



Relatório de Estágio  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

***Eficiência Energética***  
***na***  
***Rede de Iluminação Pública***

**João Carlos Ferreira Francisco**

Leiria, julho de 2015





Relatório de Estágio  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica  
Ramo de Energia e Automação

***Eficiência Energética***  
***na***  
***Rede de Iluminação Pública***

**João Carlos Ferreira Francisco**

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, supervisão do Engenheiro José Virgílio Fernandes Geria, Gestor de Área, e do Engenheiro Roberto José Faustino Ribeiro, Gestor Operacional, ambos da Área Operacional de Leiria da EDP Distribuição – Energia S.A.

Leiria, julho de 2015

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

***Aos Meus Pais***

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

## Agradecimentos

---

Este trabalho resulta do contributo de um grupo de pessoas fenomenais que sem o seu saber, disponibilidade, paciência e incentivo não seria de todo possível. Por conseguinte, presto o meu mais sincero e profundo agradecimento:

Aos meus pais, que sempre primaram pela minha carreira académica e para que nunca me faltasse o quer que fosse. Por mais que identifique formas de lhes agradecer, estas serão sempre ténues face às que eles realmente merecem.

Ao Professor Doutor Pedro Marques, primeiro por ter aceitado ser meu orientador, depois pela sua disponibilidade permanente em me ajudar procurando e conseguindo responder a todas as minhas solicitações, pela sua humildade, sabedoria, acompanhamento e interesse em todas as atividades que desenvolvi.

Ao Engenheiro António Sanches, pela oportunidade que me concedeu em estagiar na EDP, grupo líder na sua área de negócio.

Ao Engenheiro José Geria, pela disponibilidade em acolher-me na “sua” Área Operacional, pelo espírito de integração extraordinário que me concedeu e por todos momentos de pura e boa disposição que a sua presença, sempre, proporcionou, permitindo-me crescer nas vertentes pessoais e técnicas.

Ao Engenheiro Roberto Ribeiro, pela sua supervisão, confiança, paciência, profissionalismo e a oportunidade de me inserir em diversas atividades para que eu pudesse adquirir e aperfeiçoar o máximo de competências pessoais e profissionais. Sempre fez de tudo para que nada me faltasse, escutando e considerando todas as minhas sugestões por mais que no fim se revelassem disparatadas.

Aos Técnicos Alberto Lemos, João Gaspar e Nuno Batista que foram excecionais nos conselhos, no apoio que me prestaram às atividades em que estive envolvido e pela disponibilidade que mostraram em me facultar os meios necessários à concretização deste trabalho.

Aos Engenheiros Bruno Gonçalves, Diogo Taborda, Paulo Vitorino e Telmo Santiago, que sempre se mostraram disponíveis para me aconselhar e auxiliar. Responsáveis por nunca me deixarem sair de junto deles sem resposta a qualquer dúvida que lhes colocasse.

A todos os Técnicos da Área Operacional de Leiria pela forma como me acolheram, pela partilha dos seus conhecimentos técnicos e experiências tanto profissionais como pessoais simplesmente incríveis.

Ao meu irmão e avós pelo apoio e compreensão por não lhes ter prestado durante esta jornada toda a atenção que eles merecem.

Ao Zorro, a criatura de quatro patas mais extraordinária à face da terra.

Às instituições diretamente responsáveis por este estágio, pelas excelentes condições laborais que me proporcionaram e por toda a colaboração prestada, sem as quais não seria possível a realização deste trabalho:

- Instituto Politécnico de Leiria – Escola Superior de Tecnologia e Gestão;
- EDP Distribuição – Energia S.A.

**MUITO OBRIGADO!**

João Carlos Ferreira Francisco

---

## Resumo

---

Este relatório foi redigido no âmbito do trabalho acompanhado e desenvolvido durante o período de estágio curricular, do mestrado em engenharia eletrotécnica, na empresa EDP Distribuição – Energia S.A., mais concretamente na Área Operacional de Leiria da Direção de Rede e Clientes Tejo.

Considerando a iluminação pública viária existente, excluindo a publicitária, monumental e decorativa, este trabalho pretende expor os principais programas de promoção de eficiência energética a decorrer nos municípios afetos a esta Área Operacional. Pretende também estudar se estes estão de facto a contribuir para a racionalização e eficiência dos consumos ou, ao invés, estão a impactar o cumprimento das normas e regulamentos de iluminação bem como a qualidade de energia das redes de distribuição.

Para cumprir o objetivo, foi traçado um percurso que tem como início o conhecimento do parque de iluminação pública português, com incidência na caracterização e quantificação da rede existente na área territorial de abrangência do estágio. Prosseguiu-se com o entendimento da legislação, conceitos e tecnologias aplicáveis, para além do processo de gestão da iluminação pública na empresa e a conceção do procedimento necessário à atualização e consulta do cadastro da rede. Seguiu-se a caracterização dos programas em curso de promoção de eficiência energética, sustentados com a realização de estudo de casos práticos. Para terminar, realizou-se um estudo para uma infraestrutura de iluminação pública eficiente, com respetiva avaliação económica, para implementar numa avenida que se prevê reabilitar. Em simultâneo com estas atividades foi desenvolvida e acompanhada uma iniciativa no âmbito do Projeto *Lean* instituído no Grupo EDP.

*Palavras-chave:* Análise Energética, Eficiência Energética, Iluminação Pública, *Lean Thinking*, Luminotecnia.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

---

## Abstract

---

This report was written in the scope of the work accompanied and developed during the my traineeship, of master degree in electrical engineering, in the company EDP Distribuição – Energia S.A., more specifically in the Área Operacional de Leiria of the Direção de Rede e Clientes Tejo.

Considering the existing road public lighting, excluding advertising lighting, monumental and decorative, the main goal of this report is exposing the main energy efficiency promotion programs taking place at the municipalities affections to this Área Operacional. This report also pretends to verify if those programs are contributing to the rationalization and efficiency of consumption or, as opposed, are impacting the compliance and lighting regulations as well as the quality of energy distribution networks.

In order to achieve this goal, a path was established that began with the knowledge the Portuguese park of public lighting, focusing on the characterization and quantification of the existing grid on the territorial area that the traineeship covers. This path was followed by the understanding of legislation, concepts and applicable technologies, in addition to public lighting management process at the company and the design of the procedure needed to upgrade and register the cadaster the network. Afterwards, it was followed by the characterization of existing programs for energy efficiency promotion, supported by carrying out practical cases studies. Finally, we carried out a study for a public lighting efficient infrastructure, with respective economic assessment, for implement on an avenue which is expected rehabilitate. In parallel with these activities was developed and accompanied an initiative under the Lean Project established by EDP Group.

*Key words:* Energy Analysis, Energy Efficiency, Lean Thinking, Lighting, Public Lighting.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

# Índice

---

Dedicatória .....	i
Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	v
Abstract .....	vii
Índice de figuras .....	xiii
Índice de gráficos.....	xv
Índice de tabelas.....	xvii
Lista de abreviaturas .....	xix
Lista de símbolos.....	xxi
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Iluminação pública na Área Operacional de Leiria.....	3
1.3 Motivação e âmbito .....	6
1.4 Estrutura do documento .....	7
2. Iluminação Pública – estado da arte.....	9
2.1 Normas, regulamentos e documentos de referência .....	9
2.2 Definições e conceitos .....	10
2.2.1 Luz e visão.....	11
2.2.2 Luminotecnia.....	11
2.3 Tecnologias existentes.....	13
2.3.1 Luminárias .....	13
2.3.2 Fontes luminosas.....	13
2.3.2.1 Conceitos .....	14
2.3.2.2 Tipos de fontes luminosas .....	15
2.3.2.3 Equipamentos auxiliares.....	18

2.3.3	Sistemas de controlo e/ou monitorização .....	21
3.	Processo operacional da iluminação pública na EDP Distribuição – Energia S.A. .....	23
3.1	Gerir a iluminação pública .....	23
4.	Cadastro da rede de iluminação pública na Área Operacional de Leiria.....	27
4.1	Ferramentas de atualização e consulta.....	27
4.1.1	GeoAct IP .....	27
4.1.2	Ficha Técnica – AIPub .....	29
4.1.3	Gestão de Relacionamentos com Autarquia .....	31
4.1.4	Sistema de Informação Técnica / <i>Design Manager</i> .....	31
4.2	Procedimento de atualização .....	33
4.3	Procedimento de consulta .....	34
5.	Programas de promoção de eficiência energética.....	35
5.1	Substituição de células fotoelétricas por interruptores horários astronómicos .....	36
5.2	Substituição de luminárias com lâmpadas tradicionais por LEDs .....	37
5.2.1	Estudo de caso – “Campanha 80/20” .....	39
5.2.1.1	Análise energética .....	41
5.2.1.2	Análise luminotécnica .....	46
5.2.1.3	Avaliação económica.....	48
5.2.1.4	Conclusões.....	49
5.3	Substituição de luminárias com lâmpadas de vapor de mercúrio por vapor de sódio .....	51
5.3.1	Estudo de caso .....	53
5.3.1.1	Análise energética .....	53
5.3.1.2	Análise luminotécnica .....	57
5.3.1.3	Conclusões.....	59
5.4	Instalação de sistema telegestão ( <i>Web-IP</i> ) .....	60
5.4.1	eLumen.....	61

5.5	Desligação seletiva de focos de luz .....	62
6.	Estudo de iluminação pública eficiente com avaliação económica .....	65
6.1	Tecnologia HPS .....	67
6.2	Tecnologia LED .....	68
6.3	Conclusões .....	70
7.	Iniciativa <i>Lean Thinking</i> .....	71
7.1	Tratamento de Pedidos de Ligação à Rede em SIT/DM.....	72
7.1.1	Ficha Técnica – GeoPLR .....	73
8.	Conclusões e propostas de trabalhos futuros.....	75
8.1	Conclusões .....	75
8.2	Propostas de trabalhos futuros.....	77
	Referências bibliográficas.....	79
	Anexos .....	83
	Anexo A .....	85
	Anexo B .....	91

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

## Índice de figuras

---

Figura 1 – A Terra à noite vista do espaço [3].	1
Figura 2 – Distribuição de pontos de iluminação pública por concelho da AOLRA.	3
Figura 3 – Espectro da luz visível [16].	11
Figura 4 – Luminária LED de última geração [18].	13
Figura 5 – Temperatura de cor [16].	14
Figura 6 – Lâmpada de HPS do tipo ovoide e tubular [19].	15
Figura 7 – Lâmpada de HPM [19].	16
Figura 8 – Lâmpada de iodetos metálicos [19].	17
Figura 9 – Tipo de LED aplicado em luminárias de iluminação pública [21].	17
Figura 10 – Balastro eletromagnético e balastro eletrónico [23] [24].	19
Figura 11 – Driver LED [22].	20
Figura 12 – Dissipador tipo estrela para LED de alta potência [20].	20
Figura 13 – Relógio convencional, interruptor horário astronómico e sensor crepuscular [24] [27].	21
Figura 14 – Fluxograma do grupo de processos “Gerir a Iluminação Pública” [31].	23
Figura 15 – Screenshots da aplicação GeoAct IP no terminal Android.	28
Figura 16 – Plataforma web de interface com o GeoAct IP.	29
Figura 17 – Template da Ficha Técnica AIPub.	30
Figura 18 – Gestão de Relação com Autarquias.	31
Figura 19 – Aplicação Sistema de Informação Técnica/ Design Manager.	32
Figura 20 – Fluxograma do processo de atualização do cadastro da rede IP na AOLRA.	33
Figura 21 – Pontos de luz do PT 46 de Ourém.	34
Figura 22 – Pontos de luz HPM do PT 46 de Ourém.	34
Figura 23 – Distribuição de luminárias LED instaladas por concelho na AOLRA.	39
Figura 24 – Analisador de energia elétrica instalado no Posto de Transformação.	41
Figura 25 – Grelha de pontos com os valores de iluminância com tecnologia HPS.	47
Figura 26 – Grelha de pontos com os valores de iluminância com tecnologia LED.	47
Figura 27 – Instalação antes (esquerda) e após (direita) a substituição das fontes luminosas.	51
Figura 28 – Distribuição de luminárias com tecnologia HPM por concelho na AOLRA.	52
Figura 29 – Grelha de pontos com os valores de iluminância com tecnologia HPM.	58

Figura 30 – Grelha de pontos com os valores de iluminância com tecnologia HPS. ....	58
Figura 31 – Instalação antes (esquerda) e após (direita) a substituição de luminárias com lâmpadas HPM. ....	60
Figura 32 – Arquitetura do sistema integrado de gestão da IP na Batalha [29]. ....	61
Figura 33 – Plataforma de interface web eLumen: edição de perfil e edição do DTC. ....	62
Figura 34 – Avenida em Leiria com desligação seletiva de focos. ....	63
Figura 35 – Dístico de foco desligado. ....	63
Figura 36 – Perfil genérico da avenida a reabilitar. ....	65
Figura 37 – Distribuições fotométricas da luminária Schröder Sapphire 2 [46]. ....	66
Figura 38 – Distribuições fotométricas da luminária Schröder Piano [46]. ....	66
Figura 39 – Representação da distribuição de iluminância com tecnologia HPS. ....	68
Figura 40 – Representação da distribuição de iluminância com tecnologia LED. ....	69
Figura 41 – Ferramenta Lean 5W2H [47]. ....	71
Figura 42 – Template da Ficha Técnica GeoPLR. ....	73

## Índice de gráficos

---

Gráfico 1 – Evolução de consumos de energia de iluminação pública de 2010 a 2014 na AOLRA. ....	4
Gráfico 2 – Tipos de apoios aplicados na rede de iluminação pública na AOLRA.....	5
Gráfico 3 – Tecnologia das fontes de luz aplicadas na iluminação pública na AOLRA.....	5
Gráfico 4 – Potências das fontes de luz aplicadas na iluminação pública na AOLRA. ....	6
Gráfico 5 – Diagrama de carga semanal da instalação. ....	42
Gráfico 6 – Diagrama de carga aparente. ....	43
Gráfico 7 – Diagrama de carga ativa.....	43
Gráfico 8 – Diagrama de carga reativa. ....	44
Gráfico 9 – Corrente elétrica da instalação. ....	44
Gráfico 10 – Fator de potência da instalação.....	45
Gráfico 11 – Severidade da tremulação na instalação. ....	45
Gráfico 12 – Distorção Harmónica Total em corrente.....	46
Gráfico 13 – Distorção Harmónica Total em tensão. ....	46
Gráfico 14 – Diagrama de carga semanal da instalação. ....	54
Gráfico 15 – Diagrama de carga aparente. ....	54
Gráfico 16 – Diagrama de carga ativa.....	54
Gráfico 17 – Diagrama de carga reativa.....	55
Gráfico 18 – Fator de potência da instalação.....	55
Gráfico 19 – Corrente elétrica da instalação. ....	56
Gráfico 20 – Severidade da tremulação na instalação. ....	56
Gráfico 21 – Distorção Harmónica Total em corrente.....	57
Gráfico 22 – Distorção Harmónica Total em tensão.....	57

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

## Índice de tabelas

---

Tabela 1 – Classificação energética das instalações de iluminação pública [15].	35
Tabela 2 – Características das luminárias LED instaladas [36].	40
Tabela 3 – Resultados luminotécnicos.	48
Tabela 4 – Comparação energética entre a tecnologia anterior e a atual.	48
Tabela 5 – Balanço financeiro do projeto.	48
Tabela 6 – Resultado dos indicadores económicos.	49
Tabela 7 – Resultados luminotécnicos com tecnologia HPM.	58
Tabela 8 – Resultados luminotécnicos com tecnologia HPS.	59
Tabela 9 – Resultados luminotécnicos globais.	59
Tabela 10 – Focos desligados e potência total por concelho.	64
Tabela 11 – Características das luminárias e equipamento elétrico [46].	66
Tabela 12 – Custos dos materiais propostos para instalação.	67
Tabela 13 – Resultados luminotécnicos da solução HPS por campo de avaliação.	67
Tabela 14 – Resultados luminotécnicos da solução LED por campo de avaliação.	69
Tabela 15 – Diferença de resultados resultantes da aplicação da solução a HPS face ao LED.	70
Tabela 16 – Processo de atualização do cadastro da rede de iluminação pública na AOLRA.	85
Tabela 17 – Categorias e tipos de vias ao abrigo do contrato de concessão.	91
Tabela 18 – Níveis de referência de luminância e iluminância médios [13].	92

