatura de cor	De 3000 K a 4000 K
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	De 40 a 55
Duração de vida média	De 10000 horas a 12000 horas
Tempo de arranque	Aproximadamente 4 minutos
Luminância	De 4 cd/m ² a 15 cd/m ²
Período de manutenção	2 anos
Equipamento auxiliar	Balastro e condensador

Este tipo de lâmpada pode ter diversas potências, e consequentemente diferentes tamanhos e fluxos luminosos (Tabela 10) (13).

Tabela 10 - Potências, fluxo luminoso e tamanhos das lâmpadas de vapor de mercúrio

Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Temperatura de cor (K)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)
80	3.800	4.100	70	156
125	6.300	4.000	75	170
250	13.000	3.900	90	226
400	22.000	3.800	120	290

3.2.1.2 Lâmpadas de vapor de sódio

A lâmpada de vapor de sódio é uma lâmpada de descarga, tal como a de vapor de mercúrio, mas emite uma radiação visível mais elevada que a de vapor de mercúrio. Existem duas variantes deste tipo de lâmpadas: de baixa pressão (VSBP) e alta pressão (VSAP).

As lâmpadas de vapor de sódio emitem uma luz praticamente monocromática, que se traduz numa iluminação com dificuldade de distinguir cores dos objetos iluminados. A monocromia deste tipo de lâmpada é uma boa opção em situações que se pretende diminuir a poluição luminosa. Deste modo, este tipo de lâmpada é utilizado em redor de observatórios astronómicos e em áreas onde se pretende diminuir a intervenção da iluminação exterior com a fauna noturna. (15)

Alta pressão

Nas lâmpadas de VSAP, uma pequena quantidade de Sódio (Na) é misturada com Mercúrio (Hg), e de seguida, a mistura é colocada numa cápsula de vidro com argon (Figura 2). Estes gases servem para ativar o arco voltaico que é formado entre eletrodos que estão colocados nas extremidades da cápsula. Durante o aquecimento inicial da lâmpada, a mistura Sódio/Mercúrio vaporizam-se gradualmente, fazendo com que se inicie uma emissão de luz pela lâmpada. De seguida a pressão aumenta, assim como a luz produzida se intensifica, até que a lâmpada se estabilize. Na realidade o arco emite raios UV, invisíveis ao olho humano, mas a ampola é montada no interior de um bulbo revestido internamente com uma camada de fósforo, que passa a emitir luz assim que recebe os raios UV. Ou seja, o tubo de descarga está dentro do bulbo externo, onde existe vácuo entre os dois bulbos com o objetivo de diminuir a perda de calor e aumentar a eficiência luminosa da lâmpada. (13) e (15)

O tubo de descarga destas é constituído por óxido de alumínio sintetizado e material cerâmico com ponto de fusão de 2.050°C, tornando-se um material translúcido e quimicamente à prova de elevadas temperaturas (16).

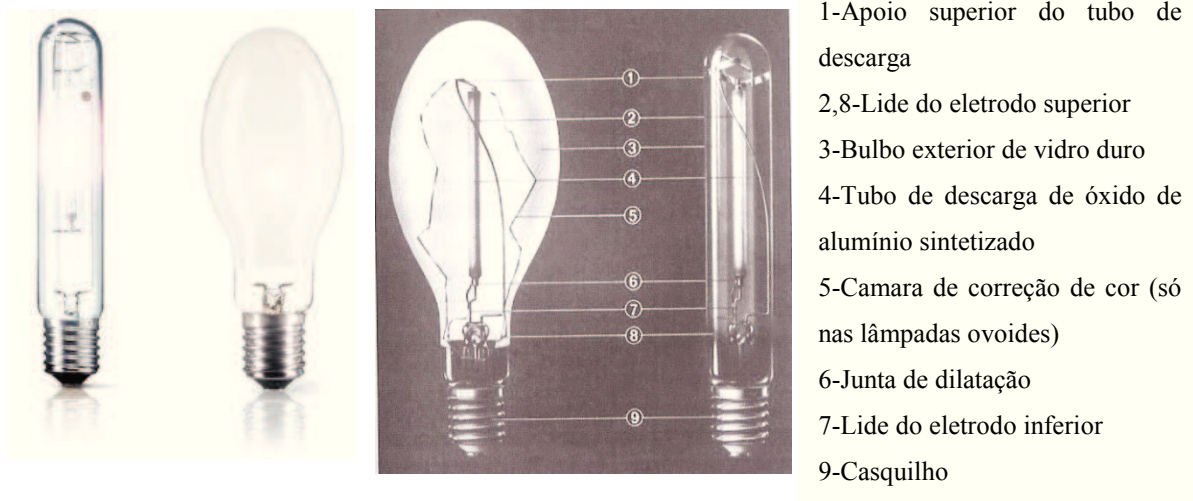


Figura 2 - Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão e os seus componentes

Este tipo de lâmpada transforma cerca de 30% da energia em radiação visível, e a restante energia está dividida em perdas, cerca de 60%, em radiação IV, cerca de 20%, e apenas 0,5% correspondentes à radiação UV. Esta radiação apresenta uma cor amarela-alaranjada, que a torna mais sensível à visão humana, e conseqüentemente mais agradável que a vapor de mercúrio (14).

Na Tabela 11 encontram-se algumas das características principais para este tipo de lâmpada (15).

Tabela 11 - Características de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão

Potência disponível	De 50 W a 1000 W
Rendimento luminoso	De 80 lm/W a 150 lm/W
Temperatura de cor	De 2000 K a 3200 K
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	De 20 a 70
Duração de vida média	De 8000 horas a 12000 horas
Tempo de arranque	Aproximadamente 5 minutos
Luminância	De 25 cd/m ² a 500 cd/m ²
Período de manutenção	3 a 4 anos
Equipamento auxiliar	Arrancador, balastro e condensador

Baixa pressão

As lâmpadas de VSBP são constituídas por uma pequena quantidade de Sódio (Na) que é colocada num tubo de vidro com Néon (Ne) e Árgon (Ar). Estes gases servem para ativar o arco voltaico que é formado entre eletrodos colocados nas extremidades do tubo. Durante o aquecimento inicial da lâmpada, o Sódio vaporiza-se e começa a emitir luz visível. O tubo onde se forma o arco e onde é colocado o Sódio é dobrado na forma de um longo "U", e montado dentro de outro tubo maior, que forma o corpo da lâmpada. Estas lâmpadas constituem a fonte de luz mais eficiente entre todas as restantes lâmpadas, devido à sua relação consumo de energia vs. iluminação produzida, sendo por este motivo muito utilizadas IP (em ruas e frequentemente em túneis) (15).

As lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão possuem uma elevada eficiência luminosa, com comprimentos de onda de 589,0 a 589,6 nm (13). Estas também possuem outras características que estão apresentadas na Tabela 12 (15).

Tabela 12 - Características de uma lâmpada de vapor de mercúrio de baixa pressão

Potência disponível	De 70 W a 1000 W
Rendimento luminoso	De 120 lm/W a 200 lm/W
Temperatura de cor	De 1800 K a 2000 K
Índice de reprodução de cor (IRC)	Aproximadamente 0
Duração de vida média	De 12000 horas a 18000 horas
Tempo de arranque	Aproximadamente 10 minutos
Luminância	6 cd/m ²
Período de manutenção	3 a 4 anos
Equipamento auxiliar	Arrancador, balastro e condensador

Este tipo de lâmpada pode ter diversas potências, e consequentemente diferentes tamanhos e fluxos luminosos (Tabela 13) (13).

Tabela 13 - Potências, fluxo luminoso e tamanhos das lâmpadas de vapor de sódio

Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Bulbo	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)
70	5.600	Elíptico	70	156
100	9.500	Elíptico	75	186
150	14.000	Elíptico	90	226
250	25.000	Elíptico	90	226
400	47.000	Elíptico	120	290
100	10.000	Tubular	46	211
250	27.000	Tubular	46	257
400	48.000	Tubular	46	285
1000	130.000	Tubular	65	390

Em Resumo:

Nos projetos de IP, um dos aspetos mais importantes é a escolha das lâmpadas devido ao seu consumo, durante aproximadamente 11h/dia, e conseqüentemente ao custo que ele acarreta (Tabela 14). Além do mais, também é importante a cor emitida pela lâmpada, pois como já referido anteriormente, estas influenciam o aspeto visual dos objetos e paisagens.

Assim, pode dizer-se que as lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão são utilizadas em instalações mais pequenas (zonas rurais); as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão são, neste momento, a melhor solução para a IP (excluindo as de LED), devido à sua longa vida e elevada eficiência luminosa; e as lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão têm uma elevadíssima eficiência luminosa, mas é preciso ter atenção que estas não devem ser colocadas em percursos pedestres, pois podem causar problemas de reprodução de cores. (13)

Tabela 14 - Características das lâmpadas, mercúrio vs. sódio

Caraterísticas	Lâmpadas		
	Vapor de mercúrio	Vapor de sódio	
		Alta pressão	Baixa Pressão
Custo da lâmpada	Baixo	Médio	Elevado
Custo da luminária	Médio	Médio	Elevado
Resistência ao uso	Boa	Boa	Fraca
Cor da luz	Branca Azulada	Dourada	Amarela
Reprodução das cores	Boa	Razoável	Precária
Eficiência luminosa (lm/W)	50/60	90/130	140/200
Vida (horas)	15.000/20.000	20.000/25.000	10.000/15.000
Luminância das luminárias	Elevada	Elevada	Baixa

3.2.2 Luminárias

As luminárias, ou armaduras de IP são constituídas por um conjunto de elementos elétricos, óticos e mecânicos. As luminárias de IP destinam-se a assegurar: a distribuição do fluxo luminoso desejado com o melhor rendimento possível, evitando sempre o encandeamento dos utilizadores; que existam condições técnicas necessárias para o bom funcionamento dos elementos elétricos, garantindo assim a segurança dos próprios componentes e dos utilizadores; e a proteger, relativamente às condições climatéricas, as lâmpadas, o sistema ótico e os componentes elétricos. (15)

Numa luminária de IP podem encontrar-se diversos componentes, tais como o corpo da luminária, o suporte da própria e das lâmpadas, o sistema ótico, onde se encontram os refletores, os refratores e os difusores, e por último os componentes elétricos. Em seguida é feita uma breve descrição de alguns destes componentes

⇒ **Corpo da luminária**

O corpo de luminária deve assegurar uma boa resistência mecânica a choques e vibrações, protegendo as lâmpadas e o sistema ótico (quando este é independente do corpo), e também serve para proteger os componentes contra a corrosão, assim como garantir todas as condições de fixação. Este pode desempenhar funções do sistema ótico. (17)

⇒ **Órgão de fixação da luminária**

Este órgão deve garantir que a luminária permaneça inalterável após a sua fixação ao poste, podendo fazer parte da luminária ou não, de modo a permitir a sua regulação de posição. (17)

⇒ **Suporte das lâmpadas**

O suporte das lâmpadas deve assegurar o bom contato elétrico com a aparelhagem auxiliar e a manutenção da posição das lâmpadas, até quando a luminária está sujeita a vibrações. (17)

⇒ **Sistema ótico**

O sistema ótico está dividido nos refletores, nos refratores e nos difusores, como se esquematiza de seguida (17).

- **Refletores:** Os refletores podem ter as mais variadas formas, ou seja, quando se pretende ter uma reflexão regular ou mista, estes normalmente são construídos em vidro espelhado, alumínio brilhante ou cromo polido, já quando se pretende obter uma reflexão mista, estes são construídos em alumínio martelado ou em chapas pintadas. Sendo assim, este componentes óticos têm o objetivo de modificar a distribuição do fluxo luminoso.

- **Refratores:** Os refratores são normalmente construídos em vidro claro ou em materiais plásticos que assegurem uma boa resistência a choques mecânicos e à fadiga provocada pelas condições climatéricas. Estes têm como objetivo a alteração da distribuição do fluxo luminoso.
- **Difusores:** Os difusores podem ser transparentes, quando são construídos em vidro claro, translúcidos, quando são construídos em plástico, ou opalinos, quando são construídos de vidro opalino. Estes têm como objetivo a diminuição da luminância de modo a melhorar o conforto visual.

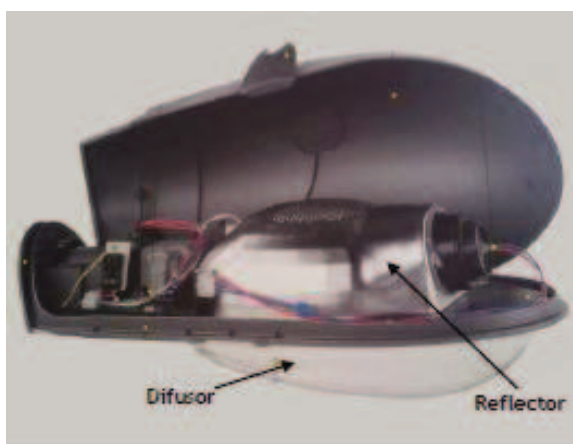


Figura 3 - Exemplo de um difusor e de um refletor

⇒ Componentes elétricos

As lâmpadas de descarga, como é o caso das de vapor de mercúrio e de vapor de sódio de alta pressão, necessitam de um balastro para o seu funcionamento. Estes equipamentos elétricos destinam-se a limitar o valor da corrente durante o funcionamento das lâmpadas de descarga. Estes dispositivos podem ser de dois tipos, balastros magnéticos e balastros eletrónicos.

Os balastros eletromagnéticos são tipicamente constituídos por uma bobina enrolada num núcleo ferromagnético, sendo portanto um circuito indutivo.

Os balastros eletrónicos são geralmente mais eficientes que os anteriores e permitem acumular também as funções de ignitor e regulador de fluxo no mesmo dispositivo. (17)

Este tipo de balastos tem algumas vantagens relativamente aos balastos anteriores, tais como (15):

- Possibilitam um arranque das lâmpadas, mais suave aumentando a sua vida útil (até 50%) e reduzindo os custos de manutenção;
- Possibilitam o controlo de corrente da lâmpada e de potência, facilitando a regulação de fluxo luminoso;
- Não produzem ruído;
- Permitem desligar e ligar automaticamente as lâmpadas em caso de anomalia.

3.2.2.1 Disposição das Luminárias

Relativamente à disposição das luminárias, estas podem apresentar-se de três modos principais, tais como a disposição unilateral, a disposição bilateral e a disposição axial. De seguida apresenta-se a explicação de cada uma das disposições indicadas anteriormente.

⇒ Disposição unilateral

Este tipo de disposição das luminárias utiliza-se quando a distância entre fachadas é menor que 15 m, ou a distância entre guias é menor que 10 m. Esta disposição não possibilita uma boa uniformidade transversal, como se verifica na Figura 4. (18) e (19)

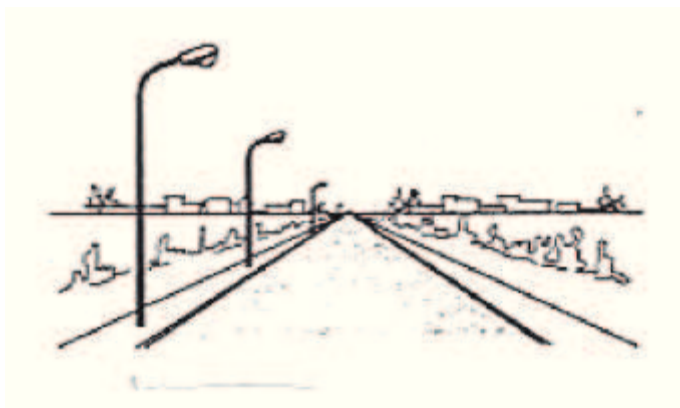


Figura 4 - Disposição unilateral das luminárias

⇒ **Disposição bilateral alternada e bilateral oposta**

A disposição bilateral alternada (Figura 5) é recomendada para localidades, pois as fachadas e os passeios ficam melhor iluminados devido à disposição das luminárias em ambos lados da via num sistema alternado, que permite uma melhor uniformidade da iluminância, sendo então aconselhada para vias de tráfego médio a intenso, apesar do seu custo mais elevado. As distâncias entre fachadas é normalmente de 15 m a 18 m, ou a distância entre guias está entre os 10 m e os 13 m. (18) e (19)

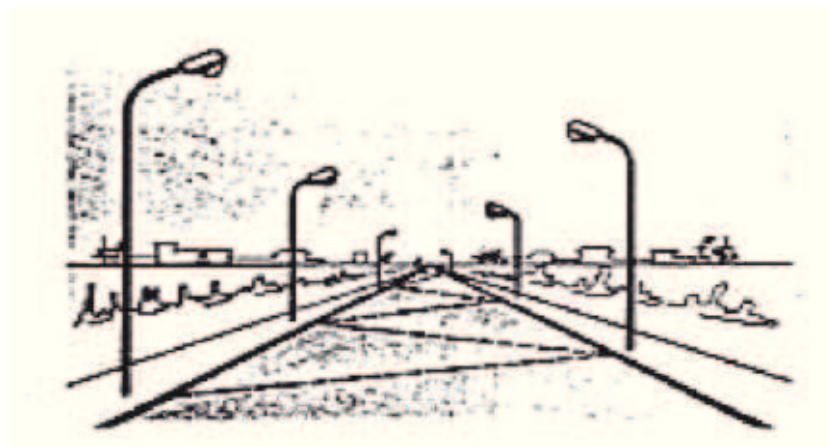


Figura 5 - Disposição bilateral alternada

A disposição bilateral oposto (Figura 6), caracteriza-se pelo posicionamento das luminárias em frente uma da outra, sendo normalmente usadas em ruas de médio movimento. Normalmente são utilizadas quando as distâncias são superiores às utilizadas no posicionamento bilateral alternada, ou seja quando a distância entre fachadas é superior a 18 m, ou quando a distância entre guias é superior a 13 m. (18) e (19)

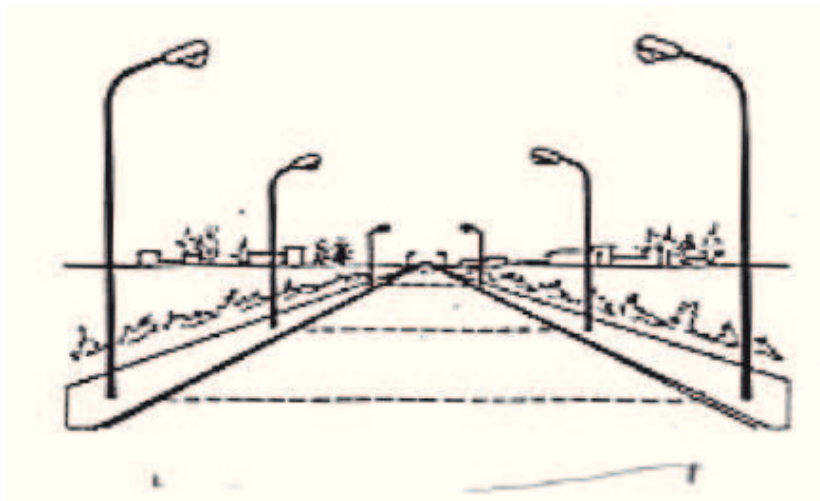


Figura 6 - Disposição bilateral oposta

⇒ **Disposição axial**

A disposição axial normalmente é usada em vias duplas, e pode-se realizar uma iluminação da forma axial simples com braço duplo, axial com braço duplo combinado com a disposição bilateral, oposta ou alternada, ou axial catenária. (18) e (19)

Na disposição axial com braço duplo (Figura 7), as armaduras são colocadas no eixo central, podendo este ter canteiros ou não, permitindo uma excelente orientação visual.