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

## Lista de abreviaturas

---

3G	Terceira Geração
AOLRA	Área Operacional de Leiria
BT	Baixa Tensão
CIE	<i>Commission International d'Éclairage</i>
DHT	Distorção Harmónica Total
DHTi	Distorção Harmónica Total em corrente
DHTu	Distorção Harmónica Total em tensão
DTC	<i>Distribution Transformer Controller</i>
DM	<i>Design Manager</i>
EB	<i>Energy Box</i>
EDP	Energias de Portugal S.A.
EDPD	EDP Distribuição – Energia S.A.
ENE 2020	Estratégia Nacional para a Energia 2020
GRA	Gestão de Relação com as Autarquias
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HPM	<i>High Pressure Mercury</i>
HPS	<i>High Pressure Sodium</i>
IHA	Interruptor Horário Astronómico
IP	Iluminação Pública
IRC	Índice de Reprodução de Cor
IV	Infravermelha
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
PIP	Ponto de Iluminação Pública

---

PLC	<i>Power Line Communication</i>
PLR	Pedido de Ligação à Rede
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PT	Posto de Transformação
RF	Radiofrequência
ROI	<i>Return on Investment</i>
SAP	<i>Systems, Applications &amp; Products in Data Processing</i>
SIT	Sistema de Informação Técnica
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
UV	Ultravioleta
VAL	Valor Atual Líquido

## Lista de símbolos

$CO_2$	Dióxido de Carbono	TonCO <sub>2</sub> eq.
$DHT$	Distorção Harmónica Total	Percentagem [%]
$DHTi$	Distorção Harmónica Total em corrente	Percentagem [%]
$DHTu$	Distorção Harmónica Total em tensão	Percentagem [%]
$E$	Energia Elétrica	Watt.hora [Wh]
$E$	Iluminância	Lux [lx]
$E_{med}$	Iluminância média	Lux [lx]
$E_{max}$	Iluminância máxima	Lux [lx]
$E_{min}$	Iluminância mínima	Lux [lx]
$I$	Intensidade de Corrente Elétrica	Ampére [A]
$I$	Intensidade Luminosa	Candela [cd]
$L$	Luminância ou Brilho	Candela/metro <sup>2</sup> [cd/m <sup>2</sup> ]
$l$	Comprimento	Metro [m]
$P$	Potência Ativa Elétrica	Watt [W]
$P_{st}$	Severidade de Curta Duração	
$P_{lt}$	Severidade de Longa Duração	
$Q$	Potência Reativa Elétrica	Volt Ampére reativo [var]
$R$	Impedância Resistiva Elétrica	Ohm [ $\Omega$ ]
$S$	Área	Metro <sup>2</sup> [m <sup>2</sup> ]
$S$	Potência Aparente Elétrica	Volt Ampére [VA]
$T$	Tempo	Horas [h]
$T$	Temperatura	Kelvin [K]
$U$	Tensão Elétrica	Volt [V]
$U_0$	Uniformidade Geral	

---

$v$	Velocidade	Metro/segundo [m/s]
$\varepsilon$	Eficiência Energética	Lux.metro <sup>2</sup> /Watt [lux.m <sup>2</sup> /W]
$\eta$	Eficiência Luminosa	Lúmen/Watt [lm/W]
$\phi$	Fluxo Luminoso	Lúmen [lm]

# 1. Introdução

---

## 1.1 Enquadramento

Desde o início da sua utilização, em meados do século XIX, e respetiva propagação geográfica, que a Iluminação Pública (IP) assume um papel preponderante no desenvolvimento social e económico das populações [1].

Relacionando-se diretamente com o conforto e segurança das pessoas, proteção de bens, reconhecimento e orientação de trajetos, contribui inquestionavelmente para a qualidade de vida dos cidadãos, permitindo-lhes desfrutar plenamente dos espaços públicos em período noturno [1] [2].

Em todo o mundo são dezenas de milhões os Pontos de Iluminação Pública (PIPs) que noite após noite iluminam os locais mais desenvolvidos do planeta. Fotografias tiradas por um satélite norte-americano durante 22 dias, entre abril e outubro de 2012, compilaram uma única imagem (Figura 1) que possibilita ver regiões vastamente iluminadas como a Europa em contraste com regiões mais escuras como África. Mostra diferenças políticas, tais como a iluminada Coreia do Sul e a mais escura Coreia do Norte e evidencia a importância dos acidentes geográficos, como a cordilheira escura dos Himalaias, que trava o avanço da civilização [3].



*Figura 1 – A Terra à noite vista do espaço [3].*

Em Portugal, o parque da IP contém, aproximadamente, 3,2 milhões PIPs disseminados geograficamente pelos dezoito distritos de forma muito díspar devido à distribuição populacional no país [4].

Com uma taxa média de crescimento anual entre os 4% e os 5% desde o início do século XXI, representa cerca de 3% do consumo total de energia elétrica no país, aproximadamente 1,6TWh, fazendo com que os custos associados sejam na ordem dos 220M€ [5].

Os encargos com a energia elétrica da rede de IP são na maioria dos casos suportados pelas autarquias, chegando a representar 60% a 70% da sua fatura energética. Como concedentes da rede têm o dever de efetuar a gestão das instalações através da definição dos níveis e horários de iluminação e decisão sobre o número de PIPs em serviço. À EDP Distribuição – Energia S.A. (EDPD), concessionária e operadora de rede de distribuição, incumbe-se a responsabilidade de manter o bom funcionamento da rede, das instalações que dela fazem parte, da manutenção, conservação, segurança e implementação de melhorias de funcionamento ao nível da distribuição de energia [1].

Sabendo-se que a rede de IP é uma das infraestruturas primárias das localidades é, por conseguinte, o resultado da evolução tecnológica dos equipamentos e da integração de várias realidades. Na generalidade dos casos, ao longo do último século, as instalações de IP foram implementadas de forma heterogénea pelo que, respondendo a solicitações pontuais ou condicionada por disponibilidades económicas de ocasião, podem ter contribuído para uma menor eficiência.

Em desenvolvimento, encontra-se o cumprimento do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020) que definem um conjunto estratégias que visam obter até 2020, na Administração Pública e nos serviços públicos, um aumento do nível de eficiência energética na ordem dos 20% face aos valores de 2010. Neste objetivo enquadra-se a IP com vista à diminuição do consumo de energia, e à criação e incentivo de projetos inovadores [6].

Conjugando todos estes fatores afetos à rede de IP, os municípios, em colaboração com a EDPD, apostam na redução sustentada do consumo. Com esse objetivo, fazem com que as infraestruturas existentes passem gradualmente por processos de reconversão das tecnologias de fontes de luz e/ou sistemas de controlo, mantendo sempre o foco nos aspetos energéticos, ambientais, sociais e financeiros envolvidos.

## 1.2 Iluminação pública na Área Operacional de Leiria

O Grupo Energias de Portugal S.A. (EDP) é uma empresa do sector energético, verticalmente integrada, da qual faz parte a EDPD. A EDPD encontra-se dividida em seis Direções de Rede e Clientes que, por sua vez, se subdividem em 21 Áreas Operacionais nas quais se incluem um número variável de municípios de forma a cobrir a totalidade do território de Portugal Continental, no exercício da atividade regulada, pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, de operador de rede de distribuição [7].

A Área Operacional de Leiria (AOLRA), constituinte da Direção de Rede e Clientes Tejo, abrange oito concelhos, a saber: Pombal, Ansião, Marinha Grande, Leiria, Ourém, Alvaiázere, Batalha, e Porto de Mós, com um total próximo de 324.650 habitantes numa área geográfica de 2.491km<sup>2</sup> [7] [8].

No conjunto dos municípios mencionados e sujeitos ao contrato de concessão encontram-se, cerca de, 134.250 PIPs distribuídos por 2.614 Postos de Transformação (PTs) de distribuição [4]. A repartição percentual de focos de luz por concelho encontra-se na Figura 2.

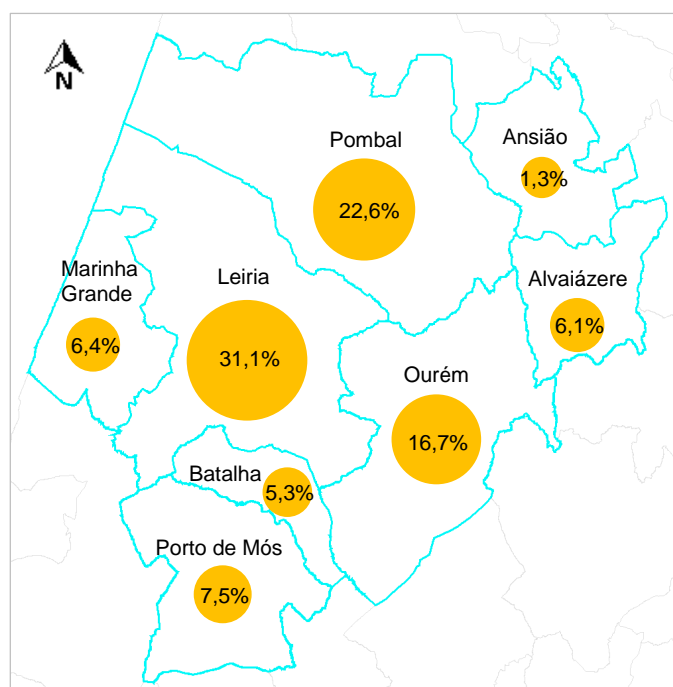


Figura 2 – Distribuição de pontos de iluminação pública por concelho da AOLRA.

Nos últimos três anos o número de solicitações para novos PIPs não sofreu variações significativas, estando anualmente na ordem das três centenas para a globalidade dos

municípios. Os tipos de pedido encontram-se divididos em três categorias, sendo eles, ampliação de rede de Baixa Tensão (BT) com IP, ampliação de rede IP ou renovação de focos de IP, com uma contribuição média nos últimos dois anos de 22,2%, 63,4% e 14,4%, respetivamente, para cada tipo de solicitação [9].

Nos consumos de energia elétrica, fruto da implementação de medidas de promoção da eficiência energética, verificou-se nos últimos três anos um decréscimo de 5,31MWh, equivalente a uma redução de 9,7 pontos percentuais da fatura energética no conjunto dos municípios (Gráfico 1) [9].

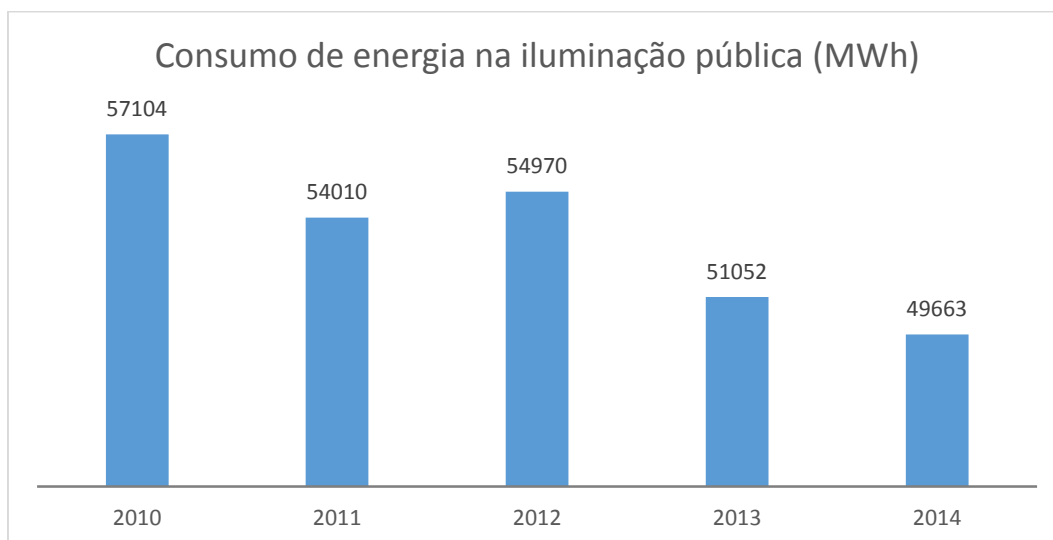


Gráfico 1 – Evolução de consumos de energia de iluminação pública de 2010 a 2014 na AOLRA.

Distribuídos por 62,3% PTs do tipo aéreo, 17,8% cabine alta, 19,8% e 0,3% cabine baixa e subterrânea, respetivamente, os circuitos de IP são controlados em 75,9% dos casos com recurso a Interruptores Horários Astronómicos (IHA) cujos *offsets* de ligação e desligação são programados de acordo com as especificações horárias de cada autarquia. As células fotoelétricas comandam 0,2% dos circuitos e os restantes são controlados por teleparametrização de *Energy Boxes* (EBs) ou telegestão [4] [10].

A rede de IP caracteriza-se por ser maioritariamente do tipo aérea, aproximadamente 84,3%, suportada essencialmente na utilização de postes de betão que na generalidade dos casos também estão afetos à rede de distribuição em BT. Em redes subterrâneas, onde os circuitos elétricos são normalmente instalados em canalizações próprias, prevalece o uso de colunas metálicas, as quais beneficiaram do cessar de instalação de colunas de marmorite na rede devido às suas características físicas (e.g. dificuldade acrescida no processo do transporte e arvoreamento, maior perigosidade em caso de embate e queda, etc.) e custos de aquisição e manutenção superiores. Na impossibilidade

de se utilizar um dos apoios de uso mais corrente (postes de betão ou colunas metálicas) por configurações arquitetónicas, tipologia de via, instalação, etc., seguem-se outras soluções que têm uma aplicação residual, como se pode visualizar no Gráfico 2 [4].

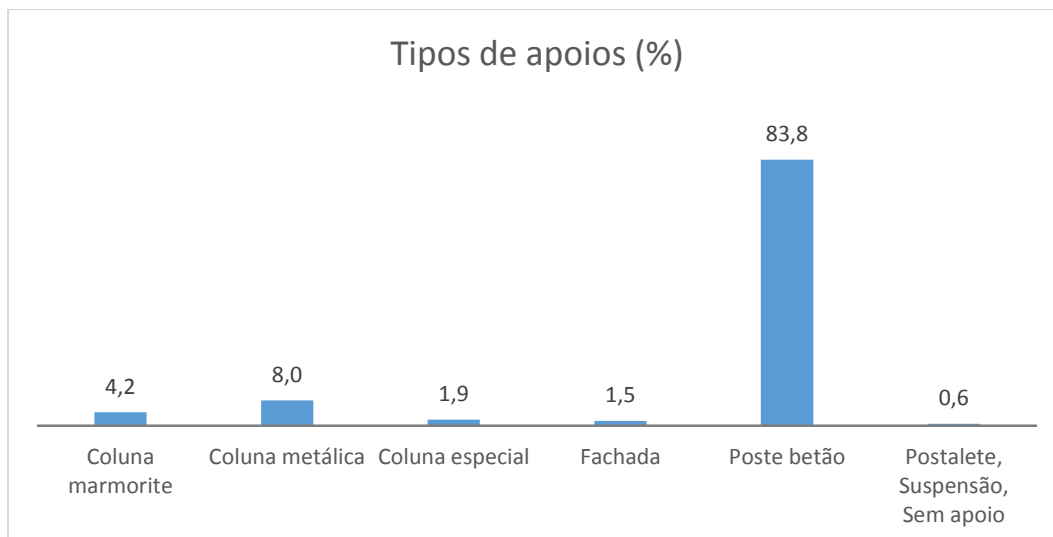


Gráfico 2 – Tipos de apoios aplicados na rede de iluminação pública na AOLRA.

Na tecnologia de fontes luminosas aplicadas, as *High Pressure Sodium* (HPS) têm uma utilização predominante. Existe ainda uma parcela significativa de lâmpadas de *High Pressure Mercury* (HPM) que tem vindo a ser progressivamente substituída e o enraizar, principalmente no último ano, da tecnologia *Light Emitting Diode* (LED). A utilização de lâmpadas de iodetos metálicos e fluorescentes é uma minoria não sendo, inclusive, de utilização em todos os municípios [4]. No Gráfico 3 pode-se visualizar a contribuição percentual dos diversos tipos de tecnologia de fontes de luz instaladas na AOLRA.

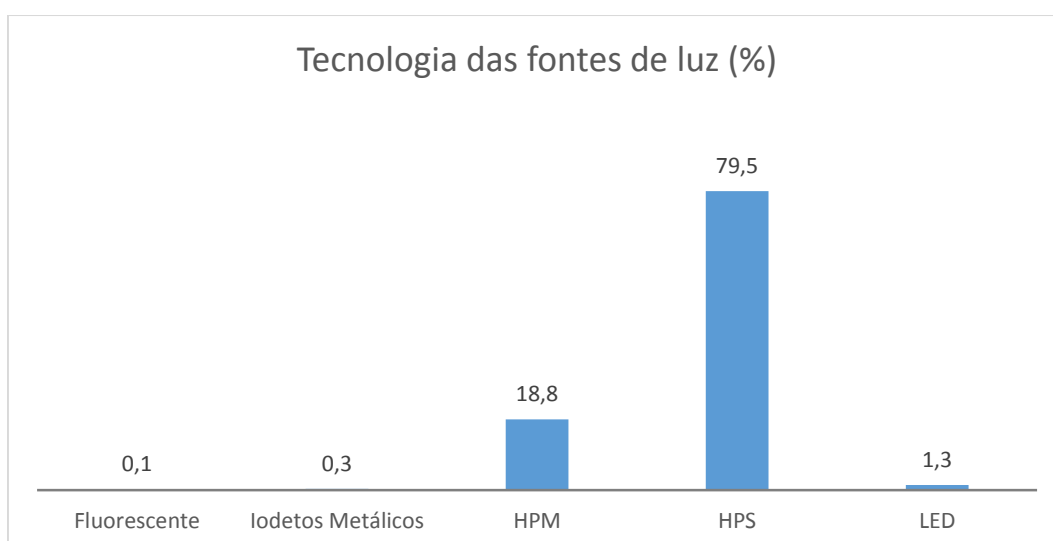


Gráfico 3 – Tecnologia das fontes de luz aplicadas na iluminação pública na AOLRA.

No que se refere às potências elétricas das lâmpadas de HPS, em zonas rurais é frequente a utilização de 50, 70 e 100W, prevalecendo nas zonas urbanas as potências de 100 e 150W. As lâmpadas de HPM, pela sua localização atual ser essencialmente rural, são na sua maioria de 50W, ainda que existam, em zonas de volume de tráfego acentuado, de 80 e 125W que vão sendo progressivamente substituídas. Fontes de luz com potências de 200, 250 e 400W são de utilização muito escassa como se pode observar no Gráfico 4 [4] [11].

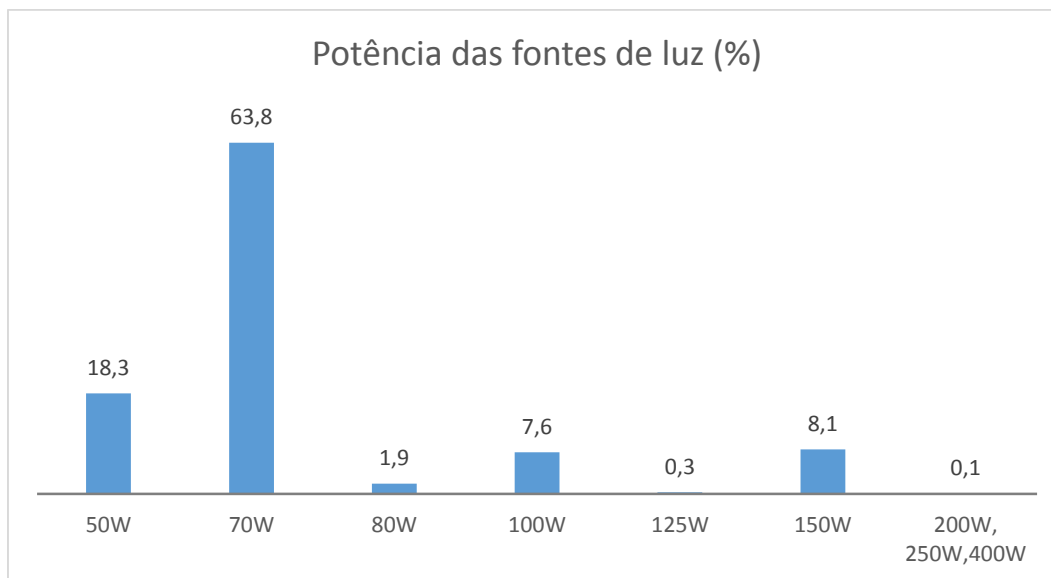


Gráfico 4 – Potências das fontes de luz aplicadas na iluminação pública na AOLRA.

Nas luminárias de tecnologia LED a utilização corrente está compreendida entre os 39 e 43W, existindo situações pontuais, cujo tráfego é exclusivamente pedonal ou as características da via rodoviária assim o permitem, com utilização de luminárias de 29W.

### 1.3 Motivação e âmbito

Com base no que foi anteriormente referido fica evidente a elevada importância com que se reveste a temática da IP nos dias de hoje, particularmente, para os municípios que procuram reduzir a sua fatura energética devido à atual conjuntura económica fortemente restritiva. Por conseguinte, têm-se concentrado esforços por parte dos municípios e da concessionária da rede com o propósito de tornar, ainda mais, eficientes as infraestruturas de IP.

Considerando a IP viária existente (excluindo a publicitária, monumental e decorativa) e ao abrigo do contrato de concessão entre autarquias e operador da rede, este

trabalho pretende expor os programas de promoção de eficiência energética em curso nos municípios afetos à AOLRA, com o objetivo de estudar se o caminho percorrido até então tem de facto contribuído para uma rede de IP mais eficiente. Por outras palavras, se se tem conseguido uma redução global de custos e consumos, e de que forma estas alterações têm/podem ter impacto no cumprimento das normas e regulamentos, nomeadamente, nos parâmetros luminotécnicos e de qualidade de energia da rede de distribuição.

## 1.4 Estrutura do documento

Este documento é composto por oito capítulos que abordam os temas considerados na sua análise.

O presente capítulo, de uma forma geral, enquadra a IP em Portugal, realçando a importância que assume tanto no quotidiano das pessoas como nos gestores e operador da rede de distribuição. Tem também como objetivo caracterizar as infraestruturas de IP abrangidas pela AOLRA.

No segundo capítulo, é feita uma análise sumária ao estado da arte, com principal foco nas normas, regulamentos e documentos de referência orientadores nesta temática. Expõem-se também as definições e conceitos luminotécnicos fundamentais ao entendimento deste trabalho, bem como as principais tecnologias atualmente em uso no parque de IP portugueses.

No terceiro capítulo, descreve-se o processo de gestão da IP na EDPD, realçando o que lhe está inerente e vincando a sua importância e aplicação.

No quarto capítulo, é feita uma abordagem ao procedimento de atualização e consulta do cadastro da rede de IP na AOLRA, explanando quem, quando, como e onde se realiza esta atividade.

No quinto capítulo, são detalhados os programas de eficiência energética em curso nos municípios da AOLRA, sobre os quais se realizam dois estudos de casos práticos resultantes da alteração da tecnologia de fontes luminosas.

No sexto capítulo, é realizado um estudo luminotécnico de IP eficiente (com avaliação económica) a aplicar na reabilitação da principal avenida de um dos municípios da AOLRA.

No sétimo capítulo, é abordada uma iniciativa *Lean Thinking* desenvolvida em paralelo com a realização deste trabalho.

Por último, no oitavo capítulo, são tiradas ilações sobre a globalidade do trabalho desenvolvido deixando em aberto espaço para o seu acompanhamento e desenvolvimento.

## 2. Iluminação Pública – estado da arte

---

O desenvolvimento e aplicação de soluções que tornem as infraestruturas de IP mais eficientes implicam o conhecimento prévio da legislação vigente, dos conceitos intrínsecos a fatores fisiológicos, elétricos, luminotécnicos e ambientais, e das características funcionais das tecnologias disponíveis e aplicáveis a este fim, dado que qualquer um destes elementos tanto pode despoletar como condicionar ações e/ou resultados.

De seguida, são abordados, de maneira geral, os elementos contidos no âmbito deste trabalho e imprescindíveis à compreensão dos demais capítulos.

### 2.1 Normas, regulamentos e documentos de referência

Para garantir o mínimo de eficiência luminotécnica nos sistemas de IP, em termos gerais, estes devem obedecer às especificações recomendadas por um conjunto de normas emanadas pela *Commission International d'Éclairage* (CIE). No entanto, por se tratar de normas gerais, estas abordam alguns pontos de forma vaga, sendo inclusivamente omissas em muitos aspetos, como por exemplo, a eficiência energética [12]. De modo a suprimir as lacunas evidenciadas pelas normas da CIE, surge a Norma Europeia para a Iluminação Pública, a EN 13201. Esta norma encontra-se dividida em quatro secções chave que padronizam os principais fatores luminotécnicos a levar em consideração numa instalação de IP, sendo eles: a escolha das classes de iluminação, os parâmetros fotométricos recomendados, o cálculo dos padrões fotométricos e os métodos de medição das performances fotométricas [13].

Em Portugal, dando cumprimento ao previsto no n.º 1 do artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 344-B/82 e à respetiva Portaria n.º 148/84 (de 15 de Março) a rede de IP, na sua generalidade, é sustentada pela atual Portaria n.º 454/2001 (de 5 de Maio), que estipula o modelo de contrato tipo pelo qual a Câmara Municipal, outorgando em representação do seu município, concede à EDP a distribuição de energia elétrica em BT na área do município afeto. Entre outras cláusulas define as condições de estabelecimento e conservação das redes, aparelhos e suportes de IP. Determina ainda os respetivos encargos atribuídos a cada uma das partes envolvidas [14].

De âmbito técnico a IP encontra-se sujeita às normas e regulamentos das redes de distribuição de energia elétrica em BT, nomeadamente, o Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão – Decreto Regulamentar n.º 90/84 (de 26 de dezembro) e as Regras Técnicas das Instalações Elétricas em Baixa Tensão – Portaria n.º 949-A/2006 (de 11 de setembro).

Suportados pela legislação citada, baseiam-se os documentos normativos da EDPD que identificam e qualificam as características funcionais, regras de montagem, execução e ensaios dos materiais e equipamentos passíveis de utilização na rede abrangida pelo contrato de concessão.

Transversal a toda esta legislação, a nível nacional existe o Documento de Referência para a Eficiência na Iluminação Pública apresentado pela Associação das Agências de Energia e Ambiente, em parceria com outras entidades. Não fazendo lei, e por isso não é de aplicação obrigatória, este documento vem refrescar alguns conceitos ao nível do projeto de IP que vinham a ficar desajustados face às evoluções tecnológicas da última década. Este documento tem a particularidade de se aplicar exclusivamente a novos projetos de IP ou a remodelações completas de instalações existentes, tendo como objetivo estabelecer, como referência, os parâmetros técnicos a adotar numa instalação por forma a se obter uma maior eficiência energética e, conseqüentemente, conduzir a uma diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> durante o período de utilização da mesma [15].

Não obstante da legislação e recomendações referidas surgem outras diretivas, como a aplicação do PNAEE e a ENE 2020 que definem um conjunto estratégias que visam o cumprimento das medidas impostas pela União Europeia no sentido de alcançar objetivos a respeito da eficiência e sustentabilidade energética [6].

Em suma, é passível de se afirmar que o quadro legislativo, normativo e recomendativo existente é extenso e complexo. Porém, encontram-se definidas todas as obrigações dos agentes que atuam neste campo para que se cumpram todas exigências associadas (na fase de projeto, construção e exploração) às infraestruturas de IP.

## 2.2 Definições e conceitos

Associados à temática da luminotecnia, por forma a quantificar e qualificar uma instalação de iluminação, existe um vasto número de conceitos a considerar. Importa assim proceder à definição dos que mais se enquadram no objetivo deste trabalho.

## 2.2.1 Luz e visão

### ▪ Luz

A luz é uma radiação eletromagnética capaz de produzir sensação visual nos olhos, ou seja, sucintamente é a parte do espectro que se consegue ver. É uma radiação cujo comprimento de onda situa-se entre 380 e 780nm, sendo uma parte ínfima do espectro conhecido por radiação eletromagnética (Figura 3) [16].

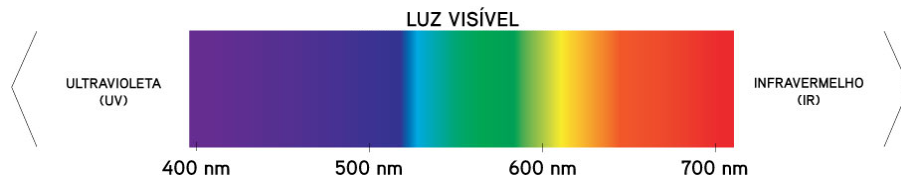


Figura 3 – Espectro da luz visível [16].

### ▪ Acuidade visual

Relaciona-se com a capacidade de resolução espacial de dois pontos, pelo que depende da densidade dos recetores na retina e do poder de refração do sistema das lentes óticas, por outras palavras, é a capacidade que o olho tem de reconhecer separadamente, com nitidez e precisão, objetos muito pequenos e próximos entre si. Pode ser afetada por diversos fatores, nos quais se inclui:

- Adaptação – é capacidade que o olho humano possui para se ajustar a diferentes níveis de intensidade luminosa, mediante os quais a pupila irá dilatar ou contrair;
- Acomodação – é o ajustamento das lentes do cristalino do olho de modo a que a imagem esteja permanentemente focada na retina;
- Contraste – é a diferença de luminância entre um objeto que se observa e o seu espaço envolvente;
- Idade – a capacidade visual de uma pessoa diminui com a idade, uma vez que, com o passar dos anos o cristalino endurece perdendo a sua elasticidade, o que torna mais complicada a tarefa de focalização das imagens dos objetos [15].

## 2.2.2 Luminotecnia

### ▪ Fluxo luminoso

Expressa a quantidade total de luz emitida por segundo, por uma fonte de luz ponderado com respeito à sensibilidade espectral do olho humano. Deve-se ao facto do

olho humano conseguir enviar informação ao cérebro sobre a imagem que vê ser diferente em função da cor que produz o estímulo [16].

- **Intensidade luminosa**

É o fluxo luminoso radiado por uma fonte de luz numa direção específica [16].

- **Luminância**

Relaciona-se com a perceção da luz refletida em determinada superfície numa dada direção. O seu valor é dado pelo quociente entre a intensidade luminosa que provém de uma superfície e a área aparente desta. A área aparente corresponde à projeção da superfície na perpendicular da direção de observação [15].

- **Iluminância**

Indica a quantidade de fluxo luminoso recebido por uma superfície concreta. É determinada pela relação entre intensidade luminosa e a distância ao quadrado da superfície, ou seja, é igual a um lúmen por metro quadrado ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ). Na prática o fluxo luminoso não tem uma distribuição uniforme em toda a superfície logo a iluminância não tem os mesmos valores para todos os pontos da superfície. Existem quatro medidas de iluminância possíveis: a horizontal (vulgarmente designada apenas por iluminância), a vertical, a semicilíndrica e a hemisférica [15]. De salientar que esta grandeza assume um papel primordial no estudo luminotécnico e no planeamento de qualquer instalação de iluminação, pois associa-se à previsão da quantidade de lux's que se irá obter nesse local.

- **Uniformidade Geral**

É a relação entre o valor de luminância mínima e o valor de luminância média, de uma instalação de iluminação. Resulta num valor adimensional variando entre zero e a unidade, indicando assim a distribuição da luminosidade na superfície aferida [16].