A disposição axial de braço duplo combinado com a disposição bilateral, é a combinação da Figura 5 com a Figura 7 no caso da disposição alternadas, já para o caso da disposição oposta é a combinação da Figura 6 com a Figura 7.

No caso da disposição axial catenária, as luminárias encontram-se ao longo do eixo da via, com espaçamentos de 10 m a 20 m, suspensas em cabos de aço fixados em postes colocados no canteiro central, ou fixados nos prédios, caso haja construções em ambos os lados (Figura 8).

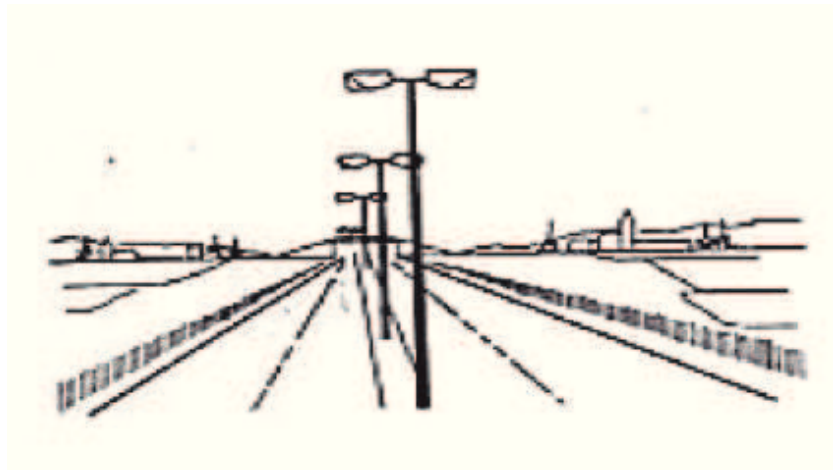


Figura 7 - Disposição axial entre vias duplas

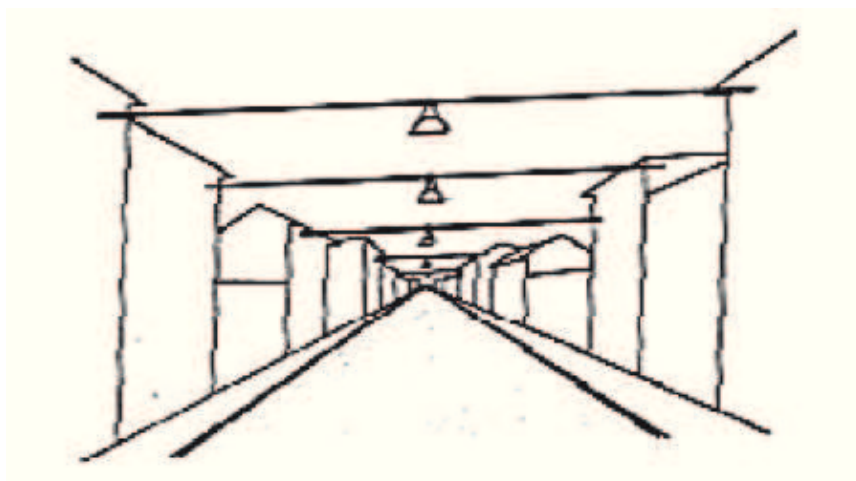


Figura 8 - Disposição axial catenária

3.3 Sistemas de Controlo em IP

Após a apresentação dos sistemas de IP, nesta secção irão ser abordados alguns exemplos de sistemas de controlo existentes, explicando o seu modo de funcionamento, assim como algumas das suas vantagens.

Com o desenvolvimento da tecnologia, nos dias de hoje, existem imensos sistemas que permitem o controlo da iluminação, tornando-a mais eficiente tanto a nível ambiental como a nível económico.

De seguida, irá ser abordado mais detalhadamente, sistemas como células e relógios (mais encontrados), sistemas centralizados e sistemas individualizados (telegestão).

3.3.1 Sistemas ON-OFF

Os sistemas on-off são extremamente utilizados, devido a terem um simples funcionamento e por terem baixo custo. De seguida aborda-se dois destes sistemas, tais como o relógio astronómico e a fotocélula, em que o seu funcionamento é simplesmente através de dois comandos, o comando “liga” e o comando “desliga”.

3.3.1.1 Relógios astronómicos

O SC2A-60 (Figura 9) é um relógio astronómico, chamando-se também como interruptor horário astronómico. Este ao ser aplicado na IP, tem como objetivo o controlo do horário ao qual a iluminação liga e desliga, tendo a capacidade de ser programado permitindo adaptá-lo às necessidades de cada instalação com ótima qualidade de serviço e grande poupança energética.

O aparelho realiza um cálculo exato das horas a que acontece o nascer e o pôr-do-sol, de acordo com as coordenadas geográficas da localização da instalação, latitude e longitude em graus e minutos, que podem ser introduzidas facilmente através duma base de dados geográficos mundial por países, províncias, cidades ou municípios.

Esse aparelho dispõe basicamente de três circuitos de saída: Astronómico, Voluntário (ou de poupança de energia) e Auxiliar. O controlo astronómico pode ser corrigido em adiantado ou atraso de até 60 minutos com respeito às horas calculadas do nascer e pôr-do-sol. O controlo voluntário baseia-se numa base de dados onde estão especificadas as horas de ligar e de desligar em combinação com o horário astronómico. O controlo auxiliar baseia-se num programa de períodos de ligar e desligar em combinação com programas diários, semanais e anuais, podendo funcionar independente do astronómico.

A programação e apresentação completa de dados de funcionamento podem ser realizadas manualmente ou através de um *software* de computador, mas este aparelho ainda apresenta a possibilidade de modificação remota do *firmware* podendo realizar atualizações no mesmo ponto de funcionamento. (20)



Figura 9 - Relógio astronómico

Segundo a EDP estes aparelhos permitem uma redução de 30 a 35 % do consumo de energia por PT, pois controlam as horas de funcionamento dos postos de IP, tendo sido definida a redução de 1 hora e 10 minutos ao nascer do sol e 20 minutos após o sol se pôr.

Estas medidas foram implementadas com vista à redução estimada de 10% dos consumos energéticos das autarquias. (3)

3.3.1.2 Fotocélulas

As fotocélulas normalmente são associadas ao comando de instalações de iluminação entre elas, as de IP. Estas têm a finalidade de ligar e desligar uma luminária de acordo com o nível de iluminação presente no ambiente, A base destes equipamentos é a variação do nível de iluminação ao longo do dia como se apresentam alguns exemplos práticos na Tabela 15. (21)

Tabela 15 - Exemplos de níveis de iluminação

Verão, ao meu dia com céu limpo	100000 lux
Iluminação pública	5 a 30 lux
Lua cheia, numa noite clara	0,25 lux

Como a IP funciona normalmente ao ar livre, as lâmpadas só devem ser ligadas quando houver a necessidade de iluminação artificial no final do dia, e devem ser imediatamente apagadas ao amanhecer quando já houver luz natural suficiente para garantir o trânsito seguro de veículos e pessoas.

Relativamente à IP, principalmente no que diz respeito ao alto índice de manutenção, taxa de falhas e baixa confiabilidade, a fotocélula (Figura 10) tem vindo a sofrer uma evolução nos últimos anos. Esta tem vindo a evoluir no sentido de ter uma maior resistência à corrosão, à radiação UV entre outras causas ambientais. Assim, na prática, esta tem um funcionamento em volta de 13 anos. (22)



Figura 10 – Fotocélula

3.3.2 Sistemas de controlo centralizado

Dentro da variedade existente hoje em dia relativamente aos sistemas de controlo centralizado, este estudo irá direccionar-se para a instalação de um armário de regulação de fluxo, como se exemplifica na Figura 11.

A empresa Schröder forneceu as características do equipamento exemplificado na figura, dando possibilidade de o apresentar detalhadamente, de modo a ser utilizado na secção 5.2.2 como o equipamento a ser instalado no cenário A.

Segundo a ficha técnica do equipamento, sabe-se que este sistema é totalmente digital e controla a estabilização da tensão de alimentação, assegurando uma precisão de mais ou menos 1% na tensão de saída, eliminando a possibilidade de sobretensão na lâmpada. Este sistema é controlado por um Microprocessador (LIT – *Lighting Intelligent Tutor*) responsável pela supervisão, regulação e comutação (23).



Figura 11 - Armário de Regulação de Fluxo SEC STB

Ao implementar um sistema deste num PT constatam-se as vantagens anunciadas de seguida (23):

- Estabilização da tensão com precisão de mais ou menos 1%
- Redução dos custos de manutenção, devido ao aumento da vida útil das lâmpadas
- Peso e dimensões reduzidos
- Não há comutação em situação de sobretensão
- Maior confiança e flexibilidade, devido à sua instalação em sistemas já existentes
- Redução até 35% do fluxo luminoso.

Existem várias potências deste equipamento, consoante o número de lâmpadas a alimentar, assim como a potência destas. Este funciona através de ciclos programáveis, ou por comunicação com interfaces que permitem ter uma conexão por controlo remoto através de um computador. Caso haja algum problema na alimentação do PT este sistema tem uma bateria que lhe proporciona guardar datas e horas, e tem também um fusível de proteção pra os circuitos de controlo. (23)

3.3.3 Sistemas de controlo individualizado

Entre as diversas tecnologias que existem hoje em dia, aqui só será abordada uma de aplicação em cada luminária e que permite também a telegestão, pois será este conceito que será utilizado na secção 5.2.3 como o equipamento a instalar no cenário B. Além do mais, este apresenta-se como sendo o futuro da IP e consiste em adaptar a luminosidade da via à quantidade de tráfego existente num dado momento, associado à possibilidade de melhoramento das operações de manutenção, verificando à distância e em tempo real o estado de cada luminária, desde o seu consumo até uma pequena avaria.

Segundo a ficha técnica fornecida pela *Schröder*, de seguida explica-se todo o funcionamento de um sistema de telegestão, assim como as suas vantagens e características técnicas.

Os sistemas de telegestão são soluções tecnológicas mais eficientes, energeticamente mais equilibradas e racionais, numa ótica de maior sustentabilidade na iluminação, possibilitando maior rigor e controlo de consumos, mais eficiência, melhor gestão, menores custos de manutenção, maiores economias e conseqüentemente menores impactos negativos ambientais (24).

Neste sentido, a *Schröder* disponibiliza no mercado dois sistemas de telegestão, o sistema representado na Figura 12, ou seja a telegestão por PLC (*PowerLine Carrier*), e o sistema representado na Figura 13, ou seja a telegestão por RF (*wireless*).

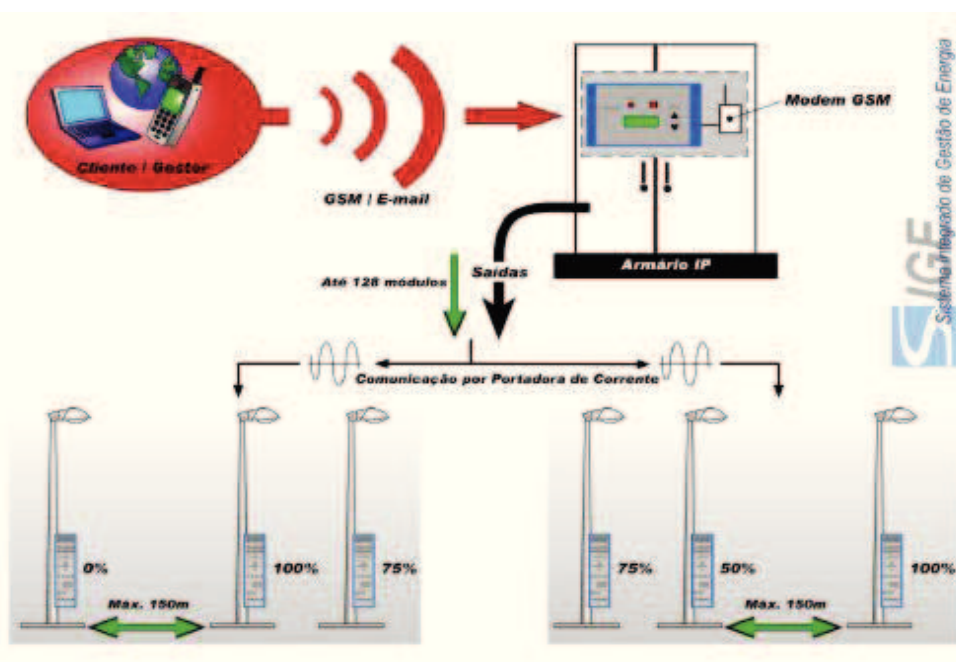


Figura 12 - Sistema de Telegestão por PLC

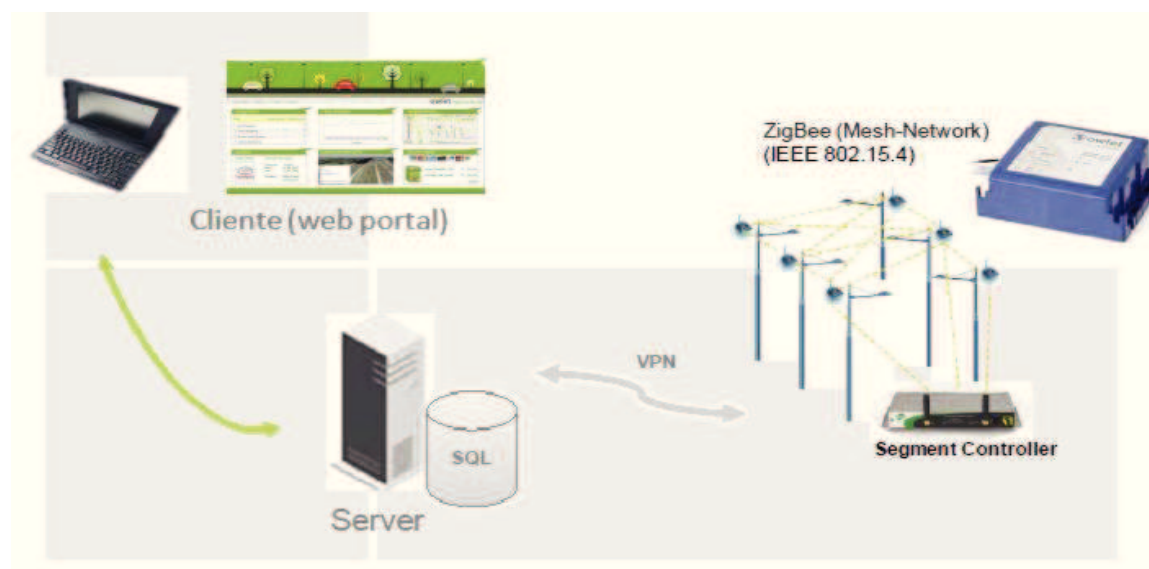


Figura 13 - Sistema de Telegestão por RF (wireless)

Nesta secção irá ser apresentado de modo detalhado o sistema a utilizar no cenário B, como anteriormente referido, sendo este o sistema de telegestão por PLC, sistema SIGE, devido a ser de mais fácil adaptação em qualquer instalação já existente não havendo necessidade de trabalhos adicionais relativamente a cabos ou infraestruturas.

Este é um sistema simples, de fácil instalação que permite trazer uma grande variedade de possibilidades ao nível da gestão integrada das instalações de IP, sendo estas a redução dos consumos de energia elétrica sem prejudicar o bom funcionamento das instalações mantendo sempre os níveis de qualidade exigíveis. Outra possibilidade é permitir economias diretas nos consumos de energia na ordem dos 50% a 60%, dependendo da solução escolhida e do tipo de gestão a realizar, bem como um aumento da vida útil das lâmpadas na ordem dos 35% a 50% e conseqüentemente a redução dos custos de manutenção desses equipamentos. Ou seja, a comunicação PLC caracteriza-se pela utilização dos próprios cabos de distribuição de energia para realizar todo o processo de envio e receção de informações entre candeeiros e respetiva unidade central de gestão. Basicamente, em cada candeeiro existe um módulo de comando (TMX) que fará a gestão do balastro eletrónico regulável assegurando a monitorização da luminária bem como o envio e receção do sinal, e a montante da instalação está uma Unidade de Gestão e Comando (TCU) que permite a monitorização de toda a instalação, a sua gestão e a regulação de fluxo através de um comando à distância. Este equipamento permite a gestão de 128 luminárias e deve ser ligado fisicamente aos circuitos de saída do armário de IP.

Relativamente à comunicação entre o computador (utilizador) e a TCU, esta pode ser feita através de um *software* próprio, de uma página *web* ou de um modem GSM/GPRS. (24)

Em resumo, este sistema tem inúmeras características vantajosas, onde de seguida podem ser consultadas (24):

- Fácil instalação e sem necessidade de alterações na rede de IP
- Em instalações existentes, somente se troca os acessórios elétricos
- Controlo geral ou individual dos módulos a partir de um PC ou localmente
- Redução dos custos de manutenção
- Comunicação via Portadora de Corrente – PLC (pelos cabos da rede IP)
- Envio de alerta em caso de avaria
- Regulação de fluxo inteligente a quatro níveis (100%, 75% 50% e 0%) com possibilidade de ser regulado individualmente
- Redução da fatura de energia até cerca de 50%
- Interface de utilização simples
- Maior segurança elétrica nos candeeiros, através de Isolamento Galvânico
- Amigo do ambiente devido à redução das emissões de CO₂
- Aumento da vida útil das lâmpadas entre 30 a 50%
- Ausência do consumo de energia reativa
- Redução da poluição luminosa.

3.3.3.1 Projetos de telegestão em Portugal

Em Vila Nova de Gaia, a Av. Engenheiro Manuel Violas é o principal acesso ao Parque Empresarial de S. Felix da Marinha (Figura 14), onde foi implementado um sistema que combina uma tecnologia de ponta com a gestão energética da instalação. Ou seja, foi instalado um sistema de telegestão, que permitiu a regulação do fluxo luminoso em horários de menor necessidade.