## 2.3 Tecnologias existentes

São diversas as tecnologias que integram uma infraestrutura de IP, tais como as luminárias, fontes luminosas e sistemas de controlo e/ou monitorização, pelo que será concebida uma breve revisão das principais soluções em uso.

### 2.3.1 Luminárias

Designa-se por luminária (Figura 4) todo o aparelho capaz de direcionar, filtrar e controlar o fluxo luminoso emitido por uma ou mais lâmpadas e que inclua todos os equipamentos e acessórios necessários para os fixar, proteger e alimentar. As funções primordiais de uma luminária de IP são garantir a distribuição do fluxo luminoso desejado com o melhor rendimento possível (evitando sempre o efeito de encandeamento que esta possa causar aos utilizadores), assegurar as condições técnicas para o bom funcionamento dos elementos elétricos (garantindo a segurança dos próprios componentes e dos utilizadores) e a proteção das lâmpadas, dos equipamentos auxiliares e do sistema ótico perante as condições climatéricas [11] [17].



*Figura 4 – Luminária LED de última geração [18].*

No âmbito da eficiência energética este equipamento tem um peso significativo nos resultados finais, dado que uma luminária de baixo rendimento condiciona severamente o nível de iluminação emitido, independentemente do tipo e potência da lâmpada que albergue. Seguindo essa orientação nas duas últimas décadas as luminárias têm sido alvo de grande evolução, evidenciando-se melhorias ao nível da estética, eficiência e robustez, sendo possível hoje em dia encontrar no corpo da luminária não só o suporte da lâmpada e os dispositivos de fixação mas todo um conjunto de elementos tais como refletores, refratores, difusores, dispositivos de regulação angular e ambientadores isostáticos [1] [11].

### 2.3.2 Fontes luminosas

As fontes luminosas com maior empregabilidade no parque de IP português, tal como foi referido no capítulo inicial, repartem-se entre as designadas lâmpadas de descarga, nas

quais se inclui as de vapor de sódio (82,1%), HPM (16,1%) e os iodetos metálicos (0,9%), sobre as fluorescentes (0,3%) e nas soluções LED (0,6%) [4].

Antes de se proceder à discretização sumária de cada tipo de lâmpada e dos equipamentos auxiliares, essenciais ao seu funcionamento, definem-se os conceitos de Índice de Reprodução de Cor (IRC), temperatura de cor e vida útil, entendidos como fundamentais à interpretação das características técnicas de cada solução.

### 2.3.2.1 Conceitos

#### ▪ Índice de Reprodução de Cor

É a capacidade de reprodução cromática do objeto iluminado por uma fonte de luz, sendo por isso um valor indicativo da capacidade da fonte de luz para reproduzir cores, em comparação com a reprodução obtida pela luz solar, tomada como referência. Este índice varia entre 0 e 100 para, respetivamente, nenhuma e máxima capacidade reprodução de cor. Quanto maior o IRC melhor é o equilíbrio entre as cores [15].

#### ▪ Temperatura de cor

O conceito de luz quente ou fria relaciona-se com a tonalidade de cor que a fonte de luz apresenta ao ambiente, sendo uma característica da luz visível, determinada pela comparação da sua saturação cromática com a de um corpo negro radiante ideal. Do ponto de vista técnico, a tonalidade da luz que irradia uma fonte de luz conhece-se pela sua temperatura de cor sendo que nas fontes luminosas pode variar entre 2.000 até mais de 10.000K (Figura 5) [16].



Figura 5 – Temperatura de cor [16].

#### ▪ Vida útil

É a referência que prevê os períodos de reposição das lâmpadas. Determina-se analisando as curvas de depreciação e de sobrevivência, ou seja, quando as perdas entre as duas curvas somam 20 ou 30% [19]. Nas lâmpadas de descarga reconhece-se que as

principais causas de falha são a degradação dos elétrodos (resultante do esgotamento do material emissor de elétrons) ou a alteração gradual na composição do gás de enchimento. Em ambos os casos é necessário uma tensão do arco superior à que a fonte de alimentação consegue facultar [11].

#### ▪ Eficiência luminosa

A eficiência luminosa, ou rendimento luminoso, de um foco de luz é a relação entre o fluxo luminoso total emitido pelo foco e a potência por ele absorvida [15].

### 2.3.2.2 Tipos de fontes luminosas

#### ▪ Vapor de Sódio de Alta Pressão

Na lâmpada de HPS (Figura 6) uma pequena quantidade de sódio misturada com mercúrio é colocada numa cápsula de vidro que contem xénon no seu interior. Aquando do processo de aquecimento da lâmpada, o sódio e o mercúrio vaporizam-se gradualmente, fazendo com que a lâmpada emita uma luz ténue. À medida que a pressão aumenta, a intensidade de luz também sobe, até chegar ao ponto em que a primeira estabiliza e o fluxo luminoso mantém-se. Quanto maior for a potência da lâmpada, maior será a temperatura no seu interior e quanto maior for a temperatura, maior será a pressão do vapor e menor a resistência elétrica da lâmpada.



Figura 6 – Lâmpada de HPS do tipo ovoide e tubular [19].

Este tipo de lâmpada tem um rendimento luminoso na ordem dos 65 a 130lm/W. A luz que emite contém uma tonalidade alaranjada, com uma temperatura de cor no intervalo dos 1.900 a 2.500K e um IRC entre os 25 e os 80. Emite radiação em grande parte do espectro visível e muito pouca na região dos Ultravioleta (UV). Possui um tempo de arranque de 5 minutos, a partir dos quais pode fornecer uma luminância de 25 a 500cd/cm<sup>2</sup> durante as 26.000 horas de vida útil. Necessitam de balastro, *ignitor* e condensador como equipamento auxiliar [2] [5] [19].

### ▪ Vapor de Sódio de Baixa Pressão

Entre as lâmpadas de vapor de sódio instaladas nas instalações de IP, as de baixa pressão são uma pequena minoria. Constituídas por um tubo de descarga em vidro, em forma de “U” com um elétrodo em cada extremidade, são concebidas para refletir a radiação Infravermelha (IV). Deste modo garante-se uma temperatura suficientemente elevada para que seja possível a vaporização do sódio. No interior do tubo de descarga, que se encontra dentro da ampola de vidro que constitui o invólucro exterior da lâmpada, existe sódio e um gás inerte que possibilita o arranque da lâmpada.

O elevado rendimento luminoso de 98 a 200lm/W tornam este tipo de lâmpada bastante eficiente. Apresenta um espectro monocromático na faixa do amarelo, tendo um IRC muito baixo (próximo de zero) e uma temperatura de cor de 1.700K. Tem uma vida útil de 12.000 horas e um tempo de arranque bastante elevado, aproximadamente, 10 minutos, a partir do qual proporciona uma luminância de 6cd/cm<sup>2</sup>. Tal como as HPS necessitam de balastro, *ignitor* e condensador como equipamento auxiliar [2] [5].

### ▪ Vapor de Mercúrio de Alta Pressão

A lâmpada de HPM (Figura 7) tem como princípio de funcionamento a descarga entre dois elétrodos, que se encontram no interior de um tubo no qual existe uma mistura de mercúrio, sob alta pressão, e árgon. Durante o processo de aquecimento, o mercúrio vaporiza-se progressivamente, sendo expelida uma luz de fraca intensidade.



Figura 7 – Lâmpada de HPM [19].

Com o propósito de se produzir radiação vermelha no interior do invólucro (para transformar parte da radiação UV emitida em luz visível) este tipo de lâmpada possui uma camada de pó fluorescente. Este método permite uma melhoria expressiva no aspeto da luz emitida, contudo, não se exprime numa melhoria significativa do IRC nem do rendimento luminoso.

O rendimento luminoso é bastante baixo, de 36 a 60lm/W. A temperatura de cor varia entre 3.000 a 4.000K com um IRC, aproximadamente, de 50. O tempo de arranque situa-se nos 4 minutos para este tipo de lâmpada. Tem uma vida útil média de 10.000 horas

durante a qual despende uma luminância de 4 a 15cd/cm<sup>2</sup>. Como equipamento auxiliar necessitam de balastro e condensador [2] [5] [19].

#### ▪ Iodetos Metálicos

A lâmpada de iodetos metálicos (Figura 8) possui, na sua essência, a mesma constituição que as lâmpadas de HPM, diferindo na mistura de substâncias incluídas no tubo de descarga. Neste tipo de lâmpadas são acrescentados ao mercúrio elementos com emissores moleculares ou com emissores iónicos, alcançando-se uma emissão de luz que abrange ou não, respetivamente, todo o espectro de radiação.



Figura 8 – Lâmpada de iodetos metálicos [19].

O rendimento luminoso deste tipo de lâmpada oscila entre os 65 e os 100lm/W. A temperatura de cor varia entre 3.000 a 6.000K com um IRC de 81 a 95. O tempo de arranque situa-se nos 4 minutos, apresentando uma vida útil média de 9.000 horas durante a qual proporciona uma luminância de 6cd/cm<sup>2</sup>. Como equipamento auxiliar necessitam de balastro, *ignitor* e condensador [2] [5] [19].

#### ▪ Light Emitting Diode

O LED (Figura 9) é um díodo semicondutor que, quando polarizado, faz com que os eletrões se recombinem no seu interior, libertando energia na forma de fotões. A luz é emitida numa banda espectral relativamente estreita e é produzida pelas interações energéticas dos eletrões [20].



Figura 9 – Tipo de LED aplicado em luminárias de iluminação pública [21].

Apesar de serem largamente utilizados em dispositivos eletrónicos, só recentemente é que conseguiram ser uma alternativa à iluminação convencional utilizada na IP, fruto das

evoluções significativas de que têm sido alvo, nomeadamente, na potência e no IRC. A tecnologia LED apresenta um consumo elétrico menor quando comparada com outras fontes luminosas, conferindo-lhe um elevado nível de eficiência energética. Caracteriza-se por ter um arranque imediato, pelo que atingem o brilho normal rapidamente, fornecem uma luminosidade de excelente qualidade, elevado IRC e flexibilidade na temperatura de cor. Além da elevada robustez, proporcionando resistência a impactos e vibrações, apresentam uma durabilidade superior e não atraem tantos insetos quando comparados com as lâmpadas convencionais. O seu tamanho é reduzido sem apresentar partes móveis, filamentos, gases, chumbo ou mercúrio. Assume-se como uma tecnologia promissora que tolera facilmente a realização de regulação de fluxo luminoso e a integração de sensores de monitorização de estados/grandezas elétricas.

A grande limitação deste tipo de tecnologia é a temperatura de funcionamento, ou seja, o calor que é gerado quando estão ligadas é bastante elevado. Este facto obriga os fabricantes a ter especial atenção aos dissipadores que associam às luminárias, os quais por vezes impõem um peso extremamente elevado ao conjunto quando comparado com as luminárias tradicionalmente aplicadas. Outro problema é o pequeno ângulo de abertura do feixe de luz, sendo necessário o uso de refletores. De salientar que ainda surgem algumas dúvidas a respeito da fiabilidade e durabilidade técnica quando expostos à intempérie [11] [20] [22].

### 2.3.2.3 Equipamentos auxiliares

A utilização de lâmpadas de descarga ou tecnologia LED requer o uso de equipamentos auxiliares, que permitem maximizar as potencialidades funcionais de cada fonte luminosa e ainda prolongar a sua vida útil.

#### ▪ Dispositivos para lâmpadas de descarga

- Balastros – são equipamentos, do tipo eletromagnético ou eletrónico, essenciais ao funcionamento das lâmpadas de descarga. Têm a função de limitar a corrente de funcionamento, produzir a tensão de arranque e pré-aquecer os elétrodos de modo a facilitar a emissão de eletrões para iniciar a descarga [11]. A inadequada utilização, relativamente à potência e ao tipo de lâmpada para a qual se encontra dimensionado, diminui drasticamente o tempo de vida útil da lâmpada (Figura 10).



Figura 10 – Balastro eletromagnético e balastro eletrônico [23] [24].

Os balastros eletromagnéticos são constituídos por uma bobina enrolada num núcleo ferromagnético. São tipicamente mais simples, robustos e baratos, todavia, apresentam grandes dimensões, elevado peso, pouca fiabilidade e baixa eficiência devido à sua componente fortemente indutiva. O consumo energético deste equipamento corresponde, na generalidade dos casos, a 12% da potência da lâmpada [11] [17]. Os balastros eletrónicos são mais eficientes que os anteriores, pois apresentam perdas reduzidas e fatores de potência elevados que levam, normalmente, a dispensar o uso de condensadores de compensação. Adicionalmente podem acumular as funções de *ignitor* e/ou regulador de fluxo luminoso (balastros eletrónicos reguláveis) no mesmo dispositivo. São constituídos por uma fonte comutada permitindo que, quando a frequência de comutação é elevada, se consiga anular o efeito estroboscópico e ainda aumentar a eficiência da lâmpada [17].

- *Ignitor* – é um dispositivo que visa promover o arranque das lâmpadas de descarga, gerando impulsos de tensão de valor superior à que é utilizada pela fonte luminosa em regime permanente. Estes impulsos de tensão de valor elevado (de 1 a 5kV) proporcionam a rutura do arco do gás de ignição. Os *ignitores*, que em alguns casos já vêm incorporados no interior das lâmpadas, não devem funcionar depois de efetuado o arranque, sob pena de as envelhecer precocemente [11].
- Condensador de compensação de fator de potência – é comum utilizar-se este dispositivo como carga capacitiva. Os circuitos de alimentação de lâmpadas de descarga, quando se aplica o conjunto balastro eletromagnético e *ignitor*, tendem a ter um fator potência fortemente indutivo. Perante esta evidência, preconiza-se a aplicação de condensadores para se efetuar a correção do fator potência e, conseqüentemente, reduzir as perdas na rede. A escolha da capacidade a aplicar deve ser adequada à potência da lâmpada utilizada [11].

## ▪ Dispositivos para tecnologia LED

○ *Driver* – é um dispositivo eletrônico que tem como função base a conversão da tensão alternada da rede em tensão contínua, para alimentar e controlar os circuitos eletrônicos da(s) *string(s)* de LEDs numa luminária. Existem dois tipos de *drivers* (Figura 11), corrente constante ou tensão constante, que respondem às necessidades elétricas dos LEDs. Ambos fornecem uma potência constante que se ajusta automaticamente às temperaturas de funcionamento dos elementos de forma a protegê-los e a otimizar o seu rendimento. Adicionalmente, alguns *drivers* permitem efetuar regulação de fluxo luminoso, controlar as comunicações e até implementar capacidades de inteligência artificial [20] [22].



Figura 11 – Driver LED [22].

○ Dissipador – é um elemento fundamental para garantir a qualidade e a durabilidade dos LEDs pois, ao contrário das lâmpadas convencionais, o LED não irradia calor no seu feixe de luz, gerando-o em grande quantidade na parte de trás. Existem modelos de LEDs que acoplam logo no processo de fabrico dissipadores de calor próprios, porém, numa luminária LED, face à potência global instalada, tornam-se insuficientes para dissipar o calor produzido pelo conjunto. Nesse sentido, projeta-se o tamanho e a configuração do corpo da luminária para que esta possa servir de dissipador, sendo, normalmente, o alumínio o material utilizado para o efeito [11] [20] [22]. A Figura 12 mostra um LED típico de aplicação nas luminárias de IP incorporado sobre um dissipador em forma de estrela.



Figura 12 – Dissipador tipo estrela para LED de alta potência [20].

○ Ótica – é um dispositivo que permite realizar a dispersão do feixe de luz. Ao invés das lâmpadas convencionais, a luz emitida por um LED é pontual, tornando-se

necessário a acoplação de lentes especiais que procuram, principalmente, reduzir o efeito de encadeamento. Existem dois tipos de óticas, a primária e a secundária. A ótica primária trata-se de um microrefletor, incorporado aquando o fabrico do LED, que direciona a luz para o topo do encapsulamento. A ótica secundária são conjuntos de refletores utilizados para direcionar o feixe de luz consoante a aplicação prática dos LEDs [20] [22].