Para tal utilizaram lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 250W, equipadas com um sistema de gestão centralizada e comunicação por onda portadora que permite controlar a instalação. Assim das 12h diárias de funcionamento, 4h funcionam a 100%, 2h funcionam a 70% e as restantes 6h funcionam a 50% (Gráfico 1), obtendo uma consequente redução de custos (Tabela 16). (25)



Figura 14 - Imagens do Parque Empresarial em Vila Nova de Gaia

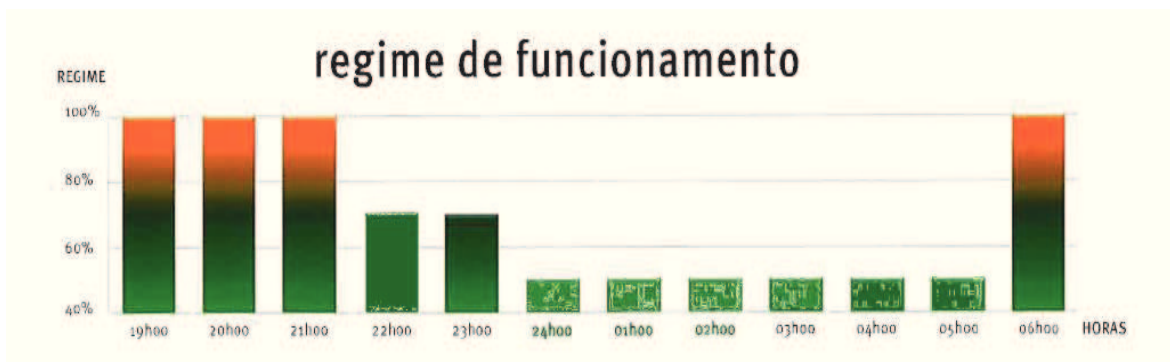


Gráfico 1 - Regime de funcionamento da aplicação do sistema de telegestão

Tabela 16 - Comparação entre um sistema comum e um sistema de telegestão em Gaia

Situação com telegestão				Situação "clássica"				Balanço	
potência instalada (kW)	energia consumida (kWh)	custo energético (€)	CO ₂ Eq. (Ton)	potência instalada (kW)	energia consumida (kWh)	custo energético (€)	CO ₂ Eq. (Ton)	poupança (€) 30%	poupança TCO ₂ eq 30%
17,372	53.896,63	5.535,18	25,33	17,372	76.089,36	7.814,38	35,76	2.279,19	10,43

Já em Almada, segundo decisão da Câmara Municipal de Almada, ao mesmo tempo que a EDP estiver a instalar sistemas de telegestão em 27 PTs (5%) correspondentes aos de maior consumo de IP, os relógios astronómicos instalados em todos os outros PT serão regulados para que as luzes se liguem ao pôr-do-sol e se desliguem ao nascer do sol, abolindo-se a hora e meia de diferença atualmente existente (uma hora de manhã e meia hora ao final do dia).

Esta alteração só é possível porque, segundo as estimativas feitas pelo grupo de trabalho municipal que está a acompanhar a gestão da IP, a poupança estimada na fatura energética, obtida pela introdução da telegestão nestes PTs por regulação dos fluxos luminosos, é equivalente à hora e meia de redução do tempo de iluminação. Neste âmbito foi assumido o compromisso da EDP avançar em 2013/2014, em todos os concelhos da Área Metropolitana de Lisboa, com a introdução desse sistema nos restantes PTs (95%).
(26)

3.3.4 Barreiras à implementação dos sistemas de controlo

Os sistemas anteriormente anunciados, como o sistema de armário de regulação de fluxo, bem como o sistema de telegestão, não apresentam grandes barreiras (para além do preço) à sua implementação, visto poderem ser instalados nos sistemas já existentes.

Mas para um melhor funcionamento convém que as lâmpadas sejam todas do mesmo tipo e todas da mesma potência, devido ao efetuar uma escolha do equipamento de regulação a instalar, pois este tem de ter capacidade para alimentar todas as lâmpadas já instaladas.

Quanto aos sistemas de telegestão, existem equipamentos com mais funcionalidades e mais recentes, mas estes na maioria das vezes não são possíveis implementar em sistemas de iluminação com mais de 10 anos.

Um exemplo de um sistema de telegestão mais avançado é um sistema com informação de trânsito, que se apresenta na Figura 15. Ou seja, este tem o mesmo princípio de funcionamento do sistema de telegestão apresentado anteriormente, mas esta a solução engloba a implementação de sensores de movimento, permitindo uma poupança adicional nos consumos, visto a regulação de fluxo ser feita automaticamente e mediante o fluxo de tráfego que se verifica na via num dado momento. Assim, quando é detetado movimento, o

fluxo fica nos 100%, passando para 40% quando não há deteção, permitindo uma poupança até 50% de energia, com a vantagem de redução da poluição. (27)

Mas este sistema apresenta maiores barreiras, pois como o seu princípio de funcionamento é a através da utilização de sensores, caso o sensor detete qualquer outro tipo de movimento, como um animal, irá aumentar o fluxo sem ser necessário.

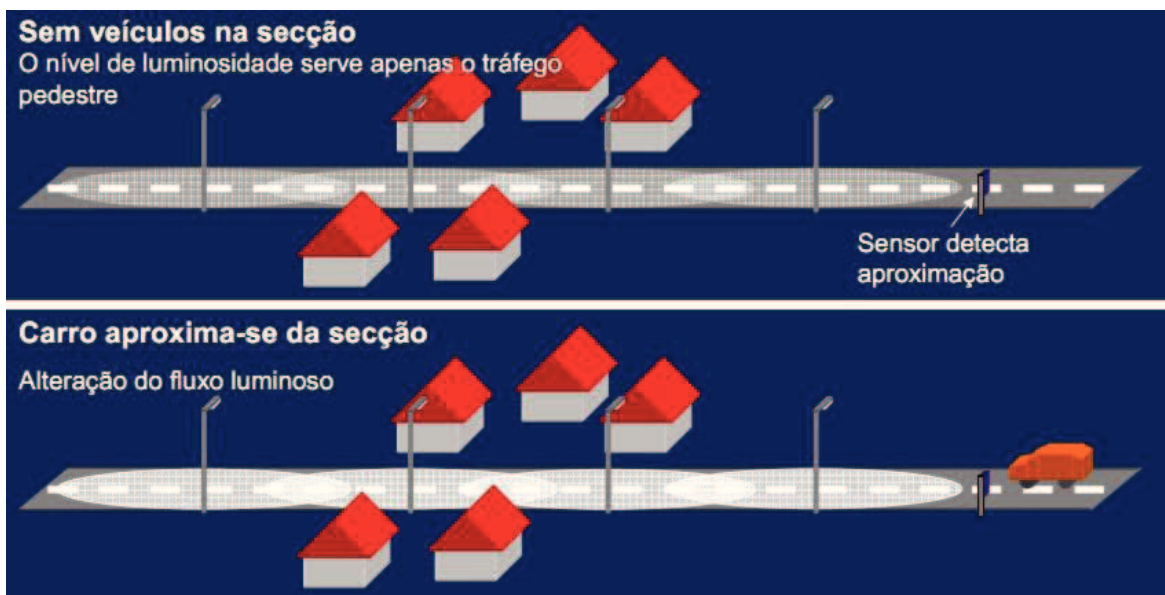


Figura 15 - Sistema de telegestão com informação de trânsito

4 Estágio

Esta dissertação foi elaborada com o objetivo de demonstrar o trabalho efetuado num estágio curricular realizado durante o ano letivo 2011/2012 na Agência Regional de Energia da Alta Estremadura (ENERDURA). De seguida apresenta-se a empresa, e em que consistiu o estágio de uma forma mais detalhada.

4.1 Empresa

A ENERDURA foi constituída a 26 de Outubro de 2000, na sequência da aprovação de uma candidatura, apresentada pela Associação de Municípios da Alta Estremadura (A.M.A.E.), ao Programa Comunitário *SAVE II*. Esta é uma associação sem fins lucrativos, que se situa no Edifício Maringá (Leiria) (Figura 16), em que o seu trabalho é dirigido aos consumidores públicos e privados, sendo estes os que mais beneficiam com os lucros obtidos.

A Agência tem como área de intervenção os Municípios de Alvaiázere, Ansião, Batalha, Leiria, Marinha Grande, Pombal e Porto de Mós. (28)

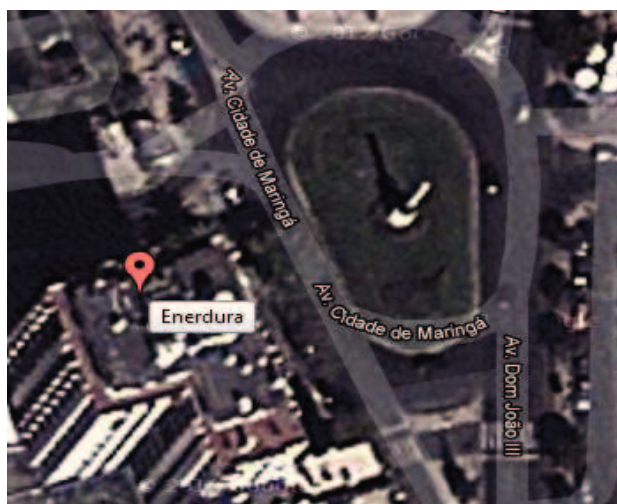


Figura 16 - Localização da ENERDURA, Edifício Maringá em Leiria (Imagem retirada do Google Maps)

A ENERDURA tem como objetivo fundamental a contribuição para o aumento da eficiência energética na sua zona de intervenção, através de dois princípios fundamentais:

↳ Utilização Racional da Energia

Dinamizando campanhas de sensibilização junto dos consumidores públicos e privados, com o objetivo de informar o público em geral das melhores formas de poupar energia, sem que para isso se tenham de privar do conforto e bem-estar necessários a uma boa qualidade de vida.

↳ Aproveitamento dos recursos energéticos endógenos

Promovendo e incentivando a utilização de fontes de energia renováveis (solar, eólica e biomassa, entre outras), no sentido de diminuir o consumo de combustíveis fósseis, e conseqüentemente diminuindo também as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera (CO₂ em particular), melhorando a qualidade ambiental da região onde se encontra inserida. (28)

Esta trabalha em parceria com algumas empresas da região, das quais fazem parte da composição do seu Conselho Científico, tais como (28):

- ✓ **ADENE** - Agência para a Energia
- ✓ **AMLEI** - Associação de Municípios da Região de Leiria
- ✓ **CBE** - Centro da Biomassa para a Energia
- ✓ **CENTIMFE** - Centro Tecnológico da Indústria de Moldes, Ferramentas Especiais e Plástico
- ✓ **EDP Distribuição** - Energia, S.A.
- ✓ **IPL** - Instituto Politécnico de Leiria / **ESTG** - Escola Superior de Tecnologia e Gestão
- ✓ **LUSITANIAGÁS** - Companhia de Gás do Centro, S.A.
- ✓ **NERLEI** - Associação Empresarial da Região de Leiria
- ✓ **SIMLIS** - Saneamento Integrado dos Municípios do Lis, S.A.
- ✓ **VALORLIS** - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.

4.2 Projeto e Local de implementação

A ENERDURA tem desenvolvido um trabalho de levantamento da qualidade, eficácia e eficiência da IP na sua área de intervenção, com objetivo de registar um levantamento detalhado das condições de serviço da rede de IP, para posterior implementação de soluções e tecnologias energeticamente mais eficientes ou medidas de racionalização da utilização da rede.

A área de intervenção da ENERDURA destaca-se por ser um dos mais importantes polos de desenvolvimento económico do país, tendo o seu trabalho uma elevada importância pelos seguintes motivos:

- ✓ A IP é um serviço responsável por um consumo significativo de recursos financeiros municipais, os quais poderiam ser aplicados noutras áreas permitindo consolidar o papel da região e a sua trajetória de desenvolvimento;
- ✓ A IP é um importante fator de atratividade das cidades e vilas, desempenhando um papel significativo na capacidade da região para atrair e fixar residentes e na qualidade de vida das populações;
- ✓ O serviço de IP é, ainda considerado um serviço consumidor de recursos humanos e materiais dos municípios, na sua gestão e manutenção, pelo que qualquer intervenção no sentido da sua otimização e racionalização conduz à libertação de recursos necessários à melhoria geral das condições de prestação de serviços locais aos cidadãos.

A Matriz Energética da Região da Alta Estremadura, relativa aos consumos energéticos dos oito concelhos, que constituem a zona de intervenção da ENERDURA, abrange os seguintes conselhos (Figura 17): Alvaiázere, Ansião, Batalha, Leiria, Marinha Grande, Porto de Mós, Ourém e Pombal, dos quais os dois últimos não entram no estudo.

O objetivo é a atualização da Matriz Energética já existente em versão *draft*, relativamente ao período de 1996 a 2001. O levantamento realizado, bem como o diagnóstico das condições inserem-se na preparação de candidaturas para financiamento de intervenções posteriores.

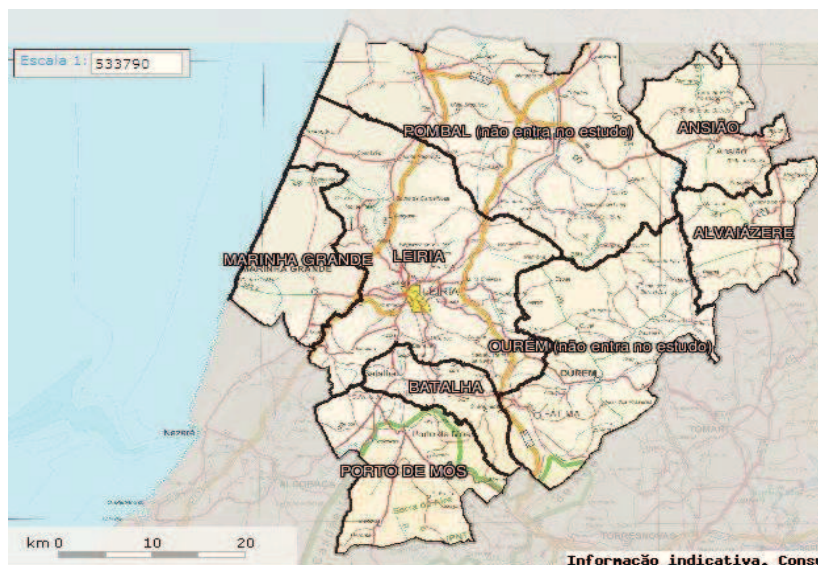


Figura 17 - Regiões abrangidas pelo projeto (Imagem retirada do Geoportal da Enerdura)

O trabalho de levantamento consistiu na avaliação qualitativa e quantitativa da IP, nomeadamente nas ruas de maior consumo energético, as quais se definem da seguinte forma:

- ↪ **Análise Qualitativa:** Consistiu na determinação da intensidade luminosa captada pelo equipamento Luxímetro utilizado.
- ↪ **Análise Quantitativa:** Consistiu na determinação do número de candeeiros e localização geográfica dos candeeiros nas ruas em análise.

Para se proceder ao levantamento, ou seja, ao trabalho de campo em si, foi necessário a recolha de elementos em quatro fases:

- ✓ Definição das áreas de trabalho nos municípios, designadas por células;
- ✓ Análise de fatura energética e definição dos PTs com maior consumo energético, na componente de IP;
- ✓ Preparação das visitas aos locais onde se situam os PTs pré-estabelecidos;
- ✓ Visitas aos municípios e recolha de dados.

A preparação da visita implicou também a organização de uma tabela de registo da IP, mas também de todos os fatores que podem influenciar as medições, como por exemplo a natureza da rua, a envolvente, as condições atmosféricas, entre muitas outras, como descrito detalhadamente no Anexo 2.

4.3 Postos de Transformação a analisar

A IP é um elevado encargo para os municípios, sendo necessário fiscalizá-la e, caso seja possível, reduzir esse encargo. Recorrendo aos dados publicados pelo Instituto Nacional de Energia e Geologia (DGEG) referentes aos consumos de energia elétrica, verificou-se os consumos nacionais representados pela Tabela 17, assim como se levantou os consumos associados só à IP.

Tabela 17 - Consumos nacionais e de iluminação pública nos anos de 1994 a 2009

Anos	Consumo de IP (kWh)	Consumo nacional (kWh)
1994	767.647.666	27.751.311.565
1995	799.857.983	29.237.207.073
1996	855.453.060	30.793.680.351
1997	919.475.465	32.438.177.021
1998	949.852.409	34.410.979.269
1999	1.015.756.926	36.741.116.273
2000	1.072.439.077	38.939.469.070
2001	1.144.176.283	40.540.701.913
2002	1.200.457.847	42.116.729.684
2003	1.331.950.595	43.802.993.542
2004	1.318.195.352	45.498.596.452
2005	1.409.633.900	47.028.809.174
2006	1.511.177.418	48.545.712.359
2007	1.571.271.524	49.676.041.662
2008	1.642.507.644	49.186.865.934
2009	1.673.479.059	48.772.938.876

Posteriormente realizou-se um levantamento dos consumos de IP, desde 1994 a 2009, nos concelhos em estudo (Gráfico 2). O gráfico seguinte, assim como a tabela anterior, demonstram que ao longo dos anos a iluminação tem vindo a passar de um bem necessário a uma comodidade, devido ao seu aumento gradual.

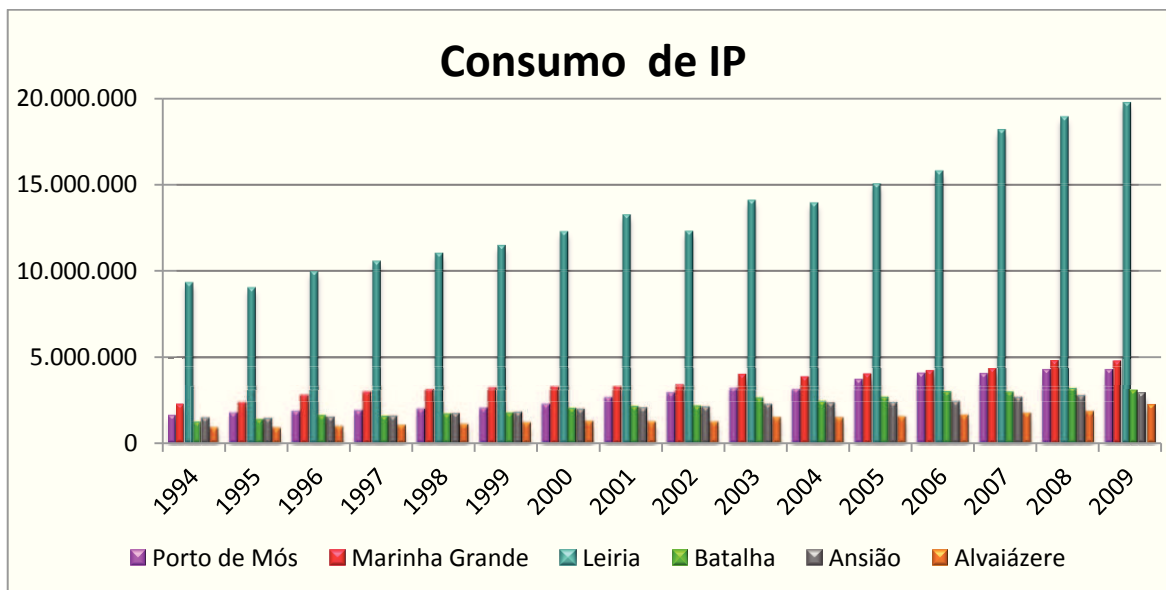


Gráfico 2 - Consumos de iluminação pública ao longo dos anos, 1994 a 2009, nos concelhos em estudo

Nesta fase do Projeto foi necessário analisar o consumo total de cada conselho e, posteriormente, comparar o consumo de cada PT individualmente com o consumo total do conselho. Entre todos os PTs situados nos concelhos anteriormente indicados (Figura 18), realizou-se os cálculos de modo a verificar quais os que contribuem com 20%, ou mais, do consumo do concelho correspondente.

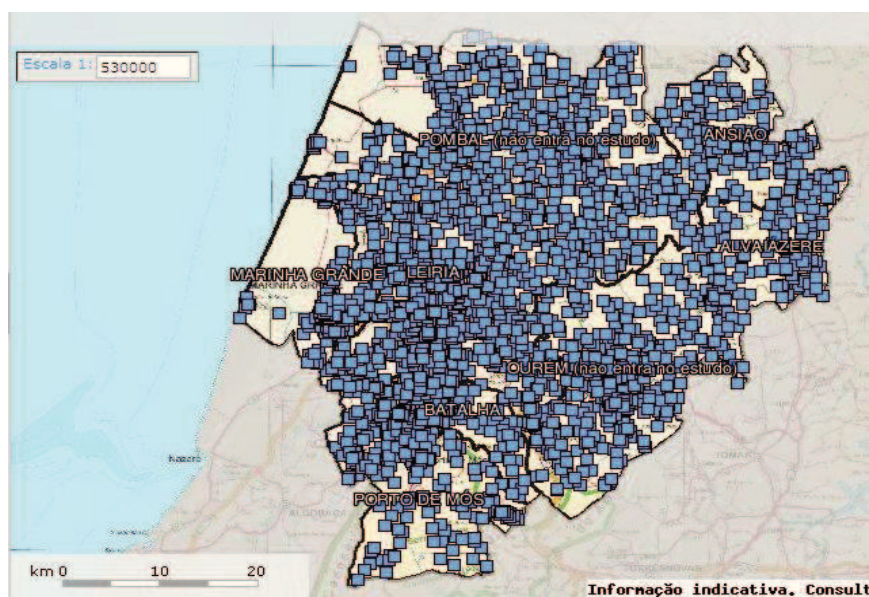


Figura 18 - Todos os PTs existentes nas regiões abrangidas pelo projeto (2010) (Imagem retirada do Geoportal da Enerdura)

Utilizou-se os dados dos consumos de IP referentes ao ano 2009 e procedeu-se ao cálculo da percentagem do consumo de cada PT, multiplicando o consumo de IP do concelho por 100, e de seguida dividindo pelo consumo total do concelho.

Procedendo-se deste modo para todos os concelhos, obteve-se um total de 93 PTs a tratar, sendo estes classificados por cores consoante o seu consumo (Figura 19).

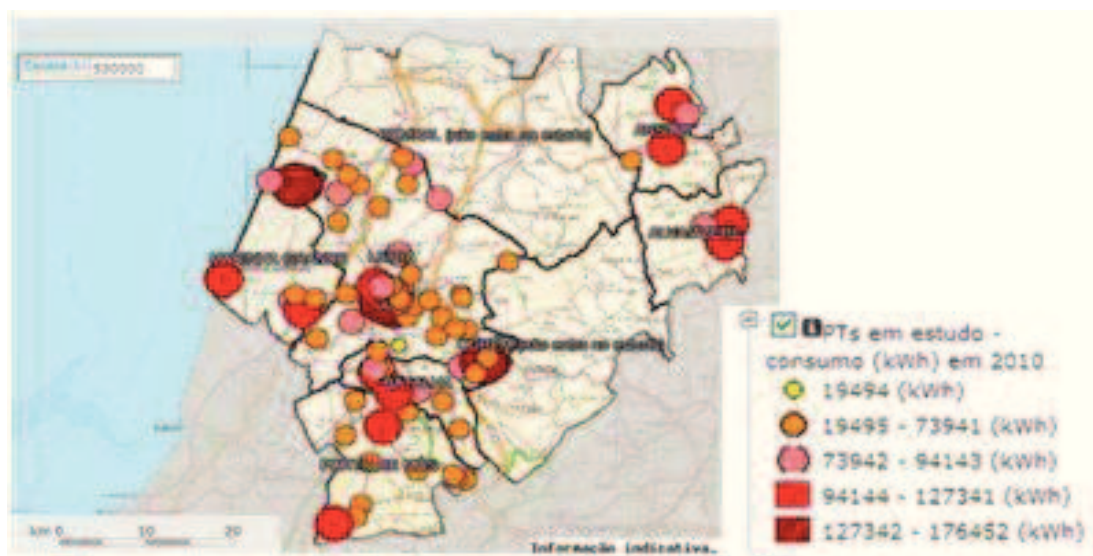


Figura 19 - PTs em estudo e sua classificação pelo consumo (kWh) relativo ao ano 2010 (Imagem retirada do Geoportal da Enerdura)

4.4 Trabalho de campo

Na terceira fase do projeto, foi necessário proceder ao trabalho de campo, em que foi essencial a aquisição de equipamentos gerais e específicos.

↳ Equipamentos gerais:

- ✓ Computador portátil – Registo digital dos resultados;
- ✓ Veículo (automóvel) – Deslocação para os locais em análise;
- ✓ Coletes refletivos – Visibilidade e identificação dos técnicos;
- ✓ Máquina Fotográfica – Registo fotográfico das tipologias de candeeiros.

↳ Equipamentos específicos:

- ✓ Medidor de laser para a determinação da altura e distância entre as luminárias;
- ✓ Luxímetro [*Light meter pocket; modelo: LX – 101; Gama de medição 0 a 50,000Lux ou equivalente*] – Determinação do nível de iluminação.

Para registo das luminárias foi utilizado o Programa Quantum Gis 1.7.0, onde por cada luminária era introduzido alguns dados (Figura 20) com o objetivo de as caracterizar uma a uma, escolhendo na maioria dos campos algumas opções, anteriormente preparadas (Anexo 2).

Field	Value
gid	4395
data_visit	2011-11-28
localiz	Rua Coronel Teles Sampaio Rio
n_pt	NULL
descricao	145
id_poste	LRA_LRA_145
tipo_lumin	17
tipo_lamp	vapor de sódio tubular
n_lampadas	1
cor_lampad	amarela
est_lamp	Ligada
manutencao	M
ref_foto	NULL
observ	NULL
altura	7.3
larg_via	6.3
distancia_	0
poste_ref	0
tip_via	M3
observacao	NULL
tip_pavi	ME
tip_envol	Out
obs_envolv	habitação e comércio
c_envolve	C

Field	Value
c_envolve	C
cond_atm	CL
p1_5pt	0
p2_5pt	0
p3_5pt	0
p4_5pt	0
p5_5pt	0
med_5pt	0
obs_5pt	NULL
p1_9pt	36.1
p2_9pt	44.9
p3_9pt	57.6
p4_9pt	57.3
p5_9pt	70.9
p6_9pt	97
p7_9pt	44.5
p8_9pt	50.1
p9_9pt	58.8
med_9pt	0
obs_9pt	realizado por baixo do candeeiro (distância considerada de 15m)
obs_geral	NULL
luminancia	57.3
area_influ	0
correccoes	NULL

Figura 20 - Janela de caracterização de uma luminária, à direita a primeira parte da janela e à esquerda a segunda parte. (Imagens retiradas do Programa Quantum Gis)

O trabalho de campo foi dividido em algumas etapas, como se apresenta de seguida:

- ✓ 1ª etapa – Verificação das luminárias ligadas ao PT e dos PTs em volta;
- ✓ 2ª etapa – Georreferenciação luminária a luminária com introdução de algumas características a observar durante o dia, registando, caso necessário, com fotos;
- ✓ 3ª etapa – Segunda passagem, de noite, com o objetivo de introduzir as restantes características e realizar as medições das iluminâncias.

4.5 Caracterização das luminárias georreferenciadas

Ao longo deste estágio foram registadas 7839 candeeiros, que foram classificadas em 69 tipos de luminárias (Anexo 3), em que os tipos de luminárias mais encontradas foram os representados no gráfico abaixo (Gráfico 3).

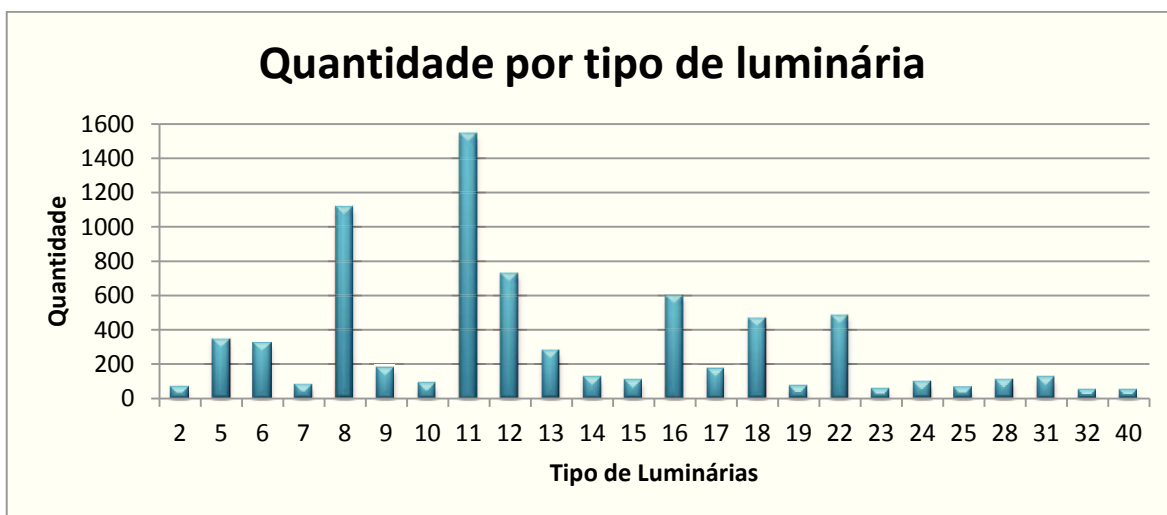


Gráfico 3 - Número global de luminárias registadas por tipo de luminária

Pelo gráfico verifica-se que os tipos de luminárias mais encontradas foram o tipo 11, o tipo 8 e o tipo 12, representados nas imagens abaixo.



Tipo 8



Tipo 11



Tipo 12

Uma das características registadas, que é muito importante para caracterizar a IP existente, é os tipos de lâmpadas mais utilizados, pois cada vez mais se pretende uma IP eficiente e amiga do ambiente.

Tal como as luminárias, também foram observados vários tipos de lâmpadas, como se apresenta no Gráfico 4. Neste gráfico encontram-se situações como a categoria “A seleccionar” que significa que as lâmpadas estavam danificadas ou não acendiam, não sendo possível diferenciar qual o seu tipo, pois as lâmpadas de vapor de mercúrio e de vapor de sódio ovoide eram muito difíceis de distinguir.

Neste mesmo gráfico também se observam três categorias com dois tipos de lâmpadas, que representam situações em que um candeeiro contém mais que uma luminária/lâmpada. Para além das situações referidas, também foram registados 49 candeeiros de LED, em que 42 luminárias continham 70 LEDs cada uma (Batalha), 6 luminárias continham 140 LEDs cada uma (Batalha), e 1 luminária continha 32 LEDs (Alvados).

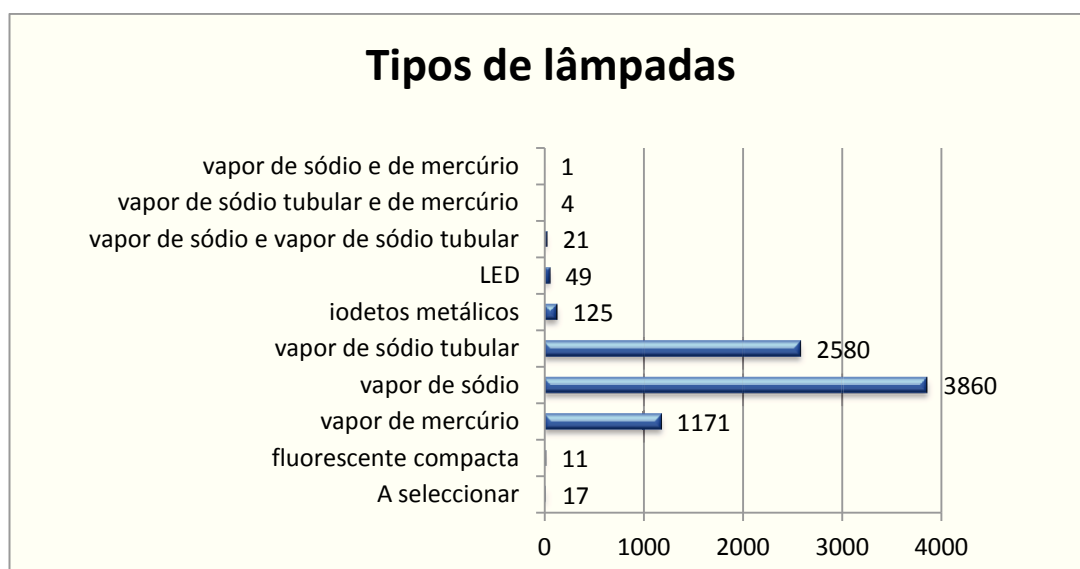


Gráfico 4 - Tipos de lâmpadas encontradas em campo

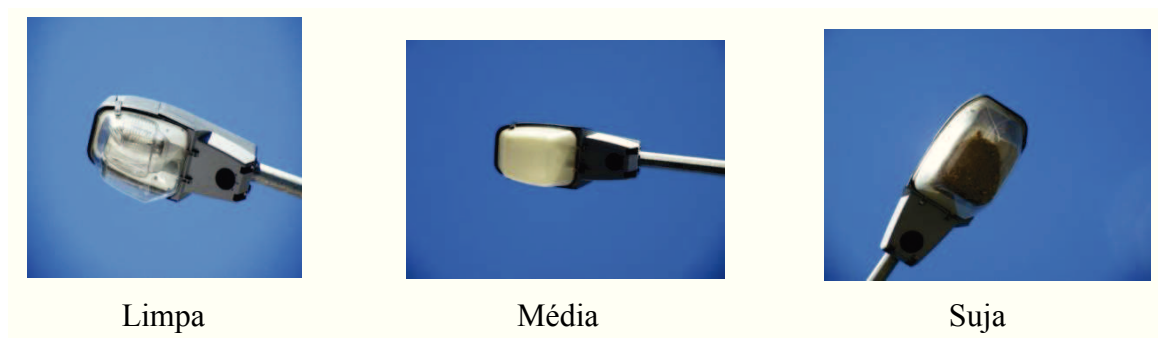
Entre os tipos de luminárias mais encontradas (Tipo 8, Tipo 11 e Tipo 12) verificou-se que a luminárias do Tipo 8 continha na maioria lâmpadas do tipo vapor de sódio tubular, e em um pouco menor número lâmpadas de vapor de sódio ovoide, mas ainda foram encontradas apenas duas vezes lâmpadas de vapor de mercúrio.

Para o Tipo 11, na maioria das luminárias encontrou-se lâmpadas do tipo de vapor de sódio ovoide e algumas de vapor de sódio tubular, mas também se encontraram 21 lâmpadas de vapor de mercúrio.

Acerca do Tipo 12, encontrou-se 8 lâmpadas de mercúrio, mas essencialmente estas continham lâmpadas de vapor de sódio ovoide e algumas de vapor de sódio tubular.

Apesar das lâmpadas de vapor de mercúrio estarem a sair de circulação ainda se encontram muitas nas redes existentes, associadas às luminárias do Tipo 13, Tipo 14 e Tipo 16.

Ainda dentro da caracterização das luminárias e das lâmpadas, temos a sua manutenção, que foi classificada em três termos, ou seja, limpa, média ou suja, tal como se apresenta nas imagens a baixo, e no Anexo 4 (mais exemplos).



No Gráfico 5 estão representadas todas as luminárias classificadas de acordo com as imagens anteriores, onde se verifica que só 18% das luminárias (1382 luminárias) é que se encontram em bom estado de manutenção. Além destas, com uma percentagem equivalente, cerca de 17% (1361 luminárias), encontram as luminárias classificadas como sujas, muitas vezes derivado a estarem partidas ou mal tratadas. Assim, como 65% das luminárias (5089 luminárias) foram classificadas como médias, pode-se constatar que as luminárias em estudo têm tido uma razoável manutenção.

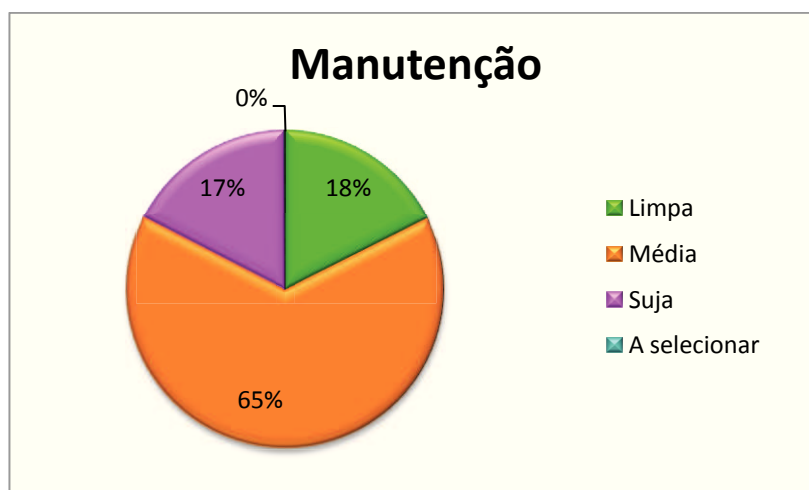


Gráfico 5 - Manutenção das luminárias georreferenciadas

Apesar da manutenção ser um aspeto importante para uma melhor eficiência da IP, por vezes foram encontradas luminárias em bom estado, ou seja manutenção limpa, mas que por alguma outra razão encontravam-se apagadas. Também foram verificadas outras situações tais como luminárias em mau estado, em que as lâmpadas acendiam, logo a seguir apagavam e por vezes não ligavam mais.

Mas, como representado no Gráfico 6, pode verificar-se que essa percentagem é mínima, resumindo-se a 488 lâmpadas Assim, conclui-se que dentro do universo estudado quase todas as lâmpadas, 91%, encontravam-se ligadas.

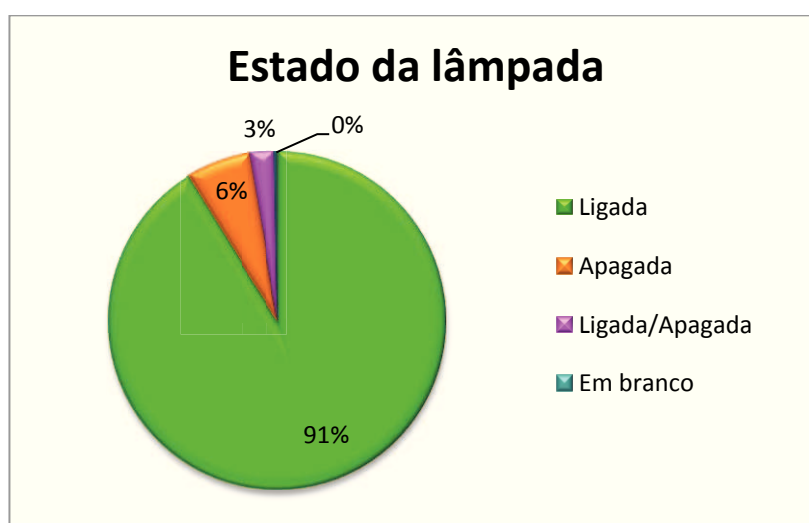


Gráfico 6 - Estado das lâmpadas georreferenciadas

Utilizando os dados das 488 lâmpadas apagadas, representou-se no Gráfico 7 qual a sua localização relativamente ao tipo de via, obtendo-se que estas estavam localizadas em vias com pouco movimento (O4) e outras opções, como é o caso das vias pedonais, dos adros da igreja e dos jardins ou praças.