### 2.3.3 Sistemas de controlo e/ou monitorização

Os sistemas de controlo e/ou monitorização podem ser classificados de sistemas autónomos “sem inteligência” ou sistemas autónomos “inteligentes”.

Como sistemas autónomos “sem inteligência” existem, os largamente utilizados nas infraestruturas de IP, relógios convencionais, IHAs e sensores crepusculares (Figura 13). Todos eles possibilitam ligar e desligar uma ou um grupo de luminárias mas têm características de funcionamento particulares. O relógio convencional atua nos instantes de tempo pré-determinados sem controlar qualquer variável (e.g. luminosidade). O IHA atua de acordo com a hora de nascer e pôr-do-sol, sendo que estas horas são determinadas através da posição geográfica configurada no dispositivo e automaticamente ajustadas ao longo do ano. Por último, o sensor crepuscular, também conhecido por célula fotoelétrica, é um sensor de luz ambiente cuja célula fotoelétrica presente no interruptor crepuscular irá ligar ou desligar a iluminação como, respetiva, reação à diminuição ou aumento de luminosidade [11] [25] [26].



Figura 13 – Relógio convencional, interruptor horário astronómico e sensor crepuscular [24] [27].

No entanto, estes sistemas não são de toda a tecnologia mais eficiente em termos energéticos, principalmente os relógios convencionais e os sensores crepusculares, ao não se ajustarem às necessidades de luminosidade, de controlo de consumos, entre outras limitações que serão abordadas no capítulo 5. Uma das formas de maximizar a eficiência dos sistemas de iluminação é integrar nos pontos de luz sensores que permitam recolher informação tanto da instalação como da área envolvente para que a mesma seja enviada

para uma unidade de controlo local. Esse envio, efetuado através de protocolos de comunicação, visa levar a unidade de controlo local a processar a informação recebida e a realizar o controlo e comando da rede de forma “inteligente”. A esta grande vantagem pode-se juntar a possibilidade do gestor/operador da rede atuarem remotamente sobre a instalação a todo o instante.

No âmbito dos sistemas de IP podem-se classificar os sensores em quatro grupos, consoante os parâmetros que medem e a funcionalidade que estes têm para o sistema:

- Sensores operativos – uma das características mais importantes num sistema de iluminação é a realização de regulação de fluxo onde os sensores operativos são de fulcral importância, pois auxiliam no controlo direto do fluxo luminoso. Para esse efeito, torna-se necessário fazer a medição de duas variáveis relevantes: a luminosidade ambiente (e.g. fotodíodos, fototransístores,...) e a existência de movimento (e.g. detetores acústicos, detetores capacitivos,...);
- Sensores de manutenção – têm a função de garantir a manutenção e o bom funcionamento do sistema com aplicações, por exemplo, na medição de correntes, tensões e temperaturas na instalação através de termopares, termístores,...);
- Sensores climatéricos – sensores que em condições climatéricas adversas (chuva intensa, nevoeiro, neve) possam efetuar regulação da luminosidade no sentido de proporcionar maior segurança aos utentes da via;
- Sensores de integridade do sistema – são utilizados para confirmar a integridade do sistema, ou seja, verificar e informar se alguma estrutura do sistema está danificada (e.g. luminária, apoio,...) [28].

A comunicação dos sensores com a unidade de controlo local pode ser efetuada pelo uso da rede de energia de alimentação das luminárias, designado tecnicamente por *Power Line Communication* (PLC), ou através de Radiofrequência (RF) que inclui, entre outras, a tecnologia *Wireless*, *ZigBee*, *Mesh Network*. O acesso remoto à unidade de controlo local pode ser efetuada via *internet* com comunicações *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP), *Asymmetric Digital Subscriber Line* (ADSL), Terceira Geração (3G) ou *Global System for Mobile Communications* (GSM), dependendo da cobertura existente das redes de telecomunicações em cada região. Normalmente estes sistemas têm a capacidade de gerar alertas de defeitos e/ou incidentes que permitem elevar a qualidade de serviço. Estes alarmes, na maioria das soluções tecnológicas existentes, são emitidos via PLC, GSM, *Wireless*, ligação direta a software de gestão (incorporado em computador ou outro terminal) e/ou correio eletrónico [26] [28] [29].

## 3. Processo operacional da iluminação pública na EDP Distribuição – Energia S.A.

Na EDPD todos os trabalhos assentam sobre procedimentos operacionais que permitem detalhar as etapas necessárias à realização das inúmeras atividades existentes. Estes procedimentos, desenhados sobre a forma de fluxogramas e/ou mapa de atividades, são processos sistemáticos, de possível concretização e com a aprovação dos intervenientes, nos quais é estipulado um objetivo a atingir com uma entrada e uma saída claramente bem definidas. A sua necessidade justifica-se pelo elevado número de entidades, recursos humanos e materiais envolvidos nas mais diversificadas tarefas, em que a utilização desta metodologia assume uma importância capital por forma a garantir, mediante a padronização, que se obtêm os resultados esperados [30].

### 3.1 Gerir a iluminação pública

No âmbito do contrato de concessão, a EDPD, quando tal for requerido pela autarquia, procede à realização de obras de construção ou ligação/desligação de rede de IP. Por conseguinte, após a receção formal do pedido, dá-se início a um grupo de procedimentos, globalmente designados de “Gerir a Iluminação Pública” (Figura 14), com a discriminação pormenorizada das atividades a desenvolver pela Área Operacional [31].

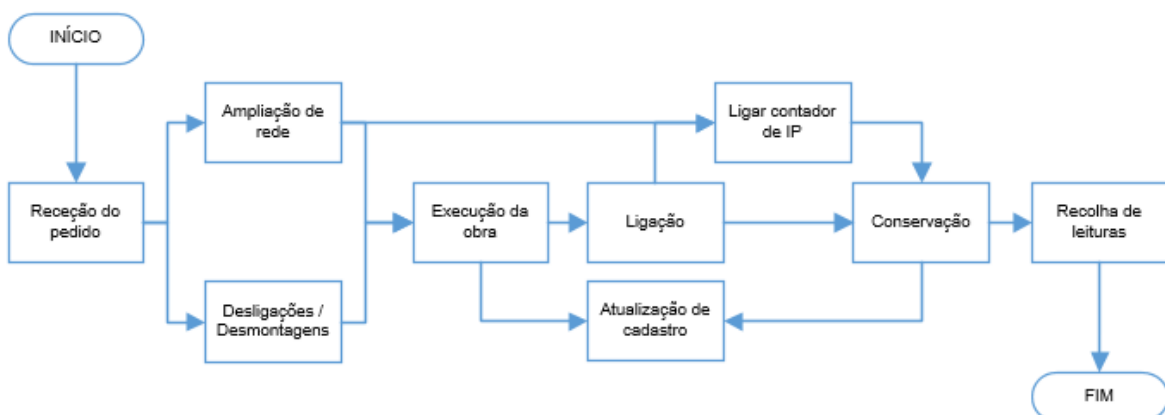


Figura 14 – Fluxograma do grupo de processos “Gerir a Iluminação Pública” [31].

Quando o pedido para a construção de infraestruturas de IP é rececionado na EDPD, este segue procedimentos de atuação distintos conforme o seu enquadramento.

Se a solicitação do município incidir sobre ampliação de rede, inicia-se todo um processo de valorização, cobrança e atribuição de obra. A primeira atividade deste processo consiste na recolha e análise de dados no terreno para o estudo, orçamentação e verificação de existência/condições de instalação do equipamento de contagem de IP. Depois de recolhidos os elementos necessários à execução da obra, se a mesma carecer de licenciamento, procede-se à elaboração do projeto, senão, avança-se para a fase da orçamentação na qual são criados os diagramas de rede (mapas de medições) que elencam todos os materiais a aplicar e as tarefas a realizar. Seguidamente, define-se a participação do município sobre a obra, para que se proceda ao envio da carta de cotação ao município com o custo global da obra, participação da autarquia e o prazo de execução após pagamento. Assim que se realize o envio da carta com o orçamento aguarda-se a resposta da autarquia. Se não houver lugar a participação e o município aceitar a execução da obra é dado seguimento nesse sentido. Todavia, se for passível de partilha de encargos o processo só evolui assim que o município aceite os valores que lhe são devidos. Após o cumprimento de todos os pressupostos, este processo termina com a adjudicação e liberação da obra ao empreiteiro (envio do pedido de compra e saída dos materiais necessários) e a entrega da pasta de obra ao técnico responsável pelo acompanhamento durante a fase de execução [31].

Se a solicitação do município incorrer em ligações/desligações de elementos da rede, o procedimento inicia-se com a deslocação ao terreno para análise e recolha de dados. Com base na informação reunida determina-se a viabilidade da solicitação e caso esta não seja exequível a autarquia é devidamente informada. A verificar-se a viabilidade da solicitação, procede-se ao seu tratamento em Gestão de Relação com as Autarquias (GRA) (ver secção 4.1.3), e seguem-se, de forma análoga, todas as etapas descritas anteriormente no processo de ampliação de rede [31].

Ambos os procedimentos descritos em cima terminaram na fase da adjudicação da obra ao empreiteiro e com a entrega da pasta de obra ao técnico responsável pelo seu acompanhamento. É este o ponto que faz fronteira com um novo procedimento que tem como objetivo a execução da obra. O processo inicia-se com o acompanhante de obra a enviar o *croqui*/projeto ao empreiteiro, a prestar toda a orientação necessária durante o seu desenvolvimento e aguardar a receção da informação de obra concluída. Terminada a obra realizam-se auditorias por forma a garantir que esta foi materializada de acordo com o projeto. A etapa seguinte consiste em analisar a situação do pagamento da obra, e em

caso de haver lugar a comparticipação e não se encontrar liquidada, solicita-se à autarquia a sua regularização. Finalizadas as etapas anteriores a autarquia é informada que a obra foi concluída, procede-se ao seu encerramento técnico e atualização das alterações no cadastro [31].

Nesta fase em que a obra está concluída e pronta a ser explorada eletricamente ocorre uma transição de responsabilidades a nível interno da EDP, o novo ativo da rede deixa de estar sob alçada do Grupo de Atividade de Obras e passa para o Grupo de Atividade de Manutenção e Reposição de Serviço encarregue de o ligar à rede e mantê-lo num estado em que seja capaz de executar as funções exigidas.

O procedimento, designado de ligação, tem intuito de colocar a instalação em tensão. A primeira atividade deste processo é verificar se a instalação já possui contador de IP. Se tal não se confirmar deve ser concretizada a sua implementação e celebrado um contrato de fornecimento de energia com um comercializador. Quando as etapas anteriores estiverem devidamente regularizadas e operacionais procede-se à colocação da instalação em tensão [31].

Assim que a instalação esteja eletricamente ligada à rede, ocorrem os processos de conservação dos ativos da rede de IP (sistemas de comando, sistemas de proteção, cabos condutores, apoios, armários, luminárias, lâmpadas e equipamento auxiliar). Os processos de manutenção previstos são de três tipos: Manutenção Preventiva Sistemática, de Manutenção Preventiva Condicionada e de Manutenção Corretiva.

A Manutenção Preventiva Sistemática é suportada em ordens de manutenção emitidas com uma periodicidade semestral, por PT que alimentem redes de IP. Neste tipo de manutenção, para além da inspeção visual a todo o sistema de IP, está incluída a reposição do funcionamento dos focos avariados, bem como a eventual substituição de acessórios cujo estado condiciona o bom funcionamento da instalação [32].

As ações de Manutenção Preventiva Condicionada resultam da necessidade de correção de anomalias identificadas nas ações de Manutenção Preventiva Sistemática, ou da comunicação de terceiros pelos vários canais disponíveis, contudo, não estão associadas a reposições de focos, de fornecimentos de energia ou de reparação de avarias. São exemplos deste tipo de manutenção a aprumação ou alinhamento de colunas de IP, a substituição de difusores e refletores, a reposição da fixação de luminárias/braços e a fixação de cabos/condutores [32].

Na Manutenção Corretiva são consideradas todas as ações associadas à reparação de avarias ocorridas na rede de IP, nas quais se inclui a reposição de focos em serviço

decorrentes da comunicação de terceiros através dos meios de comunicação disponíveis para o efeito. Para cada tipo de incidente estabelece-se um prazo de resolução [32].

Todos os tipos de manutenção identificados estão sujeitos a uma sequência de atividades semelhantes entre si, ou seja, começam com a emissão automática de ordens de manutenção (pela ferramenta de gestão da manutenção *Systems, Applications & Products in Data Processing* (SAP) de acordo com os critérios estabelecidos), orçamento e liberação (recorrendo a materiais de armazém e utilizando as tarefas e os preços da Empreitada Contínua), encerramento das ordens de manutenção (procedido da confirmação da boa execução dos trabalhos), e acompanhamento e controlo de todos os processos de obra através da análise de relatórios periódicos.

Finalmente, o último processo instituído na gestão da IP define as etapas a adotar para agilizar a recolha de leituras do contador de IP com recurso às ordens de serviço de leituras expedidas via SAP. Com atividades idênticas às expostas nos procedimentos de manutenção, preveem a seguinte sequência: gerar ordens de serviço de leitura de IP identificando a instalação e equipamento, executar as ordens de serviço nos prazos estabelecidos e realizar o carregamento das leituras em sistema, despistando eventuais inconformidades [31].

## 4. Cadastro da rede de iluminação pública na Área Operacional de Leiria

---

O estudo e aplicação de medidas que promovam o uso racional e eficiente de energia elétrica bem como a análise dos consumos faturados às autarquias partem do conhecimento das instalações de IP.

Para auxiliar o desenvolvimento destas tarefas surge o cadastro da rede de IP, assente numa base de dados na qual se quantifica, qualifica e georreferencia todos os focos de IP abrangidos pelo contrato de concessão.

Tendo em consideração que o parque de IP se encontra em frequente mutação, associadas a obras novas e/ou de manutenção da EDPD, solicitações autárquicas (e.g. desligações ou religações, desmontagens) ou de terceiros (e.g. loteamentos) é pertinente que se consiga refletir todas estas alterações na base de dados.

Neste pressuposto, para que o cadastro seja devidamente atualizado, é necessário conhecer as ferramentas disponíveis bem como seguir um procedimento que possa responder a questões tão simples como “quando?”, “quem?” e “de que modo?” se atualiza e consulta o cadastro de IP.

### 4.1 Ferramentas de atualização e consulta

#### 4.1.1 GeoAct IP

O GeoAct IP é uma ferramenta concebida para o levantamento georreferenciado de toda rede de IP (exceto dos municípios de Lisboa e Cascais) que se encontra sobre o contrato de concessão [33]. Este levantamento ocorreu nos últimos dois anos, sendo atualmente dado como concluído em todo o território nacional.

A sua utilização pressupõe a instalação da aplicação em terminais Android, que por sua vez estabelecem conectividade com um servidor central através da rede de *internet* móvel (Figura 15). A consulta, extração e edição de PIPs já georreferenciados pode ser efetuada através de uma plataforma *online* como explicado oportunamente.

O princípio de funcionamento da aplicação é bastante simples. O operador, garantindo previamente a existência de sinal 3G no terminal, após entrar na aplicação GeoAct IP deve fazer a pesquisa (por distrito, concelho e código numérico da instalação) e efetuar o descarregamento do PT a que pertencem os novos PIPs a georreferenciar.

Após fazer *download* do PT, o utilizador deve verificar se este já contém circuitos de comando de IP associados. Caso não os tenha deve proceder à sua caracterização, indicando o tipo de comando (e.g. célula fotoelétrica, IHA, regulador de fluxo, telecomando,...) e o valor das correntes e tensões elétricas em cada uma das fases do circuito.