Relativamente à localização de todas as luminárias georreferenciadas, através do Gráfico 8 demonstra-se que cerca de 50% das luminárias encontram-se em vias com pouco movimento (O4), cerca de 14% encontra-se em vias com muito movimento (O5) e cerca de 11% encontra-se em outras situações, como se podem consultar alguns exemplos no Anexo 2.

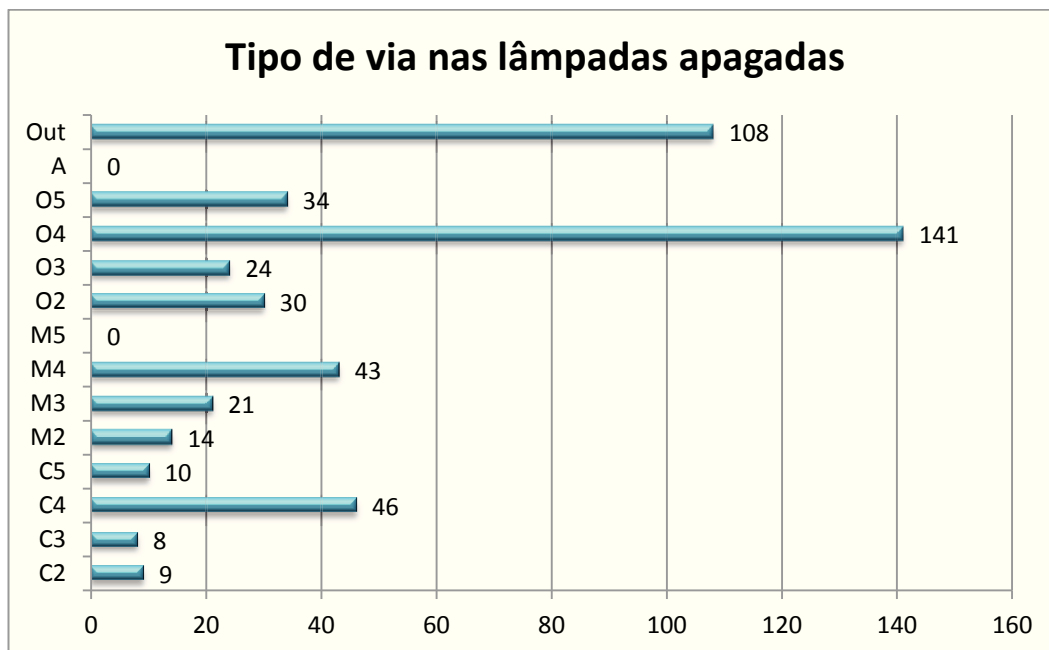


Gráfico 7 - Tipos de via relativamente às luminárias apagadas

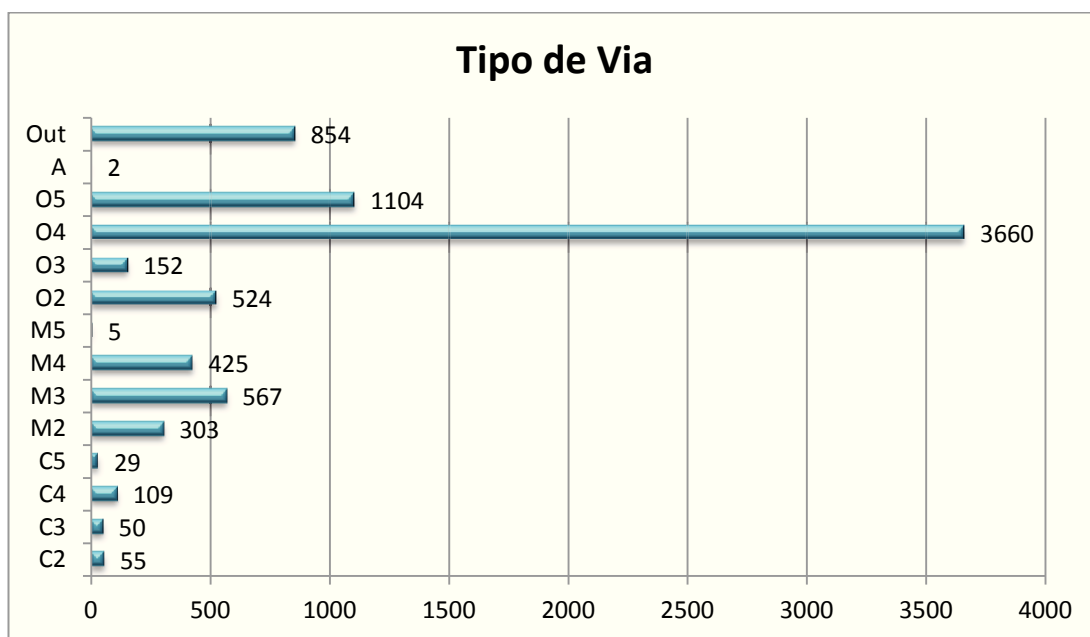


Gráfico 8 - Tipos de via das luminárias georreferenciadas

Dois dos parâmetros importantes para a caracterização da localização das luminárias, para além do tipo de via, são o tipo de pavimento, assim como a caracterização da envolvente e o tipo de envolvente.

No Gráfico 9 encontra-se a relação entre o Tipo de pavimento e a Caracterização da envolvente, que foram classificados do mesmo modo.

Observando o gráfico, verifica-se que ambientes claros existem em minoria, pois o pavimento claro, assim como a envolvente clara, acontecia em locais urbanos onde se situavam prédios calçadas claras. Relativamente ao tipo de pavimento, a maioria era considerado médio escuro devido a ser alcatrão.

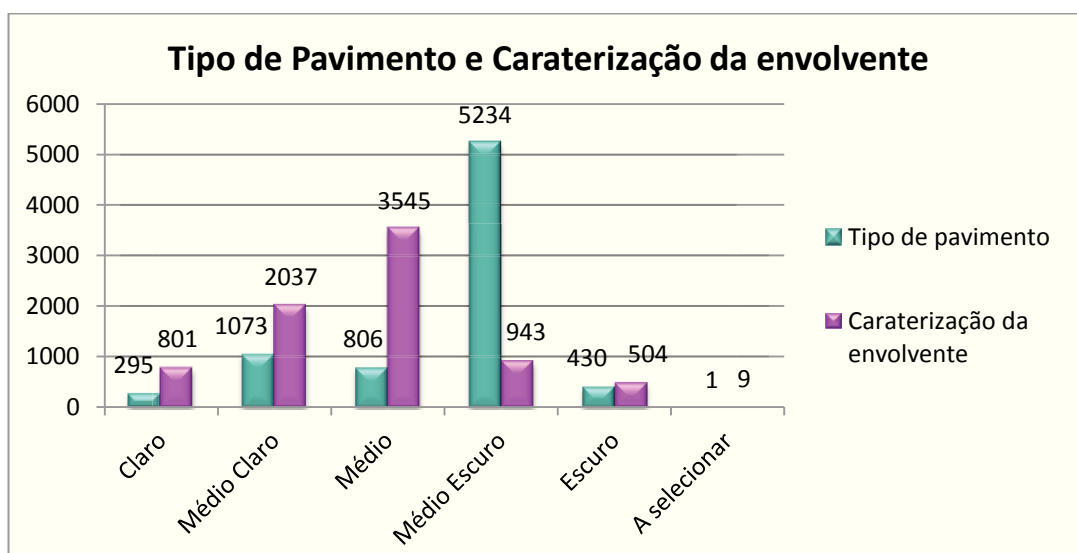


Gráfico 9 - Tipo de pavimento e caracterização da envolvente das luminárias georreferenciadas

Por último, era caracterizada a envolvente em relação ao seu tipo, ou seja, era registado a envolvente de cada luminária, uma a uma. Assim, pelo Gráfico 10, constata-se que a maioria das luminárias esteve a sua envolvente classificada como outra, como se apresenta algumas opções no Anexo 2. Só 25% das luminárias (1983 luminárias) é que foi encontrada entre habitações e 13% das luminárias (999 luminárias) situavam-se em zonas verdes, tais como campos, caminhos de acessos a terrenos, entre outros (Anexo2).

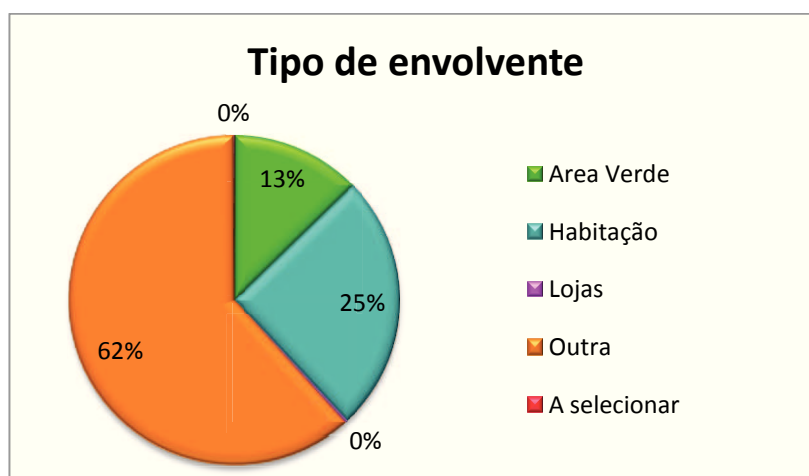


Gráfico 10 - Tipo de envolvente das luminárias georreferenciadas

Na 3ª etapa do trabalho de campo, eram medidas as luminâncias, as quais tinham influência das condições atmosféricas. Assim durante a medição, uma das características registadas era o estado do tempo (Gráfico 11), verificando-se que, a maioria, foram medidas com o céu limpo, podendo considerar-se como boas medições. Mas também houve dias em que o céu estava nublado (899 luminárias) e outros em que estava a chover (171 luminárias), dificultando as medições, e conseqüentemente os valores obtidos.

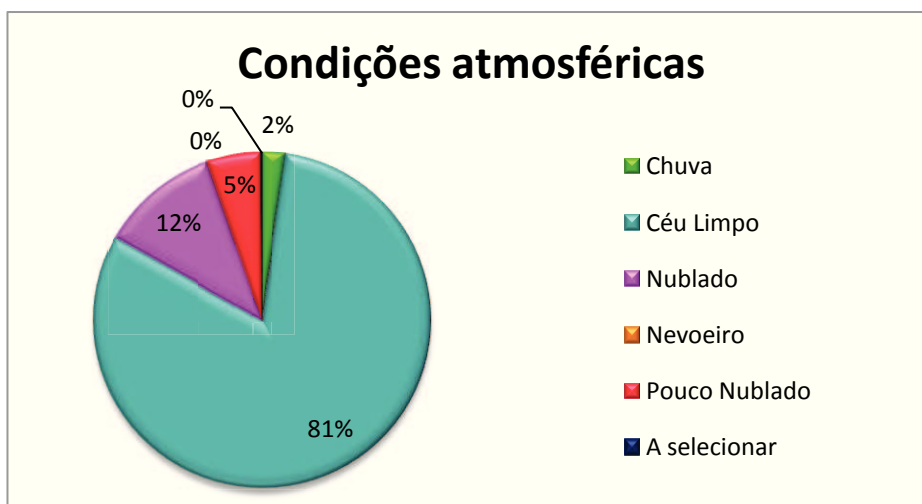


Gráfico 11 - Condições atmosféricas durante as medições de luminâncias

4.5.1 Situações irregulares

Foram encontradas algumas situações de iluminação ineficiente como é o caso da Figura 21, onde se encontrava um poste junto ao tronco de uma árvore, em que a luminária estava tapada pelos ramos da árvore.



Figura 21 - Poste junto ao tronco de uma árvore

Também foram encontradas situações mais perigosas, como é o caso da Figura 23, onde se encontram os fios e o disjuntor à vista de todos, a acessível a qualquer criança ou a qualquer adulto. Outra situação é o caso da Figura 22, onde o globo se encontra partido, expondo a lâmpada e todos os outros componentes a situações climáticas mais intensas.



Figura 23 - Poste de luminária sem tampa



Figura 22 - Globo partido

Por último, encontramos situações em que as luminárias não estavam a fazer nada, como é o caso da Figura 24, onde se encontrava uma urbanização por desenvolver que apresentava cinco ruas semelhantes à foto a baixo. Uma situação semelhante é o caso da Figura 25, onde estavam à venda lotes para construção, já com a iluminação ligada, que na maioria dos locais se encontrava coberta de arbustos, ou canas como é o caso. Outras situações semelhantes estão mencionadas e demonstradas em fotos no Anexo 4.



Figura 24 - Urbanização por desenvolver



Figura 25 - Luminária do tipo globo tapada por canas

5 Caso de Estudo

Utilizando os dados dos PTs situados na cidade de Leiria, foi selecionado um PT georreferenciado que tivesse como localização o centro da cidade, com o objetivo de calcular o potencial de poupança, aplicando vários cenários e, posteriormente, extrapolar essa poupança para a cidade de Leiria, de modo a visualizar a diminuição de custos com a IP.

5.1 Informação do PT e tratamento dos dados georreferenciados

5.1.1 Informação e Localização

. Assim, o PT escolhido situa-se na Avenida Heróis de Angola, em Leiria, e denomina-se de 947 IP. As suas características mais detalhadas são:

- ✓ Tipo de instalação: Posto de transformação com seccionamento
- ✓ Tensão: 15 kV
- ✓ Potência instalada: 400 kVA
- ✓ Coordenadas (x,y): -8.80578504617, 39.7457108346
- ✓ Consumo IP 2009: 43865 kWh
- ✓ Consumo IP 2010: 70560 kWh
- ✓ Custo 2009: 4182,00 €
- ✓ Custo 2010: 7295,00 €

Na Figura 26 e na Figura 27 pode-se perceber melhor a localização concreta do PT, assim como todas as posições das luminárias a ele ligadas.



Figura 26 - Esquema da distribuição das luminárias do PT 947 IP (Imagem retirada do Geoportal)

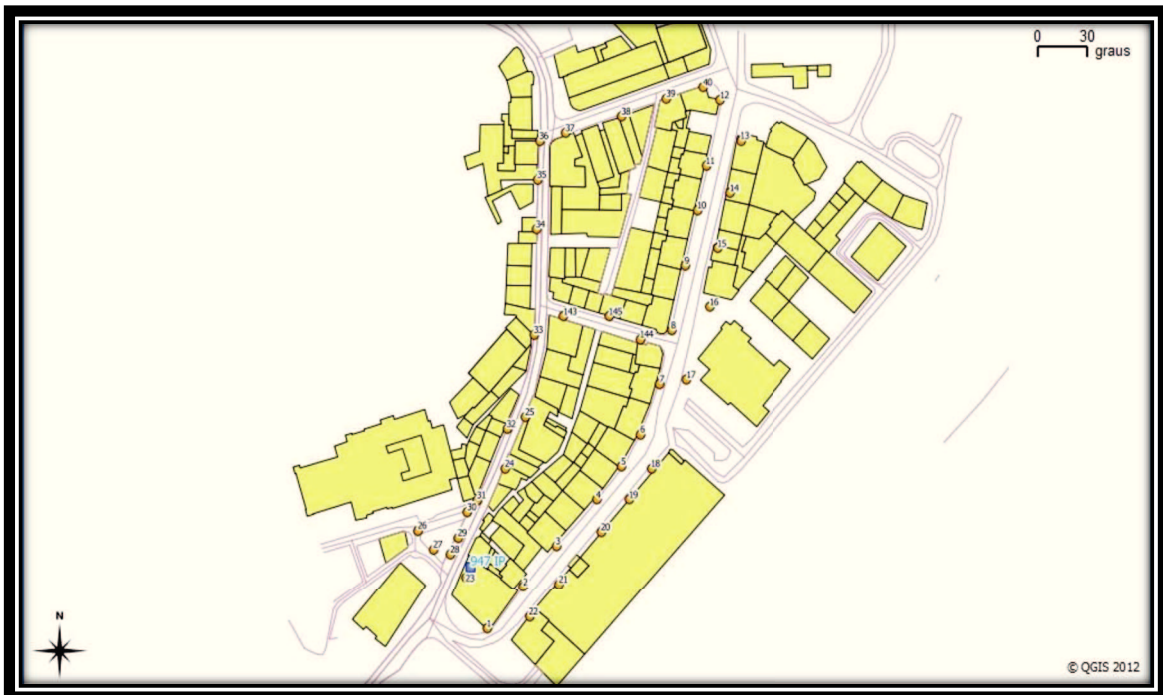


Figura 27 - Planta das ruas pertencentes ao PT com a localização das luminárias (Imagem retirada do Programa Quantum Gis)

5.1.2 Caracterização dos dados registados

Foram registadas 44 luminárias (Figura 26 e Figura 27) com dois tipos de lâmpadas, vapor de sódio ovoide e vapor sódio tubular (Gráfico 12), das quais 42 luminárias estavam ligadas, 1 luminária encontrava-se a ligar e a apagar, e 1 luminária estava apagada.

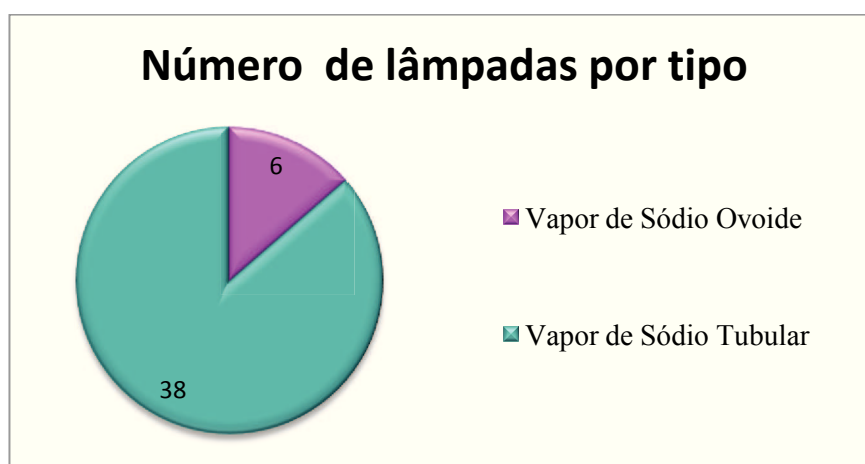


Gráfico 12 - Número de lâmpadas registadas no PT em função do seu tipo

No Gráfico 13 está representado o número de luminárias pertencentes ao PT escolhido, segundo a sua classificação, verificando-se que as lâmpadas predominantes são as de vapor de sódio tubular.

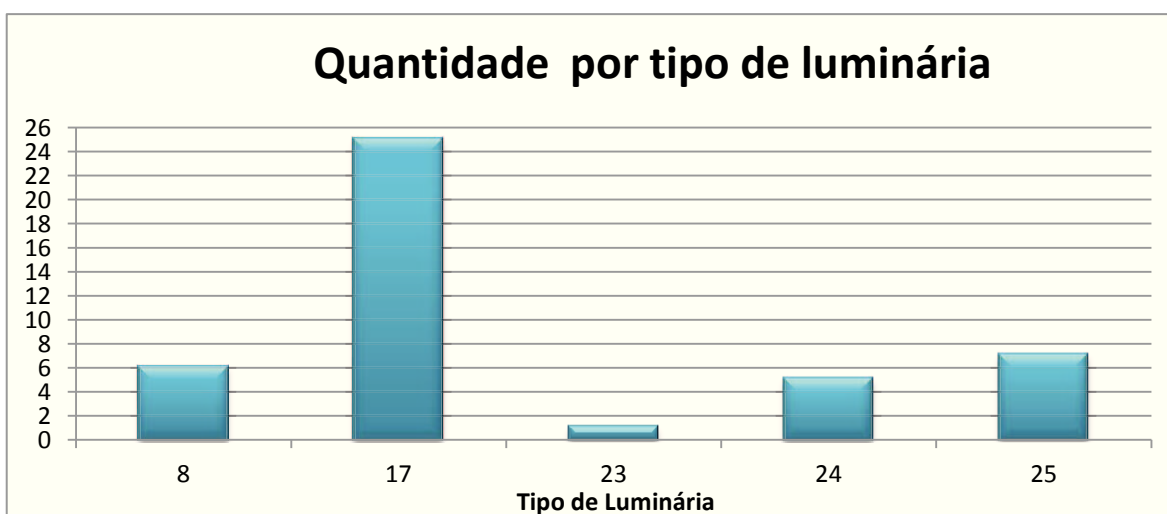


Gráfico 13 - Número de luminárias registadas no PT em função do tipo de luminária

Este PT, apesar de estar situado na Avenida Heróis de Angola tem luminárias em mais quatro ruas como se pode verificar pelo Gráfico 14, que representa o número de luminárias existente por rua.

Uma das características registadas era a sua manutenção, como exemplificado no Anexo 2. No PT escolhido, a maioria das luminárias encontrava-se com uma classificação de média manutenção, e algumas com classificação de sujas (Gráfico 15).

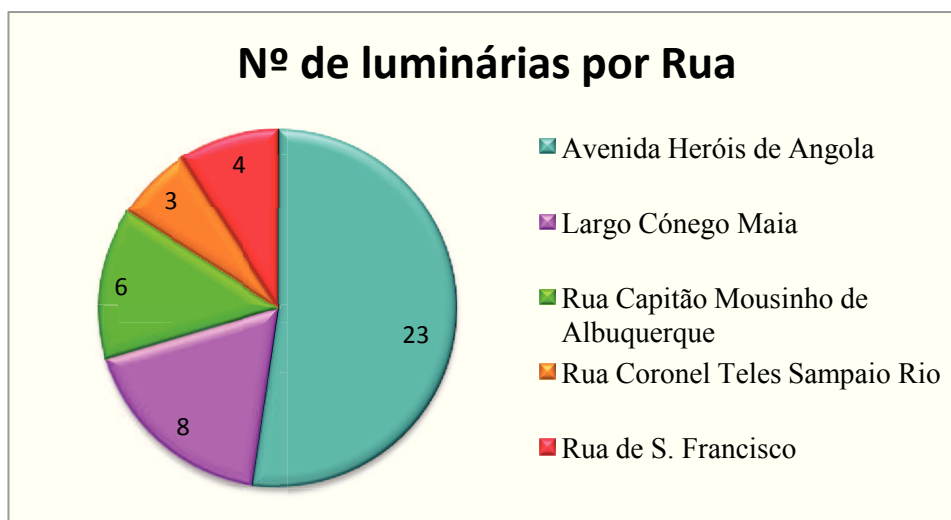


Gráfico 14 - Número de luminárias registadas no PT em função do nome da rua

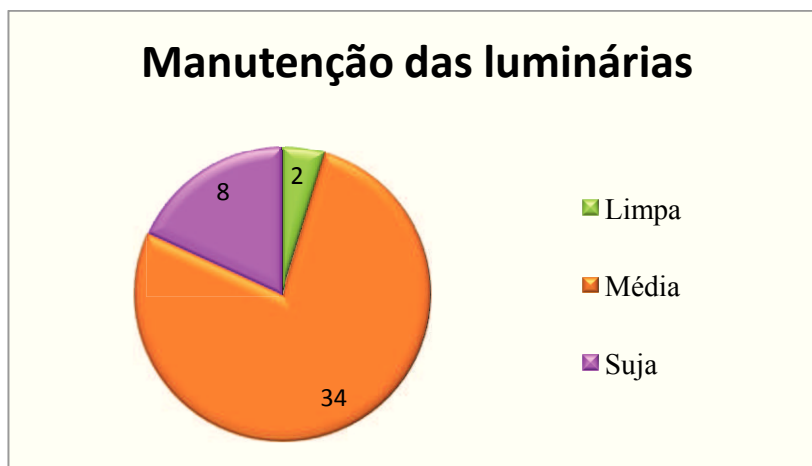


Gráfico 15 - Manutenção das luminárias registadas no PT

Neste PT foram encontrados quatro tipos de via (Gráfico 16), sendo que a maioria das luminárias encontravam-se numa via urbana com muito movimento. Após as medições entre postes (Gráfico 17) e as medições de largura de via (Gráfico 18), verificou-se que as medidas não são concordantes, e que em apenas 44 postes existem apenas seis que se encontram a 30m de distância entre si. O mesmo acontece com as larguras de via, pois temos vias de duas faixas, vias de três faixas e vias de duas faixas com estacionamento.

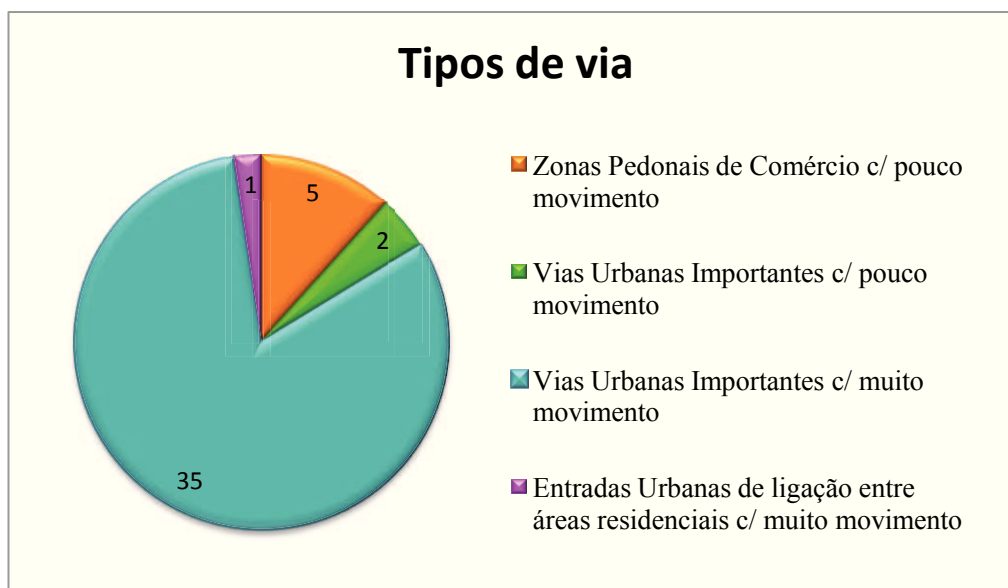


Gráfico 16 - Classificação dos tipos de via associados à localização das luminárias

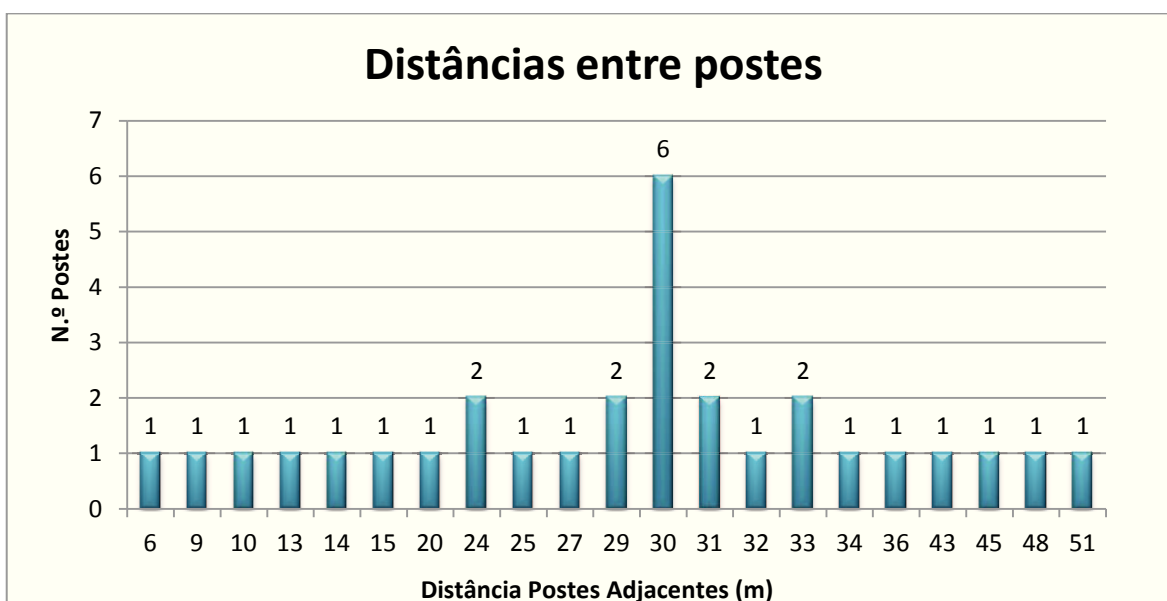


Gráfico 17 - Número de vezes que se repete a distância entre postes

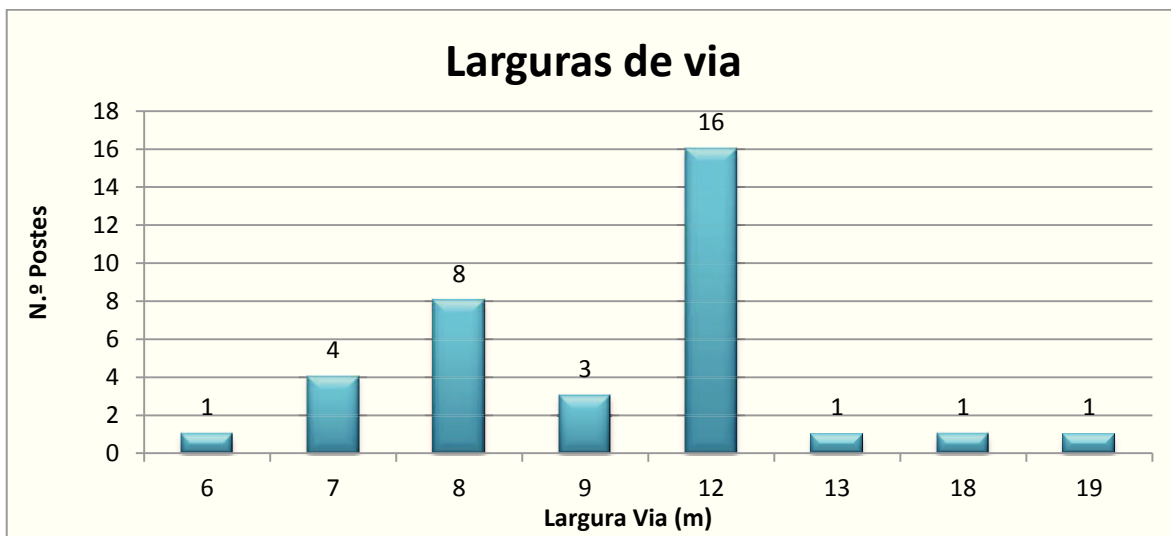


Gráfico 18 - Número de vezes que se repete a largura de via em cada poste

Na terceira etapa do trabalho de campo foram realizadas as medições do fluxo luminoso, obtendo valores de iluminância por baixo do poste desde os 12,9 lux até aos 143,5 lux.

5.1.3 Fotos relacionadas com os dados georreferenciados

As luminárias na rua Heróis de Angola encontram-se dispostas de forma bilateral alternada (Figura 28 e Figura 29), já nas restantes ruas apresentam-se suspensas nos prédios de forma irregular (Figura 31) ou um poste com dois braços (Figura 30).



Figura 29 - Fim da Av. Heróis de Angola



Figura 28 - Início da Av. Heróis de Angola



Figura 30 - Único poste com 2 braços



Figura 31 - Luminária suspensa no prédio

O PT (Figura 33) apesar das luminárias apresentadas nas imagens anteriores também tinha luminárias de decoração como é o caso da luminária da Figura 32.



Figura 33 - O PT

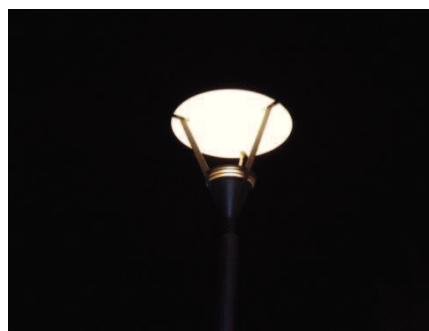


Figura 32 - Luminária de decoração

5.2 Aplicação de equipamentos de controlo ao PT em estudo

Nesta secção consideraram-se três cenários, sendo estes: um cenário já existente (cenário base), de seguida um cenário em que se implemente um sistema de controlo no PT (centralizado – cenário A), e por último um cenário em que se implemente um sistema de telegestão (individualizado – cenário B).

5.2.1 Cenário Base

Visto que todos os PTs georreferenciados na cidade de Leiria continham relógio astronómico e fotocélulas, considerou-se este cenário como o cenário base. Neste cenário, quando a fotocélula dá sinal para as lâmpadas ligarem, devido à intensidade luminosa ser baixa, se ainda não estiver na hora programada pelo relógio, as luminárias não irão ligar. Assim sendo, mesmo que o dia esteja mais cinzento o PT só irá ligar quando tiver sinal de ambos os aparelhos.

Neste cenário admitiu-se que as luminárias contém balastros ferromagnéticos e estão ligadas durante 12h por dia, utilizando-se o valor do consumo do PT em estudo no ano de 2010 que foi de 70560 kWh, tendo um custo associado de 7295,00€ e 33163,2 Kg CO₂ de emissões.

5.2.2 Cenário A

Neste cenário pretende-se implementar um sistema no próprio PT, sem qualquer outra alteração, que terá como função reduzir a intensidade luminosa das 00h até as 06h, e consequentemente a redução do consumo de energia.

O equipamento que se pretende utilizar é o armário de regulação de fluxo, descrito na secção 3.3.2, que tem um custo de 7600,00€.

Partindo do pressuposto que este trabalha 6h com o fluxo luminoso a 100% e as restantes 6h com o fluxo luminoso a 65%, irá haver uma redução de 18% do consumo de energia consumida, correspondendo a 4905,2 kWh e uma emissão de 28390,2 Kg CO₂.

Comparando estes valores com os valores do cenário base verifica-se uma diminuição nas emissões, assim como no consumo de energia, logo também terá uma redução no custo com a IP, ou seja aplicando este equipamento o consumo energético será de 5981,9€ provocando uma poupança anual de 1313,10€.

Fazendo o *payback* simples da instalação deste equipamento verifica-se que em 5,8 anos este está pago, caso o preço de energia por kWh se mantenha.

5.2.3 Cenário B

Neste cenário pretende-se instalar o sistema de telegestão PLC descrito na secção 3.3.3., ou seja, um sistema que é implementado poste a poste, em que cada poste é controlado através de um TSU que é comandado remotamente por um *software*.

Este equipamento tem um custo do armário de 3000,00€ e de 130,00€ por cada TSU a instalar por luminária, resultando num total de 8720,00€.

Considerando que o sistema provoca uma redução de 50% do consumo energético, o consumo de energia associado ao PT em estudo seria de 35380,0 kWh correspondendo a um custo de 3647,5€ e, conseqüentemente a 16581,6 Kg CO₂ de emissões.

Com resultados da implementação deste sistema com os valores do cenário base, verifica-se uma poupança anual de 3647,50€ e um retorno do investimento em 2,4 anos.

Nestes cálculos não estão a ser contabilizados a redução dos custos de manutenção, pois são necessárias muito menos visitas ao local e menos trocas de lâmpadas, mas também não estão contabilizadas as trocas dos balastros ferromagnéticos pelos balastros eletrónicos, essenciais para que o sistema funcione.

5.3 Extrapolação para a cidade de Leiria

Na cidade de Leiria existem 104 PTs com uma tensão de 15 kV, dos quais 98 são Postos de Transformação com Seccionamento (PTS).

Estes têm variadas potências instaladas, de acordo com o número de luminárias que alimentam, que vão desde os 160 kVA até 1430 kVA, verificando-se que a maioria dos PTs tem potências de 630 kVA e de 400kVA (Gráfico 19).

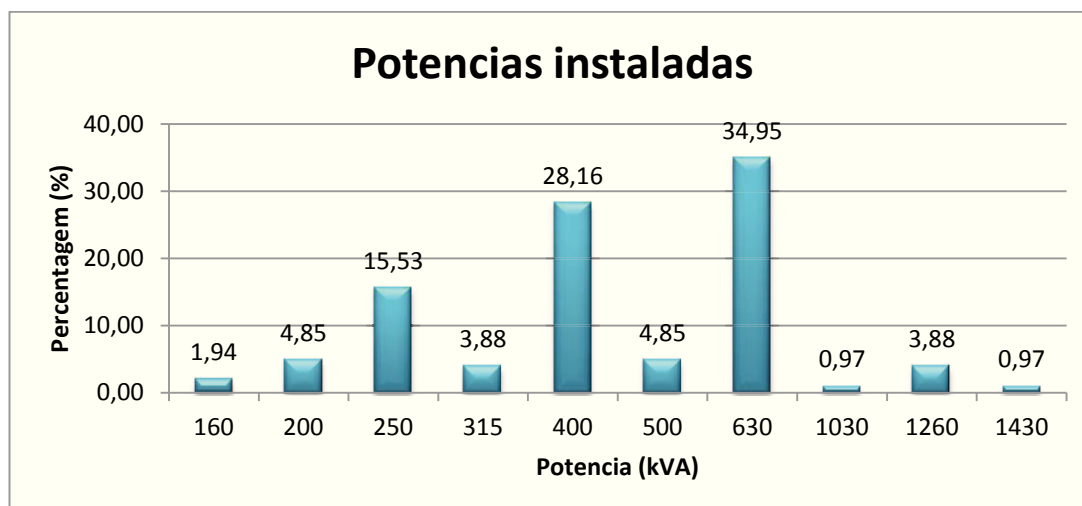


Gráfico 19 - Potências instaladas nos PTs na cidade de Leiria

Utilizando os dados dos consumos de IP e dos custos com a mesma, nos anos de 2009 e 2010, para a cidade de Leiria, obteve quais as emissões de CO₂ correspondentes como se verifica-se na Tabela 18:

Tabela 18 - Custos e consumos na cidade de Leiria para 2009 e 2010

Custos (€)		Consumos (kWh)		Emissões (ton CO ₂)	
2009	2010	2009	2010	2009	2010
293288	292945	3076217	2834645	144,58	133,13

Estes consumos enquadram-se no cenário base, pois todos os PTs na cidade de Leiria contêm relógio e fotocélula.

Visto que a maioria dos PTs tem potências instaladas compreendidas entre os 400 kVA e os 630 kVA, admite-se os mesmos pressupostos utilizados nos cenários A e B e aplicados ao PT em estudo.

Assim, admite-se também que todas as lâmpadas na cidade de Leiria são de VSAP e que as suas potências também são equivalentes.