Caracterizado o circuito de comando da IP, o utilizador deve dirigir-se para próximo do PIP a georreferenciar e carregar um novo ponto. Automaticamente, abre-se um novo separador pelo qual se deve caracterizar o PIP quanto ao tipo de luminária (e.g. rural fechada, rural aberta, urbano fechada, urbano aberto, especial,...), tecnologia da lâmpada (e.g. sódio, mercúrio, LED,...), potência da lâmpada (e.g. 50, 70, 80, 100W,...), tipo de apoio (e.g. poste de betão, coluna metálica, fachada, postalete, tipo jardim,...), número de braços do apoio e em caso de redes áreas indicar o número de vãos adjacentes. Sempre que se considere útil devem ser incorporadas notas (observações) no campo reservado para o efeito. Após a conclusão do trabalho deve ser efetuado o *upload* do PT de forma a atualizar os dados.



Figura 15 – Screenshots da aplicação GeoAct IP no terminal Android.

Na plataforma de interface com a aplicação acessível via *internet* (Figura 16), é possível proceder à visualização geográfica de todos os PIPs e respetivas características (tendo de se selecionar previamente o PT a consultar). É igualmente exequível a redefinição de características (sem permitir a alteração da localização) e a eliminação de PIPs. Possibilita também a extração das características individuais dos PIPs associados a

um PT, concelho ou distrito, em formato “.xls”, “.kml” ou “.shp”, úteis para tratamento de dados.

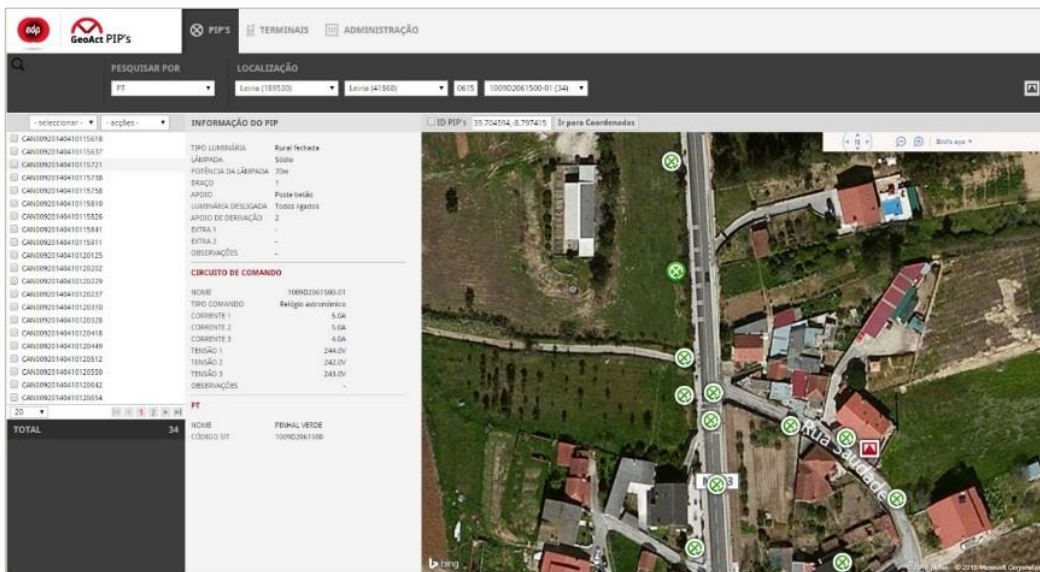


Figura 16 – Plataforma web de interface com o GeoAct IP.

Esta ferramenta tem como vantagens o princípio de funcionamento que é bastante intuitivo, responder satisfatoriamente aos requisitos exigíveis para um cadastro de IP e o facto da atualização de PIPs já georreferenciados ser feita de forma muito expedita. Todavia, apresenta algumas desvantagens, como por exemplo, não permitir o carregamento de novos PIPs em *back office*, de necessitar de boa cobertura de rede móvel para se fazer *download/upload* dos PTs e de não consentir a realização de filtros que possibilitem a diferenciação dos PIPs por características nas plataformas de interface.

#### 4.1.2 Ficha Técnica – AIPub

Na EDPD sempre que surge uma nova obra de BT e IP é criado um processo individual que compila toda a documentação da obra. Para auxiliar a incorporar parte da documentação técnica necessária ao processo, existe uma macro, desenvolvida em Excel, que contém diversos *templates* de fichas técnicas.

Dentro da panóplia de fichas técnicas existentes na macro, encontra-se a Ficha Técnica AIPub (Figura 17). Esta ficha, desenvolvida no decorrer do estágio, é uma solução que permite contornar a principal barreira que a ferramenta GeoAct IP apresenta, ou seja, a impossibilidade de carregamento de novos PIPs em *back office*. Desta forma, a Ficha Técnica AIPub deve ser incorporada no processo de todas as obras que apresentem alterações na quantidade e/ou características de PIPs existentes e/ou a colocar.

FICHA DE ATUALIZAÇÃO DE IP									
edp distribuição		FA n°	Concelho:		Levantado por:		MAPA		
AD Látex		Tarefa	U. [kV]		Levantado em:		GERAR CLIFF		
ID	CC	D73 X [m]	D73 Y [m]	Luminária	Lâmpada	Potência	N° Braços	Apoio	Estado
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
Observações									

Figura 17 – Template da Ficha Técnica AIPub.

Genericamente, a Ficha Técnica AIPub divide-se em duas partes: cabeçalho e corpo principal.

No cabeçalho, e por se tratar de uma ficha singular, isto é, com respeito a uma única obra, é imprescindível que seja identificado o processo de obra a que pertence, o município, a tarefa a executar (remodelação, expansão ou remoção), o número do PT, responsável técnico pelo seu preenchimento e respetiva data.

No corpo principal da ficha é feita a caracterização individual de cada PIP abrangido pela obra e associado à tarefa definida anteriormente no cabeçalho. Os campos de preenchimento são análogos à ferramenta GeoAct IP e completados com recurso a *drop-down list*. As coordenadas de cada ponto são inseridas manualmente no formato *Datum 73 / Modified Portuguese Grid*, as quais podem ser obtidas através da opção “MAPA” incorporada na ficha.

Por último, após a conclusão do preenchimento da ficha deve ser selecionada a opção “Gerar CLIFF”. Ao se executar esta ação é concebido de forma automática um ficheiro com a extensão .cli, designado de “cliff”. O “cliff” incorpora o código máquina, definido de acordo com as informações carregadas na ficha, para posterior atualização da plataforma SIT/DM (como será explicado oportunamente).

### 4.1.3 Gestão de Relacionamentos com Autarquia

A GRA consiste numa base de dados elaborada sob a plataforma *Lotus Notes*, pelo qual é acedida. Concebida inicialmente para incorporar toda interatividade com as autarquias (e.g. reuniões, obras ligadas, obras orçamentadas, obras concluídas, prazos,...), encontra-se atualmente orientada para o registo e arquivo de solicitações autárquicas no âmbito de desligações ou religações de PIPs [34].

Esse registo consiste em incorporar na base de dados toda a correspondência trocada entre a autarquia e a EDPD, nomeadamente as diligências necessárias à realização da tarefa (e.g. a data, a localização, o número de focos e o custo da intervenção).

O registo prévio de cada solicitação, para posterior anexo à base de dados, é efetuado num documento semelhante ao da Figura 18.

edp distribuição		Autarquias	
<b>Gestão Relação Autarquias</b>			
Correspondência: 2012-01-27 SGD 156827 - Quinta do Morais.tif			
Concelho: 1016 Leiria - Porto de Mós		DRCT - DIR. REDES E CUENTES TEJO	
Nº de Registo: 156827/2012		AOLRA - ÁREA OPERACIONAL LEIRIA	
Registo GRA: 2012002738			
Data Ent. SGD: 27-01-2012		Data Criação: 02-02-2012	
Ofício N°:		Data Ofício: 25-01-2012	
Localização: Quinta do Morais		Freguesia: São Pedro	
<b>Dados do Pedido</b>			
Tipo de Pedido: Desligação de focos			
Nº Obra SAP/PS:		Orçamento PS: 0,00 €	
Carta da EDP D: 253/12/DRCT		Data de Envio: 27-02-2012	
Data de Recebimento/Acordo:		Nº da Factura/Recibo:	
Valor Recebido: 0,00 €		Data Recebimento:	
Carta de Actual.:		Data Actual.:	
Data Recebimento		Nº da Factura/Recibo:	
Saldo:		Total : 0,00 €	
Valor Recebido: 0,00 €			
Prestador de Serviço:			
Data de Início: 31-01-2012		Acp. Obra: AOLRA -Eduardo Moura	
Data Prev. Lig.: 01-02-2012		Data Conclusão: 01-02-2012	
Observações: desligação de 45 focos (19 das quais de jardim) em Quinta do Morais - São Pedro - Porto de Mós			
PT PMS 187 Quinta dos Morais			

Figura 18 – Gestão de Relação com Autarquias.

### 4.1.4 Sistema de Informação Técnica / Design Manager

O Sistema de Informação Técnica / *Design Manager* (SIT/DM) é uma poderosa ferramenta que integra dois módulos, o SIT e o DM (Figura 19). Encontra-se suportada por

arquitetura distribuída e tecnologia *Wide Area Network*, com plataformas fixas cliente/servidor (SIT), móveis (SITmóvel) e *Intranet* (SITweb), que permitem a integração dos sistemas de informação corporativos e departamentais da EDPD e do Grupo EDP [10].

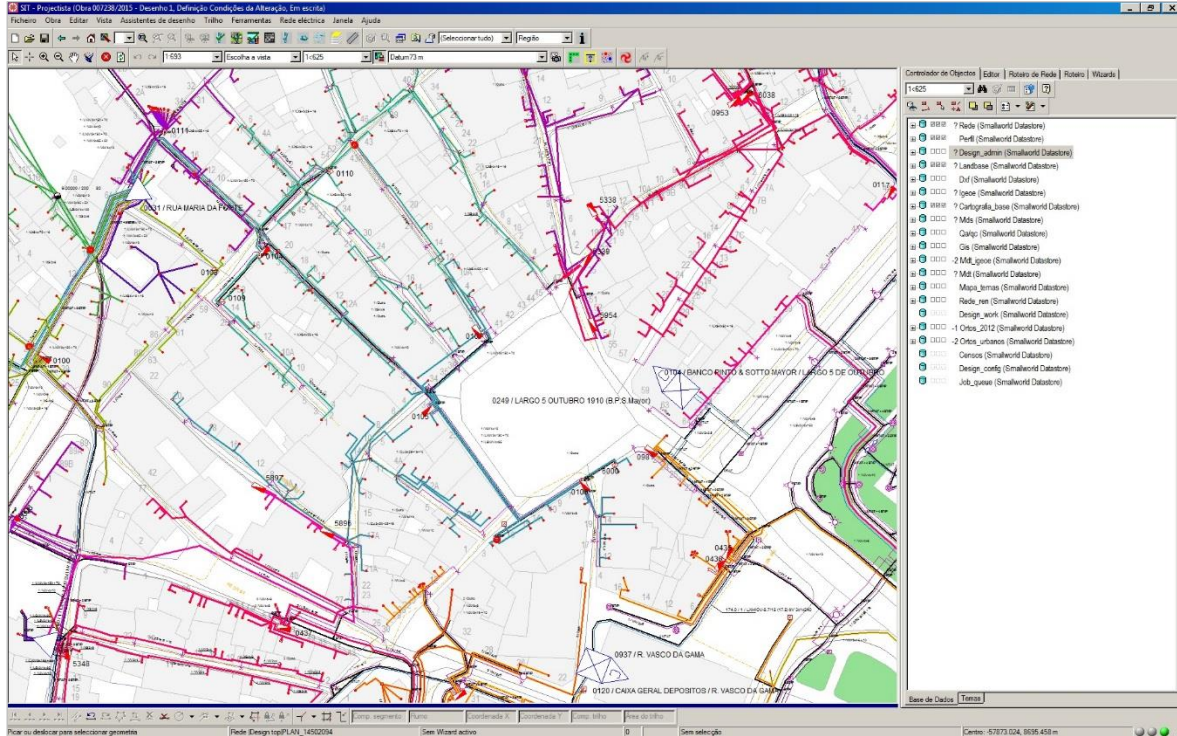


Figura 19 – Aplicação Sistema de Informação Técnica/ Design Manager.

Constituem simultaneamente o repositório nacional de dados de toda a infraestrutura de rede elétrica e de telecomunicações da EDPD. É integrador de dados cartográficos, topográficos, cartas militares e ortofotos do território português além de um leque de informações externas (e.g. a infraestrutura da Rede Elétrica Nacional, dados ambientais, dados demográficos, etc.). Todo este volume de informação que o SIT/DM agrega, tornam-no numa plataforma aplicacional de exploração, manutenção e controlo desses dados, de apoio à decisão na prestação de serviço ao cliente e na gestão do negócio.

Deste modo, além da caracterização dos equipamentos que constituem as redes elétricas de distribuição e de telecomunicações, o módulo SIT guarda a posição geográfica, a relação topológica (ligações) e a representação esquemática de cada elemento. No módulo DM, direcionado para as funcionalidades de desenho e de cálculo, a cada modificação na rede é criada de uma nova obra DM para que as todas alterações surtam efeito na base de dados e que esta se mantenha atualizada [10].

## 4.2 Procedimento de atualização

Como referido anteriormente, o procedimento de atualização do cadastro da IP na AOLRA tem início sempre que surja uma modificação na rede de IP concessionada e termina com o cadastro atualizado na obra DM-016462/2014. Ao longo do processo identificam-se as atividades, as ferramentas necessárias e os responsáveis pela execução (ver Anexo A).

Com base nos pressupostos mencionados e de forma genérica, o processo inicia-se após a ocorrência de um de três tipos de intervenção: obras novas da EDPD, obras de manutenção da EDPD e solicitações autárquicas (religações, desligações, desmontagens de PIPs) ou ainda obras da autarquia ou terceiros.

Se a intervenção se enquadrar nos dois primeiros tipos de obra, torna-se necessário realizar a atualização da plataforma GeoAct IP e respetiva conversão de dados, para que se torne possível a incorporação destes na plataforma SIT/DM. Todavia, se a obra for realizada pela autarquia ou terceiros, e esta transite para a rede concessionada, o promotor deve enviar as telas finais do projeto. Após a conclusão das tarefas anteriores dá-se início à importação dos novos elementos na obra DM. Assim que se conclua a importação destes, o processo de atualização do cadastro da rede de IP chega ao fim.

Na Figura 20 encontra-se o fluxograma sumário do processo de atualização do cadastro da rede de IP na AOLRA.

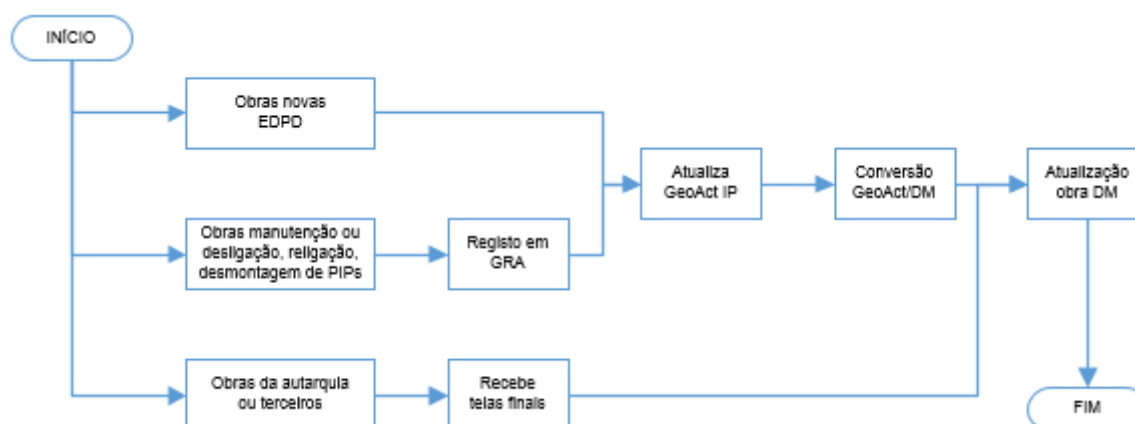


Figura 20 – Fluxograma do processo de atualização do cadastro da rede IP na AOLRA.

## 4.3 Procedimento de consulta

Ao aceder-se à obra DM-016462/2014 são visíveis todos os PIPs distribuídos geograficamente pelos municípios afetos à AOLRA. Contudo, a consulta e/ou exportação de PIPs com um conjunto de requisitos específicos é realizada através da utilização de *Querys*, de forma idêntica ao que se realiza para outro qualquer conteúdo presente nesta plataforma.

A caracterização dos PIPs encontra-se no campo de “Observações” do SIT/DM pelo que as *Querys* devem ter em conta essa especificação. Quanto mais exigente for a pesquisa, maior é a complexidade da *Query* a desenvolver. Como exemplo, duas das *Querys* mais utilizadas são a “[Rede] | Coluna IP / Suspensão | where Observações matches “\*1421D3004600\*”, que permite filtrar todos os PIPs que pertencem a um determinado PT (Figura 21), e a utilização de “[Rede] | Coluna IP / Suspensão | where Observações matches “\*1421D3004600\*” and Observações matches “\*Mercúrio\*”, que devolve os PIPs que pertencem ao mesmo PT da *Query* localização exclusiva dos focos que possuam lâmpadas do tipo HPM ( Figura 22).

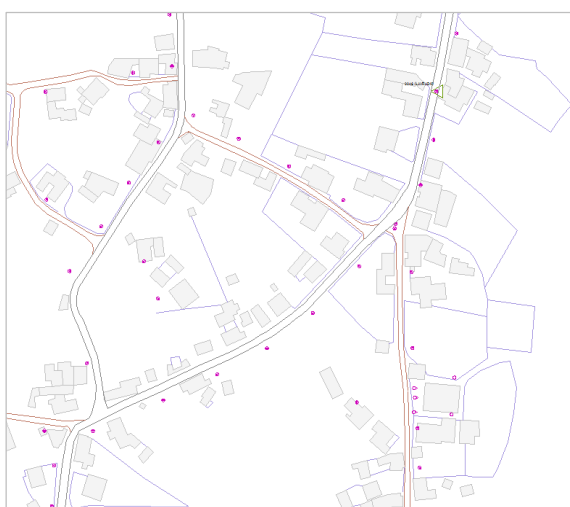


Figura 21 – Pontos de luz do PT 46 de Ourém.

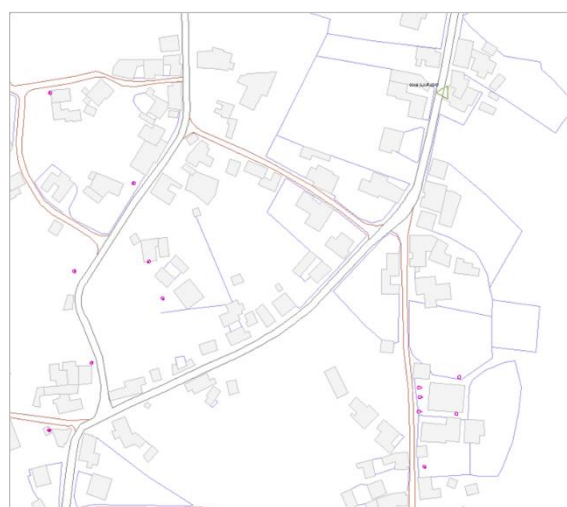


Figura 22 – Pontos de luz HPM do PT 46 de Ourém.

## 5. Programas de promoção de eficiência energética

Eficiência energética, por definição, consiste na relação entre a quantidade de energia utilizada numa atividade e aquela que é disponibilizada para a sua realização.

Numa instalação de IP o índice de eficiência energética ( $\epsilon$ ) é determinado como o produto entre o nível de iluminação média ( $E_{med}$  – lux) e a superfície iluminada ( $S$  – m<sup>2</sup>), sobre a potência total das luminárias ( $P$  – W) instaladas na área de cálculo, ou seja, dada pela seguinte expressão [15]:

(1)

$$\epsilon = \frac{E_{med} \times S}{P}$$

O índice calculado é classificado funcionalmente de mais a menos eficiente, alfabeticamente de A a G, de acordo com os intervalos presentes no quadro da Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação energética das instalações de iluminação pública [15].

Funcional	Eficiência energética
<b>A A+</b>	$\epsilon > 40$
<b>B</b>	$40 \geq \epsilon > 35$
<b>C</b>	$35 \geq \epsilon > 30$
<b>D</b>	$30 \geq \epsilon > 25$
<b>E</b>	$25 \geq \epsilon > 20$
<b>F</b>	$20 \geq \epsilon > 15$
<b>G</b>	$\epsilon \leq 15$

Para que as infraestruturas de IP se tornem, ainda mais, eficientes é necessário trabalhar em três frentes: tecnologia, planeamento e opinião pública. É no campo da tecnologia que se pode obter maior eficiência energética, privilegiando a utilização de equipamentos eficientes que possibilitem maximizar o fluxo luminoso das lâmpadas, incrementem a vida útil dos mesmos e que garantam custos de manutenção comportáveis. Ao nível do planeamento existe a necessidade permanente de adequar os documentos normativos nesta matéria às possibilidades e exigências do mercado atual, de modo a que se possa fornecer a todos os agentes a capacidade de poderem tornar a IP efetivamente mais eficiente. A opinião pública torna-se também um dos fatores chave para a obtenção de eficiência energética através do envolvimento dos cidadãos com os seus municípios na procura e na implementação de alterações à gestão da IP e na capitalização dos ganhos

da substituição tecnológica, associados à racionalização dos consumos, fazendo diminuir a potência instalada [1].

Fruto do trabalho conjunto entre as autarquias e a EDPD, existe um leque de programas de racionalização e promoção de eficiência energética nas instalações de IP com o objetivo de reduzir o valor da fatura energética dos municípios e alcançar outros benefícios que serão explanados oportunamente. Neste pressuposto, caracterizam-se as principais medidas implementadas nos concelhos afetos à AOLRA. São parte integrante destas medidas a troca de células fotoelétricas por IHAs, a substituição de luminárias com lâmpadas convencionais por tecnologia LED, a troca de lâmpadas (HPM por HPS) e respetivas luminárias por equipamentos com maior e melhor capacidade de reflexão e difusão do fluxo luminoso, a instalação de sistemas de telegestão e a desligação seletiva de focos de luz.

## **5.1 Substituição de células fotoelétricas por interruptores horários astronómicos**

As células fotoelétricas assentam sobre o princípio de funcionamento de um sensor de luminosidade que emite o sinal de comando de ligar ou desligar a IP como reação à diminuição ou aumento de luminosidade ambiente. Surge que, deste modo, não existe qualquer controlo de quando e quanto tempo efetivamente a iluminação deve estar ligada, podendo surgir diariamente flutuações consideráveis no consumo de energia elétrica e consequentemente na fatura energética.

Para contornar as limitações de controlo inerentes à utilização desta tecnologia, procedeu-se nos últimos anos à sua substituição por IHAs. Estes equipamentos permitem estabelecer horários de ligação e desligação que não estejam diretamente dependentes da iluminação ambiente, pois têm como princípio básico de funcionamento a atuação dos circuitos de acordo com a hora de nascer e pôr-do-sol da posição geográfica onde se encontram instalados [11] [35].

A instalação de IHAs conduz a outros benefícios, tais como, ajuste automático ao horário de verão e inverno, possibilidade de adiar e/ou antecipar o horário de ligação e desligação proposto através de programação preliminar (realização de *offsets* horários), permite desligar a IP num determinado intervalo normal de funcionamento, facilita o arranque da iluminação sincronizado com outros IHAs que se localizem na proximidade

geográfica, imunidade a perturbações atmosféricas e/ou ambientais temporárias (e.g. nevoeiros, fumos, sujidades no equipamento) além de que em alguns modelos é possível a inclusão de uma programação distinta para dias especiais (e.g. festividades e feriados).

No processo de investimento deste programa, fortemente impulsionado pelos Programas de Promoção da Eficiência no Consumo 2011 e 2014, os encargos com a aquisição do equipamento são suportados pelo município interessado, ficando a EDP com o custo associado à sua instalação. De modo geral, o equipamento e a respetiva instalação apresentam preços reduzidos, o que permite atingir o *payback* em menos de um ano [35].

No processo de implementação a EDP é responsável pela instalação, programação e manutenção do equipamento. Contudo, é o município que define os *offsets* dos horários de ligação e desligação da IP, por outras palavras, estipula a parametrização horária a atribuir aos IHAs [31].

Na AOLRA 99,8% dos PTs possuem IHAs instalados mas apenas 75,9% controla efetivamente a IP, dado que nos restantes o comando já passou a ser executado por teleparametrização ou telegestão [4]. Relativamente à programação dos equipamentos, estes encontram-se parametrizados com as seguintes especificações:

- Alvaiázere – Ligam 20 minutos depois da hora e desligam 40 minutos antes da hora proposta pelo IHA. Adicionalmente entre as 2:00 e as 4:00 desliga-se a totalidade da IP;
- Ansião, Batalha, Leiria, Marinha Grande e Ourém – Ligam 20 minutos depois da hora e desligam 40 minutos antes da hora proposta pelo IHA;
- Pombal – Ligam 15 minutos depois da hora e desligam 35 minutos antes da hora proposta pelo IHA;
- Porto de Mós – Ligam 24 minutos depois da hora e desligam 34 minutos antes da hora proposta pelo IHA.

## **5.2 Substituição de luminárias com lâmpadas tradicionais por LEDs**

Hoje em dia, a tecnologia LED é das soluções para a promoção de eficiência energética que se apresenta economicamente e tecnologicamente como a mais arrojada devido ao seu custo ser em média três vezes superior ao equipamento convencional mas,

em contra partida, apresentarem um consumo significativamente menor e uma durabilidade estimada bastante superior [11].

Aos benefícios e limitações referidas no capítulo 2, há a salientar que instalação de luminárias LED permite uma redução imediata da potência instalada, conseguindo ser encarada como uma alternativa à medida em voga de desligação de um dos braços de colunas de braço duplo em que o fluxo luminoso emitido pelo conjunto se considere excessivo. No entanto, há que ter em atenção alguns aspetos antes da sua instalação, nomeadamente, o modo como esta tecnologia pode afetar o índice de uniformidade geral de iluminação (o espectro luminoso dos LEDs tende a ser mais estreito) e a descontinuidade cromática face ao HPS [5] [35]. Perante estas incidências é sempre aconselhável a realização de um estudo luminotécnico e uma avaliação económica previamente.

Nos últimos cinco anos os municípios procuraram enraizar a tecnologia LED nas suas infraestruturas, todavia, só de 2013 em diante é que a EDPD começou a disponibilizar a lista de equipamentos qualificados para utilização na rede de IP.

Com um total próximo das 2.000 luminárias LED instaladas em áreas urbanas dos concelhos da AOLRA (Figura 23), a sua aplicação surge sumariamente de três âmbitos distintos, sendo eles:

- Campanha 80/20 – programa experimental e de duração limitada estabelecido entre a EDPD e autarquias;
- Obras da autarquia – requalificações urbanísticas ou outras com projeto aprovado e respetivo parecer da EDPD;
- Obra de terceiros – loteamentos com projetos aprovados e tecnologia qualificada.

O processo de investimento em novas obras com tecnologia LED é realizado de acordo com o estipulado no contrato de concessão estabelecido com cada município. Todavia, no que se refere à manutenção esta divide-se em três tipos de situações:

- Luminárias LED instaladas ao abrigo da campanha experimental e de duração limitada – 100% a EDPD;
- Luminárias LED padronizadas instaladas na sequência de obras participadas nos termos do contrato de concessão – repartição de custos entre EDPD e autarquia, em que a primeira fica com o custo equivalente ao da luminária corrente e a segunda com a diferença entre o custo da luminária LED e o custo luminária corrente;
- Outras luminárias LED instaladas pela autarquia ou terceiros – 100% a autarquia.

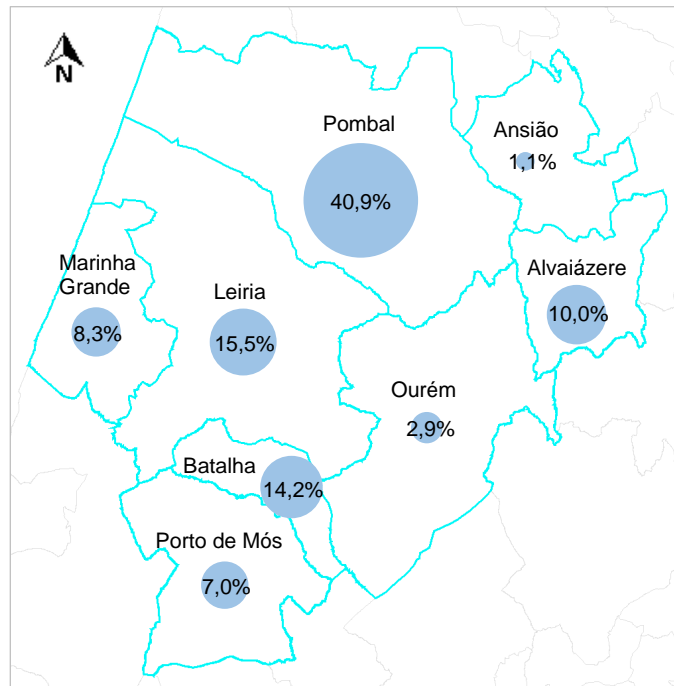


Figura 23 – Distribuição de luminárias LED instaladas por concelho na AOLRA.

### 5.2.1 Estudo de caso – “Campanha 80/20”

A Campanha 80/20 foi um projeto de âmbito nacional, experimental e de duração limitada, promovido pela EDPD que incidiu na instalação de tecnologia LED em zonas definidas pelas autarquias, podendo estas ser em infraestruturas novas ou existentes. A EDPD comparticipou 80% do custo do equipamento e a autarquia os restantes 20%, sendo que os encargos com a instalação e manutenção foram suportados integralmente pela concessionária da rede.

Nos oito concelhos abrangidos pela AOLRA a adesão à campanha foi distinta. Leiria comparticipou 304 luminárias, Alvaiázere, Batalha e Marinha Grande comparticiparam, respetivamente, 159, 130 e 87 luminárias. Ansião com 18 e Porto de Mós com 10 luminárias foram dos municípios aderentes com menos equipamentos instalados. A autarquia de Pombal não deu seguimento à sua manifestação de interesse inicial. A grande maioria das luminárias fora aplicada em projetos de conversão de tecnologia de fontes luminosas e instaladas exclusivamente em zonas urbanas. O programa terminou em abril de 2015 com a totalidade das luminárias comparticipadas pelos municípios instaladas na rede.

No âmbito da aplicação desta campanha na infraestrutura de IP da Avenida Lúcio Thomé Feteira, concelho de Marinha Grande, realizou-se um estudo de caso com o intuito

de avaliar os impactos energéticos e económicos consequentes desta alteração de tecnologia.

Com cerca de 900 metros de extensão a avenida, que apresenta baixa densidade de tráfego motorizado (velocidade limite de 50km/h) e pedonal, é uma via com dois sentidos de circulação, separados em 0,70 metros, constituídos por duas faixas de rodagem com uma largura total de 6,8 metros. Confina num dos extremos com uma estrada regional e no outro com uma rotunda, interseta três ruas de reduzido tráfego e contém de ambos os lados passeios (sem árvores ou mobiliário urbano) com uma largura de 1,5 metros.

No que concerne às infraestruturas de IP, esta avenida contém 30 colunas metálicas de altura útil 12 metros, cada uma com dois braços de 1,25 metros (exceto duas com três braços), instaladas numa disposição axial e com uma interdistância de 30 metros. No âmbito da Campanha 80/20 foram substituídas 62 luminárias do fabricante Indalux, com lâmpadas de HPS de 250W (potência consumida de 280W), por luminárias LED de 36W (potência consumida de 45W) com as características identificadas na Tabela 2.