Os dez PTs georreferenciados na cidade de Leiria têm um total de 460 luminárias, fazendo uma estimativa para os 104 PTs existentes na cidade, considera-se um total de 4700 luminárias.

Para os dados de consumo energético de 2010, caso fossem aplicados em todos os PTs na cidade de Leiria os equipamentos de redução de fluxo luminoso utilizados no cenário A e no cenário B, obteve os dados apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 - Comparação entre o cenário A e B aplicados à cidade de Leiria

	Cenário A	Cenário B
Redução (%)	18	50
Consumo de energia (kWh)	2324408,9	1417322,5
Custo energético (€)	240214,9	146472,50
Emissões (ton CO₂)	109,24722	66,61416
Custo do equipamento (€)	790400,00	923000,00
Poupança anual (€)	52730,10	146472,50
Payback (anos)	15	4,2

Pela tabela anterior é possível verificar que a instalação de sistemas de telegestão, em toda a cidade de Leiria, iria ser vantajosa, apesar do elevado investimento inicial. Apesar de todas as alterações necessárias de lâmpadas e balastros, que foram contabilizadas nos cálculos, um sistema destes iria proporcionar a vida urbana muito mais cómoda e eficiente.

6 Conclusões e Sugestões

De um modo geral, os objetivos definidos para este trabalho foram atingidos, apesar das dificuldades de obtenção de alguns dados sobre os sistemas de regulação de fluxo luminoso, para realização dos cálculos de poupança energética após a aplicação destes equipamentos na iluminação pública já existente.

A IP está de fato presente na vida de todos os cidadãos, apesar da maioria deles desconhecer os seus detalhes assim como o seu funcionamento, pois estes só se sentem incomodados ao transitarem por uma rua sem iluminação adequada.

Este trabalho apresenta alguma informação sobre os sistemas de IP. Apesar do vasto leque existente de informação sobre a IP, foi necessário limitar o estudo apenas aos sistemas mais comuns nos dias que correm. O tema que de início parece simples, revela-se com uma enorme gama e detalhes de tecnologias que torna complicado direcionar o estudo de modo a apresentar uma amostra representativa da IP existente, assim como das tecnologias de regulação de fluxo existente.

A eficiência energética na IP está a ser cada vez mais considerada como fundamental, para ser possível atingir-se os objetivos impostos a nível europeu. Existem já instalações que visam melhorar a eficiência energética, associadas a uma redução nos consumos, contribuindo para a obtenção de uma poupança energética significativa.

No que diz respeito à IP, as medidas a adotar devem englobar a utilização de equipamentos e soluções mais eficientes que proporcionem a obtenção de uma melhoria da eficiência energética das instalações, tais como a instalação de reguladores de fluxo luminoso, a substituição de luminárias ineficientes (ou com mais de 10 anos de utilização), a substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio por fontes de luz mais eficientes, a instalação de tecnologias de controlo, gestão e monitorização. Uma instalação de IP está sujeita ao cumprimento de determinadas normas, nomeadamente a EN 13201, que determina a classificação da classe de iluminação da via mediante a caracterização dos seus parâmetros.

O PNAEE refere a substituição total das lâmpadas de vapor de mercúrio até 2015, a substituição de globos por equipamento com melhor capacidade de reflexão, bem como a

instalação de reguladores de fluxo e a instalação de balastro eletrónico em instalações com mais de 10 anos.

Pelo abordado no capítulo 3 pode dizer-se que existem vários tipos de lâmpadas e luminárias aplicáveis a instalações de IP. No que se refere às lâmpadas, as mais utilizadas em IP, segundo os dados georreferenciados, são as de descarga, como as de VMAP e as de VSAP. Todos os outros tipos de lâmpadas no estudo realizado em campo, são uma minoria, não sendo ainda significativas.

As lâmpadas de VMAP estão a ser substituídas de modo faseado por lâmpadas VSAP, que proporcionam melhores características de iluminação aliadas a um menor consumo, e previsivelmente à obtenção de maior luminância, bem como um período de manutenção mais alargado (3 a 4 anos, ao contrário dos 2 anos das lâmpadas de vapor de mercúrio).

As lâmpadas de VSAP são, portanto, as mais utilizadas em IP, devido às vantagens que apresentam em relação às lâmpadas de vapor de mercúrio, também a nível ambiental.

Relativamente às luminárias, o objetivo primordial é otimizar a utilização de um determinado tipo de lâmpada. Os principais componentes que constituem uma luminária são o suporte das lâmpadas, o corpo da luminária, o órgão de fixação da luminária, os dispositivos de regulação e o sistema ótico, como os refletores, os refratores e os difusores.

A questão da manutenção é igualmente importante, visto que, caso não seja corretamente programada, pode contribuir para um subaproveitamento da eficiência da instalação, associado a um consumo de energia constante. Esta questão é muitas vezes desprezada, mas, na verdade, a inadequada manutenção é responsável por parte do desperdício de energia elétrica nas luminárias.

O proveito máximo que é possível obter numa instalação de IP ocorre mediante a utilização de um equipamento auxiliar eficiente, como o caso do armário de regulação de fluxo, com função de regulação de fluxo luminoso das lâmpadas. A regulação de fluxo luminoso permite a redução do fluxo nas horas em que o fluxo de tráfego é substancialmente inferior, não sendo necessário ter-se a iluminação na potência total. Como vantagens, tem-se, naturalmente, uma redução nos consumos e, conseqüentemente, nos custos associados, e também um aumento do tempo de vida da lâmpada, que se traduz numa diminuição das emissões de CO₂.

O conceito de telegestão associado a uma instalação de IP possibilita a monitorização em tempo real das características de cada lâmpada, o que possibilita saber

quando uma lâmpada está na eminência de falhar, sendo possível substituí-la mesmo antes de a falha ocorrer. A implementação deste sistema à cidade de Leiria, cenário B, acarreta um investimento inicial mais elevado, mas o retorno do investimento atinge-se relativamente cedo, entre 4 a 5 anos, tendo em consideração as vantagens que proporciona. Esta tecnologia também funciona com o efeito regulação de fluxo, mas neste caso remotamente, que proporciona um aumento do tempo de vida das lâmpadas e redução dos custos de manutenção.

Relativamente à cidade de Leiria, para o caso da substituição do sistema existente (cenário base) para um sistema de armário de regulação de fluxo (cenário A) as poupanças anuais seriam de 52730,10 €, mas devido ao elevado investimento o seu período de retorno seria de 15 anos. Caso a solução fosse a implementação de um sistema de telegestão, as características iriam ser melhores apesar do investimento inicial ser maior, visto que as poupanças anuais seriam de 146472,50€, possibilitando um período de retorno de aproximadamente 4anos.

Os valores de poupança de emissões de CO₂ são igualmente consideráveis, havendo uma redução de 10 toneladas de CO₂ por ano no caso do cenário A, e uma redução de 65 toneladas de CO₂ por ano no caso do cenário B.

Portugal tem ainda um longo caminho a percorrer até se tornar verdadeiramente competitivo no cenário europeu. Em relação à IP, estão já a ser implementados alguns projetos-piloto que visam potencializar a eficiência dessas instalações, englobando, inclusive, a utilização de telegestão, obtendo-se uma redução considerável nos custos de manutenção, para além das vantagens já referidas.

A consciencialização para a importância da eficiência energética está a ser gradual, estando a obter-se respostas favoráveis por parte dos municípios, que passaram a considerar fundamentais os investimentos nas instalações de IP, dado que cerca de 70% da fatura municipal diz respeito aos consumos relacionados com este setor.

Para o futuro, prevê-se uma evolução constante da tecnologia, que permitirá, a médio e longo prazo, a concretização de projetos que englobam funções avançadas de controlo e supervisão da utilização da rede de IP, como é o caso da telegestão associada à utilização de reguladores de fluxo e sensores de movimento.

Perspetivam-se, assim, novos projetos, novas metas energéticas e a crescente consciencialização dos cidadãos para o uso racional de energia.

A energia reduzida em projetos de eficiência poderá ser aproveitada por novas indústrias e estabelecimentos comerciais, alimentando o ciclo de crescimento e desenvolvimento econômico do país, bem como a diminuição da compra de energia a outros países.

Não posso deixar de referir o contributo importante que este trabalho constituiu para o meu enriquecimento enquanto estudante de engenharia, não só pela aquisição de conhecimentos decorrente da realização do próprio trabalho, mas também pela oportunidade que me foi dada, na ENERDURA, de contactar com a realidade do mundo profissional, através da participação no projeto da empresa, bem como no trabalho de campo.

6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Caso sejam feitos outros trabalhos abordando o mesmo tema, seria interessante estudar a viabilidade económica da implementação destes sistemas tendo dados mais concretos e explorar o uso de outros equipamentos, e até associar a sua aplicação com a substituição das lâmpadas existentes por outras de menor consumo.

Seria também interessante a realização de um estudo sobre os níveis de iluminação ideais para vias públicas, conforme o tráfego, e comparar esses níveis com os dados medidos em campo, de modo a verificar o estado da iluminação.

Bibliografia

1. shvoong.com. *shvoong.com*. [Online] 12 de Julho de 2007. [Citação: 14 de Agosto de 2012.] <http://pt.shvoong.com/books/dictionary/1630147-tecnologias-breve-hist%C3%B3ria-da-ilumina%C3%A7%C3%A3o/#ixzz23j6DwF2C>.
2. **Lourenço, Daniel Ribau**. *Sistemas de Iluminação Pública com Gestão Inteligente de Consumo*. Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro. Aveiro : s.n., 2010. Dissertação.
3. EDP. [Online] [Citação: 14 de Agosto de 2012.] <http://www.eco.edp.pt/>.
4. **meid**. Eficiência Energética na Iluminação Pública. *Documento de Referência*. s.l. : RNAE, Janeiro de 2011.
5. Portaria n.º 454/2001. 5 de Maio de 2011.
6. Portaria n.º 437/2001. 28 de Abril de 2001.
7. Decreto-Lei n.º 230/2008. 27 de Novembro de 2008.
8. Norma Europeia. *EN13201*.
9. Diretiva n.º 245/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho. 18 de Março de 2009.
10. Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008. 1ª Série - Nº 70 s.l. : Diário da República, 20 de Maio de 2008.
11. **Lopes, Sérgio Barone**. *Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação Pública*. Instituto de Eletrotécnica e Energia. São Paulo : s.n., 2002. Dissertação.
12. *Sustentabilidade e Gestão da Iluminação Pública*. **Branco, Renato**. Abril de 2010. 3ª Jornadas Electrotécnicas. Conferência.
13. **Moreira, Vinicius de Araujo**. *Iluminação Elétrica*. 1ª edição. São Paulo : Editora Edgard Blucher LTDA., 1999.

14. **Teixeira, Armínio.** Tipos de lâmpadas. [Online] 2005. [Citação: 2 de Outubro de 2012.] http://paginas.fe.up.pt/~arminio/lumiind/Fontes_Lumin.pdf.
15. **Santos, Cristiana Raquel Aragão.** *Iluminação Pública e Sustentabilidade Energética.* Faculdade de Engenharia , Universidade do Porto. Porto : s.n., 2011. Dissertação.
16. **Dambiski, Leandro Prevedello.** *Aplicação do Programa Nacional de Iluminação Pública.* Departamento de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba : s.n., 2007. Dissertação.
17. **Teixeira, Armínio.** Iluminação Pública - Armaduras de Iluminação Pública. [Online] 2003. [Citação: 2 de Outubro de 2012.] https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:sqV03lCxiiYJ:paginas.fe.up.pt/~arminio/lumiind/ArmIIPub.pdf+&hl=pt-PT&gl=pt&pid=bl&srcid=ADGEESiKzyuYbLd0b1BmZp3y62BT_OU07PX-tw5v4sCe10UOF8d1KiJkyRNFAKIYgZ7jmRQqSaR3Wffl6D4DKiT-9VSr68KRTZpzBm4wcDIYIP_InNCB2-GaATZ.
18. **Teixeira, Armínio.** Iluminação Pública - Disposição das armaduras. [Online] 2003. [Citação: 2 de Outubro de 2012.] <https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:6uKDtZq6-I0J:paginas.fe.up.pt/~arminio/lumiind/DispArm.pdf+&hl=pt-PT&gl=pt&pid=bl&srcid=ADGEESjIF2lzcdpznOYfRg6lQFlqsW7PjWS1qMZdcVzF1m-nj9of4gOBRnQzlZnBYDEQ4-jgyyEkeuwtJncjHU-CAiITv2GkNHf9YDvaoUi4WBK5CxMxifbE71vS>.
19. **(ISEP), Catarina Silva e Custódio Dias - Dep. de Engenharia Electrotécnica (DEE) do Instituto Superior de Engenharia do Porto.** Voltimum. *O Eletricista.* [Online] [Citação: 23 de Outubro de 2012.] <http://www.voltimum.pt/news/345/cm/ordenamento-da-iluminacao-publica.html>.
20. **dimaco.** Sistema de Controlo Astronómico de Iluminação SC2A-60. Ficha técnica do produto.
21. **Ferronato, Ederson e Chueiri, Ivan J.** Fotocélula Programável. p. 7.

22. Desenvolvimento da Iluminação Pública no Brasil. 2009.
23. **Schröder**. Controlador de Potência e Dimerização para Sistemas de Iluminação (SEC STB). Ficha técnica.
24. **Schröder**. Sistema Digital de Telegestão por PLC (Portadora de Corrente) na IP. Ficha técnica.
25. **ENERGAIA**. [Online] [Citação: 30 de Outubro de 2012.] http://www.energaia.pt/site_files/sistema/vngaia_ip_projectoschreder.pdf.
26. Câmara Municipal de Almada. [Online] 5 de Setembro de 2012. [Citação: 30 de Outubro de 2012.] http://www.m-almada.pt/xportal/xmain?xpid=cmav2&xpgid=noticias_detalhe¬icia_detalhe_qry=BOUI=100827283¬icia_titulo_qry=BOUI=100827283.
27. **Enlight**. [Online] [Citação: 30 de Outubro de 2012.] <http://www.enlight.pt/intelligent.htm>.
28. **ENERDURA**. [Online] [Citação: 22 de Junho de 2012.] <http://www.enerdura.pt/>.

Anexos

Contém:

Anexo 1 – Registo diário

Anexo 2 – Opções registadas no *QuantumGis*

Anexo 3 – Tipos de Luminárias

Anexo 4 – Fotos de algumas situações

Anexo 5 – Definições

Anexo 1 – Registo diário

Data e Horas	Funções
7.11.2011 (16h30 – 23h30)	- Início de funções - Aprendizagem de como caracterizar uma luminária e como atuar em campo - Trabalho de campo (Estádio – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 40 postes]
8.11.2011 (16h – 23h30)	- Trabalho de campo (Estacionamento do Estádio – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 20 postes]
9.11.2011 (16h – 01h)	- Trabalho de campo (local por trás da ex AutoLeiria – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 30 postes] - Trabalho de campo (São Pedro de Moel – Marinha Grande) [medição de aprox. 70 postes]
10.11.2011 (16h – 24h)	- Trabalho de campo (Vieira de Leiria – Marinha Grande) [levantamento e medição de aprox. 80 postes]
14.11.2011 (16h – 24h20)	- Trabalho de campo (Chainça – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 70 postes]
16.11.2011 (16h20 – 23h20)	- Trabalho de campo (Circular Interna de Leiria – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 70 postes]
21.11.2011 (17h – 24h)	- Trabalho de campo (Igreja da Sé e Terreiro – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 100 postes]
23.11.2011 (21h – 24h30)	- Trabalho de campo (Jardim Camões – Leiria) [medições]
25.11.2011 (9h – 12h)	- Tratamento de dados

Contributos para o Potencial de Poupança de Energia Elétrica na Iluminação Pública com
Recurso a Novos Sistemas de Controlo

28.11.2011 (16h – 00h)	- Trabalho de campo (Serro Ventoso – Porto de Mós) [levantamento e medição de aprox. 60 postes] - Trabalho de campo (Av. Heróis de Angola – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 30 postes]
30.11.2011 (16h – 00h)	- Trabalho de campo (Vieira de Leiria – Marinha Grande) [levantamento e medição de aprox. 54 postes] - Trabalho de campo (Pedrógão – Marinha Grande) [levantamento e medição de aprox. 24 postes]
05.12.2011 (16h30 – 00h)	- Trabalho de campo (Marrazes: Estação e estrada da Figueira da Foz – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 57 postes] - Trabalho de campo (Marrazes: Quinta do Bispo – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 30 postes]
07.12.2011 (16h – 23h30)	- Trabalho de campo (Marrazes: estrada da Figueira da Foz – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 17 postes] - Trabalho de campo (Marrazes: Quinta do Bispo – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 54 postes]
16.12.2011 (9h – 12h)	- Tratamento de dados
19.12.2011 (14h30 – 19h)	- Trabalho de campo (São Mamede: Lapa Furada – Batalha) [levantamento de aprox. 88 postes]
21.12.2011 (15h – 19h30)	- Trabalho de campo (São Mamede: Portela das Cruzes – Batalha) [levantamento de aprox. 72 postes]
02.01.2012 (15h30 – 20h)	- Trabalho de campo (Parceiros: Pernelhas – Leiria) [levantamento de aprox. 70 postes]
06.01.2012 (9h – 12h30) (14h – 18h30)	- Tratamento de dados - Trabalho de campo (Pousos: Quinta do Rei – Leiria) [levantamento de aprox. 122 postes]
11.01.2012 (14h – 21h)	- Trabalho de campo (Alqueidão da Serra – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 100 postes]

Contributos para o Potencial de Poupança de Energia Elétrica na Iluminação Pública com
Recurso a Novos Sistemas de Controlo

13.01.2012 (9h – 12h30) (14h – 20h)	- Tratamento de dados - Trabalho de campo (Aljubarrota – Batalha) [levantamento de aprox. 60 postes]
16.01.2012 (16h – 20h)	- Trabalho de campo (Paulo VI – Leiria) [levantamento de aprox. 60 postes]
18.01.2012 (14h – 20h)	- Trabalho de campo (Pedreiras – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 100 postes]
25.01.2012 (14h – 19h30)	- Trabalho de campo (Pousos: Olhalvas – Leiria) [levantamento de aprox. 60 postes]
27.01.2012 (9h – 12h30) (14h – 18h30)	- Tratamento de dados - Trabalho de campo (Pousos: São Romão – Leiria) [levantamento de aprox. 80 postes]
30.01.2012 (14h – 21h)	- Trabalho de campo (Arrimal – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 130 postes]
01.02.2012 (14h – 18h30)	- Trabalho de campo (Pousos: Lapa – Leiria) [levantamento de aprox. 43 postes]
03.02.2012 (9h – 12h)	- Tratamento de dados
06.02.2012 (14h – 20h)	- Trabalho de campo (Monte Real – Leiria) [levantamento de aprox. 71 postes: 30 de um pt e 41 de outro pt]
08.02.2012 (14h – 21h30)	- Trabalho de campo (Pousos: Lapa – Leiria) [medição de aprox. 43 postes] - Trabalho de campo (Pousos: Charneca – Leiria) [levantamento de aprox. 71 postes]
10.02.2012 (9h – 12h)	- Tratamento de dados

Contributos para o Potencial de Poupança de Energia Elétrica na Iluminação Pública com
Recurso a Novos Sistemas de Controlo

13.02.2012 (14h – 22h)	- Trabalho de campo (Pousos: Azambujo – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 19 postes] - Trabalho de campo (Pousos: Vidigal – Leiria) [levantamento de aprox. 30 postes] - Trabalho de campo (Marrazes: Quinta do Bispo – Leiria) [levantamento de aprox. 30 postes]
15.02.2012 (14h – 22h)	- Trabalho de campo (Pousos: Vidigal – Leiria) [levantamento de aprox. 68 postes e medição de aprox. 98 postes]
17.02.2012 (9h – 12h)	- Tratamento de dados
20.02.2012 (14h – 23h)	- Trabalho de campo (Mira D’Aire – Porto de Mós) [levantamento e medição de aprox. 74 postes]
22.02.2012 (14h – 23h30)	- Trabalho de campo (Mira D’Aire (Igreja) – Porto de Mós) [levantamento e medição de aprox. 73 postes] - Trabalho de campo (Alvados – Porto de Mós) [medição de aprox. 80 postes]
24.02.2012 (9h – 12h)	- Tratamento de dados
27.02.2012 (14h – 23h)	- Trabalho de campo (Mendiga: Marinha da Mendiga – Porto de Mós) [levantamento e medição de aprox. 104 postes]
29.02.2012 (14h – 23h)	- Trabalho de campo (Mendiga – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 119 postes e medição de aprox. 67 postes]
05.03.2012 (15h – 23h30)	- Trabalho de campo (São Mamede: Portela das Cruzes – Batalha) [levantamento de aprox. 62 postes e medição de aprox. 132 postes]
07.03.2012 (14h – 00h)	- Trabalho de campo (Mendiga: Marinha da Mendiga – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 33 postes e medição de aprox. 22 postes] - Trabalho de campo (Mendiga – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 53 postes e medição de aprox. 105 postes]

Contributos para o Potencial de Poupança de Energia Elétrica na Iluminação Pública com
Recurso a Novos Sistemas de Controlo

12.03.2012 (14h – 01h)	- Trabalho de campo (Arrimal – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 78 postes e medição de aprox. 217 postes] - Trabalho de campo (Mendiga – Porto de Mós) [medição de aprox. 10 postes]
14.03.2012 (16h – 01h)	- Trabalho de campo (Pedreiras – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 17 postes e medição de aprox. 108 postes] - Trabalho de campo (Calvaria de Cima – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 27 postes e medição de aprox. 86 postes]
19.03.2012 (16h – 01h)	- Trabalho de campo (Alqueidão da Serra – Porto de Mós) [levantamento de aprox. 50 postes e medição de aprox. 146 postes]
21.03.2012 (16h – 01h)	- Trabalho de campo (Monte Real (base) – Leiria) [levantamento de aprox. 30 postes e medição de aprox. 80 postes] - Trabalho de campo (Vieira de Leiria (mercado) – Marinha Grande) medição de aprox. 150 postes]
26.03.2012 (19h – 00h30)	- Trabalho de campo (Pousos: Quinta do Rei – Leiria) [levantamento de aprox. 10 postes e medição de aprox. 132 postes] - Trabalho de campo (Pousos: Urbanização por desenvolver – Leiria) [medição de aprox. 62 postes]
28.03.2012 (17h – 00h)	- Trabalho de campo (Pousos: São Romão – Leiria) [medição de aprox. 87 postes] - Trabalho de campo (Pousos: Paulo VI – Leiria) [medição de aprox. 71 postes] - Trabalho de campo (Olhalvas – Leiria) [medição de aprox. 56 postes]
09.04.2012 (17h – 00h)	- Trabalho de campo (Marquês de Pombal – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 29 postes] - Trabalho de campo (Pousos – Leiria) [medição de aprox. 73 postes]
11.04.2012 (19h – 23h)	- Trabalho de campo (Parceiros: Pernelhas – Leiria) [levantamento de aprox. 15 postes e medição de aprox. 69 postes]

Contributos para o Potencial de Poupança de Energia Elétrica na Iluminação Pública com
Recurso a Novos Sistemas de Controlo

16.04.2012 (16h30 – 23h30)	- Trabalho de campo (Maceira: Vale da Gunha – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 82 postes]
18.04.2012 (16h – 22h30)	- Trabalho de campo (Santa Catarina da Serra: Loureira – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 54 postes]
23.04.2012 (18h – 00h)	- Trabalho de campo (Marrazes: Cova das Faias – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 95 postes]
09.05.2012 (16h30 – 01h)	- Trabalho de campo (Arrabal: Várzea e Freixial – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 51 postes] (Ficaram a faltar cerca de 10 postes)
14.05.2012 (16h30 – 01h)	- Trabalho de campo (Arrabal: Soutocico – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 130 postes] (Ficaram a faltar cerca de 20postes)
16.05.2012 (16h30 – 01h)	- Trabalho de campo (Arrabal: Martinela – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 107 postes]
23.05.2012 (16h30 – 01h)	- Trabalho de campo (Arrabal: Martinela – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 43 postes] - Trabalho de campo (Santa Catarina da Serra: Cercal – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 70 postes]
04.06.2012 (16h30 – 01h30)	- Trabalho de campo (Memória – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 130 postes]
11.06.2012 (17h – 01h30)	- Trabalho de campo (Souto da Carpalhosa – Leiria) [levantamento e medição de aprox. 106 postes]
13.06.2012 (18h – 00h)	- Trabalho de campo (Golpilheira – Batalha) [levantamento e medição de aprox. 97 postes]
18.06.2012 (18h – 01h30)	- Trabalho de campo (Alcanadas – Batalha) [levantamento e medição de aprox. 97 postes]
20.06.2012 (18h – 01h)	- Trabalho de campo (Rebolaria e Forneiros – Batalha) [levantamento e medição de aprox. 98 postes]

Anexo 2 – Opções registadas no *QuantumGis*

Neste anexo estão todas as características inseridas no programa *QuantumGis* em visitas de campo, como é o caso das características dentro da opção “outra”. No entanto, as restantes características foram previamente introduzidas e tomadas opções de escolha em visitas de campo.

⇒ *Nomes dos PTs registados (n_pt)*

764 IP	LRA323	PT0007	PT0073	PT0668
947 IP	LRA325	PT0008	PT0087	PT0678
LRA0050	LRA375	PT0009	PT0089	PT0727
LRA021	LRA393	PT0010	PT0091	PT0767
LRA031	LRA408	PT0011	PT0093	PT0780
LRA034	LRA427	PT0013	PT0106	PT0789
LRA046	LRA432	PT0015	PT0123	PT0802
LRA065	LRA611	PT0017	PT0132	PT0824
LRA066	LRA670	PT0019	PT0135	PT0835
LRA0753	MGR0011	PT0020	PT0164	PT0841
LRA0855	MGR0017	PT0025	PT0232	PT0873
LRA0890	MGR0050	PT0026	PT0290	PT0876
LRA097	MGR007	PT0028	PT0303	PT0888
LRA109	MGR0231	PT00385	PT0376	PT0894
LRA137	PT0001	PT0048	PT0378	PT0912
LRA179	PT0002	PT0062	PT0385	PT335
LRA182	PT0003	PT0065	PT0393	Public
LRA220	PT0005	PT0066	PT0657	
LRA230	PT0006	PT0068	PT0665	

⇒ ***Cor da lâmpada (cor_lampad)***

- ✓ Amarela
- ✓ Amarela e branca
- ✓ Branca

⇒ ***Tipo de lâmpada (tip_lamp)***

- ✓ Fluorescente compacta
- ✓ Iodetos metálicos
- ✓ LED
- ✓ Vapor de mercúrio
- ✓ Vapor de sódio
- ✓ Vapor de sódio e vapor de mercúrio
- ✓ Vapor de sódio e vapor de sódio tubular
- ✓ Vapor de sódio tubular
- ✓ Vapor de sódio tubular e mercúrio

⇒ ***Manutenção***

- ✓ L – Limpa
- ✓ M – Média
- ✓ S – Suja

⇒ ***Tipos de via (tip_via)***

- ✓ C2 – Zonas pedonais de comércio com pouco movimento
- ✓ C3 – Zonas pedonais de comércio com muito movimento
- ✓ C4 – Zonas pedonais em áreas residenciais com pouco movimento
- ✓ C5 – Zonas pedonais em áreas residenciais com muito movimento
- ✓ M2 – Vias urbanas importantes com pouco movimento
- ✓ M3 – Vias urbanas importantes com muito movimento
- ✓ M4 – Entradas urbanas de ligação entre áreas residenciais com pouco movimento
- ✓ M5 – Entradas urbanas de ligação entre áreas residenciais com muito movimento
- ✓ O2 – Vias urbanas com pouco movimento
- ✓ O3 – Vias urbanas com muito movimento

- ✓ O4 – Vias com pouco movimento
- ✓ O5 – Vias com muito movimento
- ✓ Outra:
 - Acesso a empresa
 - Acesso a garagem
 - Acesso a terrenos e habitações
 - Cemitério
 - Escadaria
 - Estacionamento
 - Estrada nacional
 - Estrada de terra batida
 - Entroncamento
 - Fontanário
 - Interior do recinto escolar
 - Jardim na entrada do prédio
 - Largo da igreja
 - Largo da feira
 - Ligação entre áreas residenciais
 - Mercado Municipal
 - Parque
 - Praça
 - Rotunda
 - Sem saída, acesso a habitações
 - Urbanização por desenvolver/ em desenvolvimento
 - Via circular
 - Zona pedonal (beira rio)
 - Zona pedonal (jardim)
 - Zona pedonal (fonte luminosa)
 - Zona de pinhal (escadaria)
 - Zona residencial

⇒ ***Tipo de pavimento (tip_pavi)***

- ✓ C – claro
- ✓ MC – médio claro
- ✓ M – Médio
- ✓ ME – médio escuro
- ✓ E – Escuro

⇒ ***Tipo de envolvente (tip_envolv)***

- ✓ AVerde – Área verde
- ✓ Hab – Habitação
- ✓ LJ – lojas, comércio
- ✓ Outra: (alguns exemplos)
 - Acesso à praia/ garagem/ igreja/ etc
 - Adro da igreja
 - Armazém
 - Barracão e área verde
 - Base aérea, habitação e área verde
 - Bombeiros e terrenos
 - Campo desportivo e área verde
 - Camara municipal e área verde
 - Cemitério e área verde
 - Casas abandonadas
 - Centro de saúde e habitação
 - Centro de BTT e área verde
 - Comércio e estacionamento
 - Empresa, habitação e área verde
 - Escadaria
 - Escola e área verde
 - Estacionamento e área verde
 - Fontanário e área verde
 - Habitação e área verde
 - Habitação e jardim central

- Habitação e igreja
- Habitação com terrenos e área verde
- Interior do cemitério
- Junta de freguesia e área verde
- PT e área verde
- Posto de abastecimento e área verde
- Rotunda
- Urbanização por desenvolver

⇒ ***Caraterização da envolvente (c_envolve)***

- ✓ C – clara
- ✓ MC – média clara
- ✓ M – média
- ✓ ME – média escura
- ✓ E – Escura

⇒ ***Condições atmosféricas (cond_atm)***

- ✓ CL – Céu limpo
- ✓ Ch – Chuva
- ✓ N – Nevoeiro
- ✓ NE – Nublado
- ✓ PN – Pouco nublado

Anexo 3 – Tipos de Luminárias

TIPOLOGIA DAS LUMINÁRIAS

		
Tipologia 1	Tipologia 2	Tipologia 3
		
Tipologia 4 (LED Coroa Circular)	Tipologia 5 Globo Branco Opaco gr.	Tipologia 6
		
Tipologia 7 Globo Castanho Transp. gr. (com e sem reflector)	Tipologia 8	Tipologia 9
		
Tipologia 10	Tipologia 11	Tipologia 12
		
Tipologia 13	Tipologia 14	Tipologia 15
		
Tipologia 16 (rural aberta)	Tipologia 17	Tipologia 18

Tipologia das Luminárias 1/4

TIPOLOGIA DAS LUMINÁRIAS



TIPOLOGIA DAS LUMINÁRIAS



TIPOLOGIA DAS LUMINÁRIAS

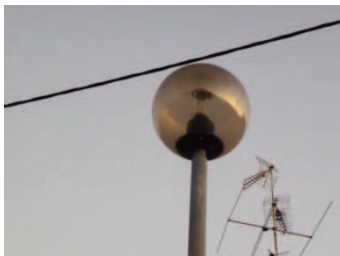


Anexo 4 – Fotos de algumas situações em trabalho de campo

Neste anexo apresenta-se de modo muito sucinto as situações que demonstram o estado da nossa iluminação pública.

Em termos de manutenção, como referido anteriormente, tínhamos 3 opções de escolha, de seguida estão alguns exemplos que demonstram como classificávamos as luminárias relativamente ao seu estado.

⇒ *Manutenção Limpa*



⇒ *Manutenção Média*



⇒ *Manutenção Suja*



Consoante o local, os postos de transformação são diferentes. De seguida representam-se 3 tipos de PTs, sendo que os PTs de cabine baixa normalmente situam-se em zonas urbanas, os PTs de cabine alta costumam-se encontrar em zonas rurais ou industriais, e por último os PTs aéreos que até à pouco tempo encontravam-se em zonas rurais. Hoje em dia, estão a começar a substituir alguns PTs de cabine, tanto em zonas rurais como em zonas urbanas.

⇒ *Exemplos de PTs de cabine baixa*



⇒ *Exemplos de PTs de cabine alta*



⇒ *Exemplos de PTs aéreos*



⇒ *Fotocélulas*

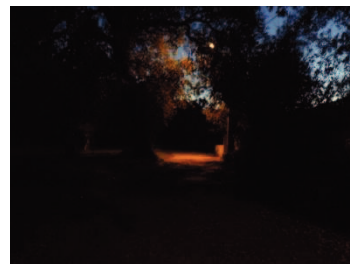
Para que a iluminação ligue, para além dos relógios, que por vezes estão dentro dos PTs ou não existem, é necessário um sinal que os níveis de iluminação estão baixos. De seguida apresenta-se as fotocélulas situadas num PT aéreo (esquerda) e num PT de cabine (direita).



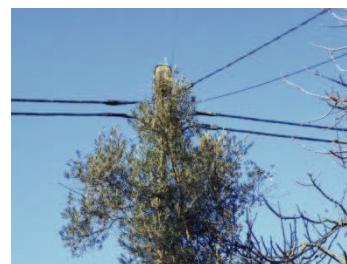
⇒ ***Outras situações***

Durante o período de estágio, ao visitar os locais encontravam-se situações um pouco caricatas, como se apresenta com alguns exemplos abaixo.

Uma das situações mais encontradas foi iluminação em espaços verdes, que não têm acesso a nada, e que algumas da vezes nem nós conseguíamos ter acesso, devido à densa vegetação.



Outra situação, também bastante usual, eram, como nós costumávamos dizer em tom irónico “árvores a dar luz”, que situavam mais em zonas rurais.



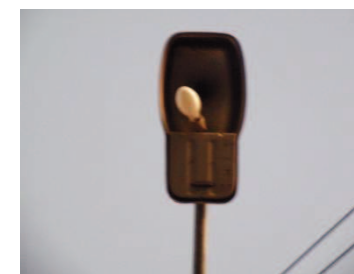
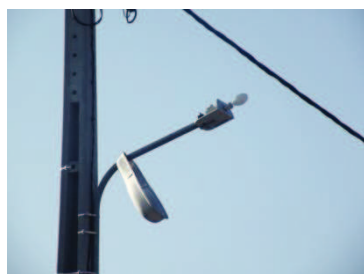
Contributos para o Potencial de Poupança de Energia Elétrica na Iluminação Pública com Recurso a Novos Sistemas de Controlo

Desta vez tanto em zonas rurais (1ª e 2ª imagem) como em zonas urbanas (3ª imagem) encontravam-se perigos deste género.

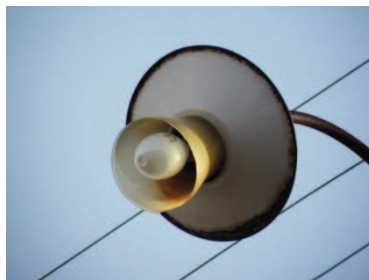
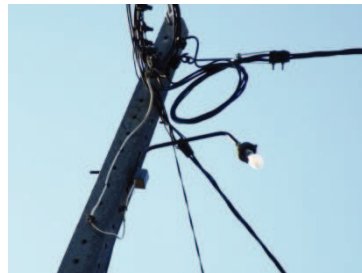


Por fim, e das situações mais engraçadas de fotografar, eram as imagens apresentadas de seguida. Como é o caso da 1ª imagem, que contém imensas lâmpadas, e não estão todas representadas na imagem devido à sua dimensão, que iluminavam simplesmente as calçadas e os arbustos.

Já as restantes imagens representam alguma falta de manutenção e alguma falta de civismo por parte da população.



Contributos para o Potencial de Poupança de Energia Elétrica na Iluminação Pública com Recurso a Novos Sistemas de Controlo



Anexo 5 – Definições

Nome	Símbolo	Unidade	Significado	Aparelho de medição
Iluminância	E	<i>Lux (lx)</i>	É o fluxo luminoso que incide sobre uma dada superfície, dividida pela área desta. Ou seja, é a quantidade de luz que chega a um ponto. Esta relação é dada entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância (I/d^2).	Luxímetro
Luminância	L	<i>cd/m²</i>	É a intensidade luminosa “I” de uma fonte de luz produzida ou refletida por uma superfície iluminada. Esta relação é dada entre candelas (cd) e metro quadrado da área aparente.	Luminancímetro
Intensidade luminosa	I	<i>Candela (cd)</i>	É a quantidade de luz que uma fonte emite por unidade de ângulo sólido (lúmen/esferorradiano) projetada numa determinada direção. O valor está diretamente ligado à direção desta fonte de luz. A intensidade luminosa é expressa em candelas (cd) e, em algumas situações, em candelas/1000 lúmens.	Banco Fotométrico (fotogoniómetro)
Fluxo luminoso	ϕ	<i>Lúmen (lm)</i>	É a quantidade total de luz emitida por uma fonte, em sua tensão nominal de funcionamento.	Esfera de Ulbricht
Eficiência Luminosa		<i>lm/W</i>	É a relação entre o fluxo luminoso “ ϕ ” emitido e a energia elétrica consumida (potência – Watt).	Esfera de Ulbricht em conjunto com um Wattímetro
Vida útil de uma lâmpada	-	<i>Horas (h)</i>	É a média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada.	-

Índice de Reprodução de Cor - IRC

É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz. A luz artificial deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural do dia. Quanto mais alto o índice, melhor a reprodução das cores. As lâmpadas com IRC de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão.

Um IRC em torno de 60 pode ser considerado razoável, 80 é bom e 90 é excelente. Claro que tudo irá depender da exigência da aplicação que uma lâmpada deve atender. Um IRC de 60 mostra-se inadequado para uma iluminação de loja, porém, é mais que suficiente para a iluminação de vias públicas.

Tipo de Lâmpada	IRC
Incandescente	100
Fluorescente	60
Vapor de mercúrio de alta pressão	55
Iodetos metálico	70
Vapor de sódio de alta pressão	30
Vapor de sódio de baixa pressão	0