*Tabela 2 – Características das luminárias LED instaladas [36].*

<b>Fabricante luminária</b>	Simlux LED Lighting
<b>Modelo luminária</b>	Thunder 35LR
<b>Tecnologia</b>	LED (18 LED 2.0W)
<b>Potência consumida (W)</b>	45
<b>Fluxo nominal (lm)</b>	3.000
<b>Temperatura de cor (K)</b>	4.000
<b>IRC</b>	> 85
<b>Vida útil da luminária (h)</b>	60.000
<b>Índice de proteção</b>	IP66
<b>Resistência ao choque</b>	IK10

A escolha desta instalação pelo município surge do objetivo da redução imediata da potência instalada, considerada como excessiva para o volume de tráfego que transita diariamente na avenida, mantendo em funcionamento todas as luminárias, ou seja, excluindo à partida a solução de desligação seletiva de focos.

Face às alterações efetuadas na instalação era espectável a redução do consumo de energia elétrica na ordem dos 84% e ainda efeitos colaterais tanto no nível de luminosidade como nos parâmetros de qualidade de energia. Neste propósito, foram realizadas medições de grandezas elétricas e de iluminância para se obterem medidas exatas sobre o impacto causado pela conversão de tecnologia. Para a recolha de dados foram utilizados um analisador de energia com capacidade de registo de eventos e um

luxímetro. O analisador 8334B da *Chauvin Arnoux*, instalado no circuito a monitorizar (Figura 24), através das medições de tensões e correntes determinou e registou os valores de frequência, tensões, correntes, potência ativa, reativa e aparente, fator de potência, severidade de tremulação e a Distorção Harmónica Total (DHT) em tensão e corrente. Por sua vez, o luxímetro KL 1332 da *Koban* foi o aparelho utilizado para medir o nível de luminosidade no local.

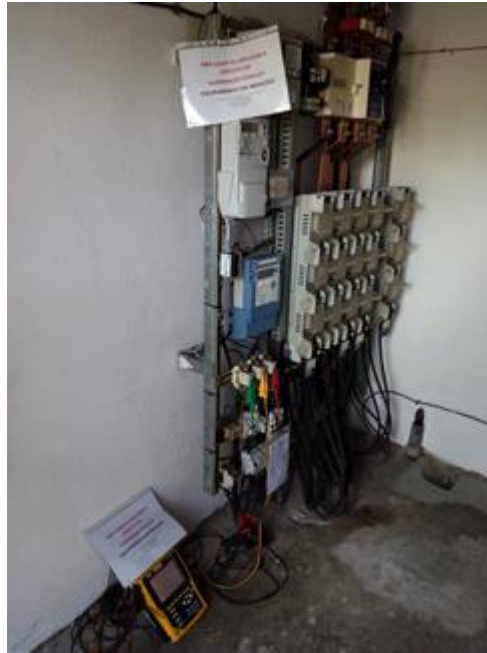


Figura 24 – Analisador de energia elétrica instalado no Posto de Transformação.

### 5.2.1.1 Análise energética

Considerando que a instalação é alimentada por dois PTs e conseqüentemente circuitos distintos, a análise energética incidu sobre 45 das 62 luminárias. A escolha pendeu sobre o circuito que afeta o maior número de luminárias substituídas e em que este se restringe à alimentação desses PIPs.

A monitorização da instalação, com um intervalo entre amostras de cinco minutos, foi realizada por um período ininterrupto de uma semana (antes e após a conversão de tecnologia) durante o qual não houve qualquer corte de fornecimento de energia elétrica.

O diagrama de carga semanal obtido (Gráfico 5) permite concluir que a carga tem um comportamento diário semelhante durante toda a semana, pelo que, para efeitos de estudo é possível a escolha de apenas um dia para se retirarem conclusões. O perfil de carga permite ainda verificar que a ligação e desligação do circuito de IP acontecem,

respetivamente, com um avanço e atraso temporal após a conversão de tecnologia. Este fenómeno deve-se ao facto do circuito ser comandado por um IHA e o horário solar ter sofrido um aumento de duas horas entre os intervalos de monitorização.

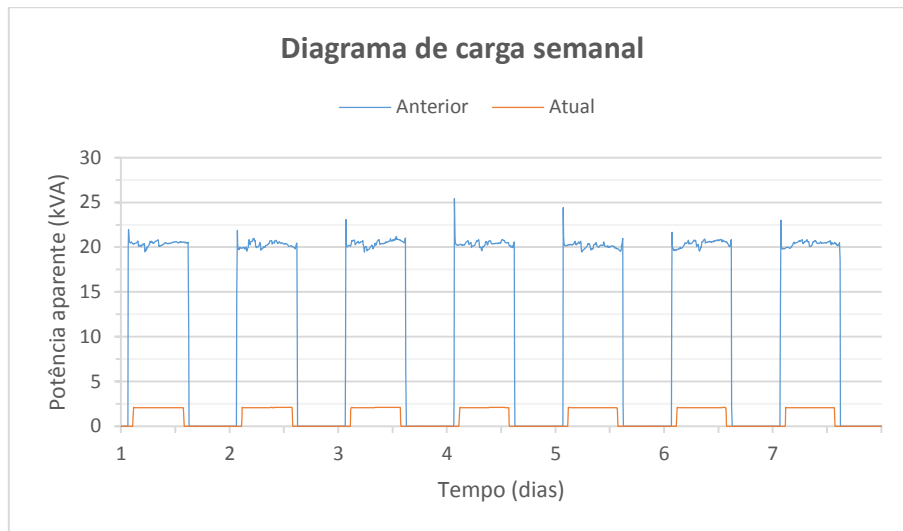


Gráfico 5 – Diagrama de carga semanal da instalação.

Escolhido para análise o quinto dia de monitorização, visualiza-se no diagrama de carga aparente (Gráfico 6) a diminuição de potência dos 20,13kVA para 2,09kVA após a conversão de tecnologia. Estes valores traduzem-se numa potencial redução de 80% da potência contratada associada a este local de consumo.

No arranque da tecnologia HPS verifica-se um pico no consumo de corrente elétrica (na ordem dos 15%) face aos valores que se registam em regime permanente. Este facto deve-se ao equipamento auxiliar das lâmpadas de descarga, nomeadamente, o *ignitor* que dispara pulsos com tensões elevadas enquanto a lâmpada não atinge a intensidade luminosa nominal. O balastro eletromagnético no arranque, ao não limitar totalmente a corrente elétrica para lâmpada, contribuí também para o efeito. Apesar de serem provocadas correntes elevadas, estes picos acontecem durante períodos de tempo pequenos, portanto a energia absorvida não é significativa [37]. Em regime permanente ocorrem pequenas oscilações na potência, as quais se devem às variações de tensão no Quadro Geral de Baixa Tensão do PT fruto das cargas externas à IP e o, provável, efeito de lâmpada “cansada”<sup>1</sup> em alguns dos focos intervencionados. Na tecnologia LED estes efeitos são atenuados, ou mesmo eliminados, pelo *driver*. Como referido anteriormente,

<sup>1</sup> Efeito que surge nas lâmpadas de descarga em fim de vida útil. Caracteriza-se pelo apagar e reacender da lâmpada em períodos de tempo assíncronos, sem ordem dos dispositivos de comando.

estes dispositivos fornecem uma potência constante aos LEDs, de forma a proteger e a otimizar o rendimento de cada elemento.

Indo ao encontro do que era espectável e ambicionado com esta troca de fontes luminosas, verifica-se no conjunto da instalação uma redução dos 13,14kW para 1,99kW, ou seja, os anteriormente referidos 84 pontos percentuais (Gráfico 7).

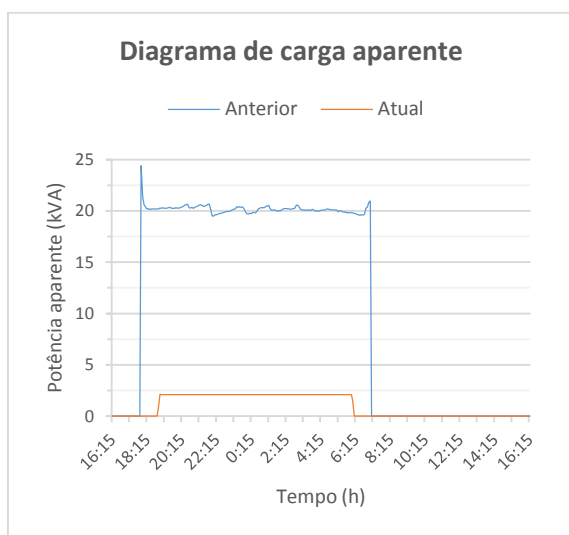


Gráfico 6 – Diagrama de carga aparente.

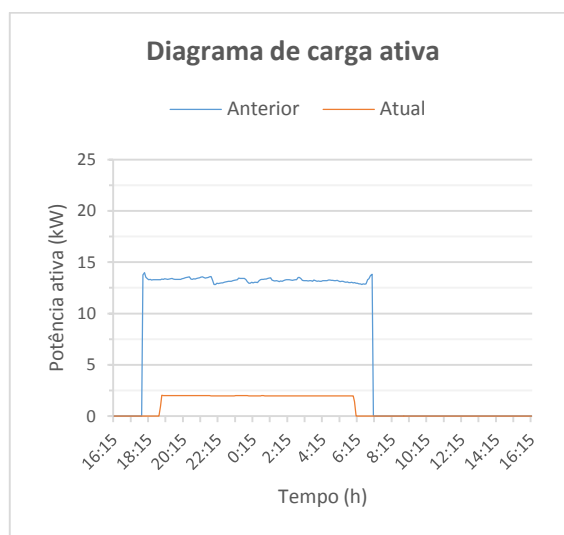


Gráfico 7 – Diagrama de carga ativa.

A potência reativa no contexto anterior caracterizava-se como indutiva, de acordo com o que era espectável pela utilização de balastros eletromagnéticos, mas acima do desejável devido ao reduzido fator de potência (demonstrado em diante). Com a conversão de tecnologia a potência reativa passou a ser capacitiva. Esta situação, verificada noutras instalações de IP que contêm maioritariamente luminárias LED, deve-se aos dispositivos de controlo dos LEDs (*drivers*). Com o objetivo de manter a tensão retificada próxima de um valor constante, os *drivers* no processo de retificação da onda de entrada utilizam filtros capacitivos que desencadeiam este efeito na carga. Apesar de a instalação comportar-se como capacitiva, não lhe incute problemas se esta mantiver um fator de potência superior a 0,9.

O cabo subterrâneo de alimentação da instalação é do tipo LSVAV 4x16 mm<sup>2</sup> (0,6/1kV) e os quatro condutores que o constituem suportam uma intensidade de 90A [38]. No Gráfico 9 confirma-se que em regime nominal os condutores com a tecnologia HPS não estiveram sujeitos à passagem de correntes acima dos valores indicados pelo fabricante. Atualmente, consequência da redução da potência instalada, os condutores têm uma grande folga até a sua capacidade máxima. Este facto contribui para menores quedas de tensão e redução das perdas por efeito de Joule ao longo dos circuitos, o que leva a uma diminuição adicional dos consumos e ao prolongamento da vida útil dos materiais.

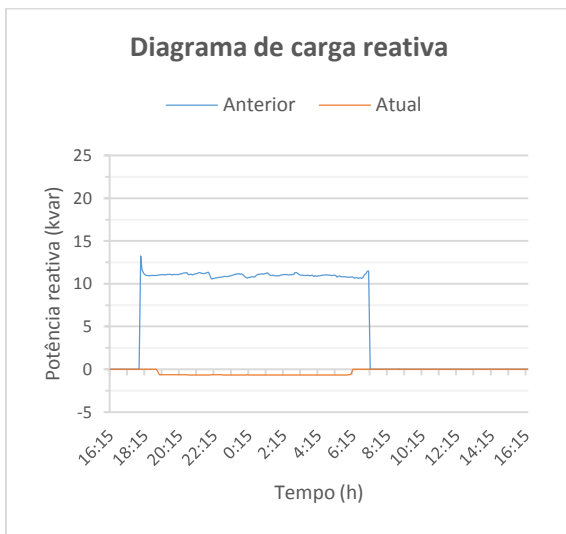


Gráfico 8 – Diagrama de carga reativa.

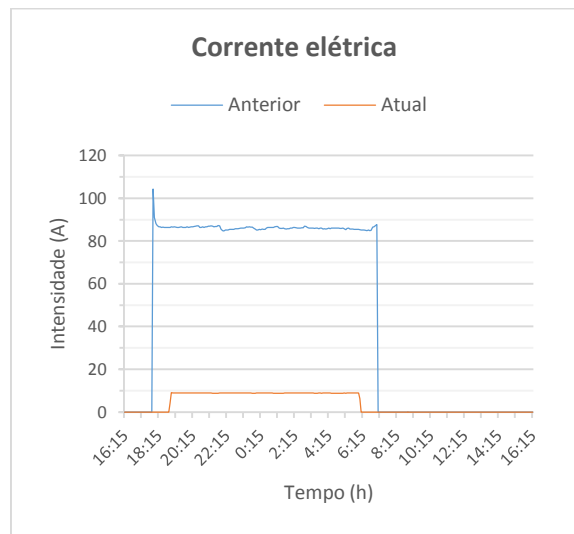


Gráfico 9 – Corrente elétrica da instalação.

A realização de uma inspeção visual às luminárias retiradas da instalação permitiu verificar que alguns dos condensadores incorporados para compensação do fator de potência encontravam-se inoperacionais. Como se trata de um componente não essencial ao acendimento das lâmpadas de descarga leva a que a deteção de avaria deste elemento seja diminuta e corrigida quando um dos outros equipamentos elétricos constituintes da luminária se danifica. Estes factos podem justificar o baixo fator de potência (Gráfico 10) que a instalação apresentava, provocando correntes superiores e conseqüentemente maiores flutuações e quedas de tensão, aquecimento de condutores e envelhecimento precoce dos dispositivos elétricos. Após a substituição, as luminárias LED, que manifestam um fator de potência predominantemente capacitivo, não só recolocam o fator de potência dentro dos níveis regulamentares para a IP (superior a 0,9) como também auxiliam na correção dos circuitos indutivos da restante instalação.

A severidade de curta duração da tremulação presente na instalação com a tecnologia HPS registava o seu pico máximo em 0,52 e atualmente em 0,51 com as luminárias LED. Com estes resultados afirma-se que a severidade de longa duração da tremulação de instalação não ultrapassa o limite máximo estabelecido pela EN 50160 ( $P_{lt} \leq 1$  em 95% do tempo) [39]. Os dois máximos de tremulação visíveis no Gráfico 11 são incitados por causas externas às cargas de IP, pois verifica-se em ambas as tecnologias, em instantes temporais próximos e unicamente em dois períodos de tempo (num dos quais a iluminação encontra-se apagada). Face à proximidade da instalação com uma zona industrial e aos condutores de alimentação do PT serem de secção reduzida (facilita a propagação do efeito), a causa pode inclusivamente ser externa às restantes cargas do

PT, não sendo, como referido anteriormente, motivo de preocupação dada a não violação dos limites normativos.

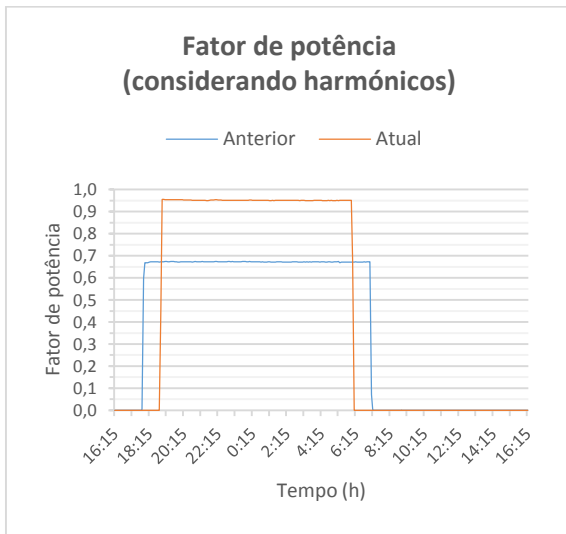


Gráfico 10 – Fator de potência da instalação.

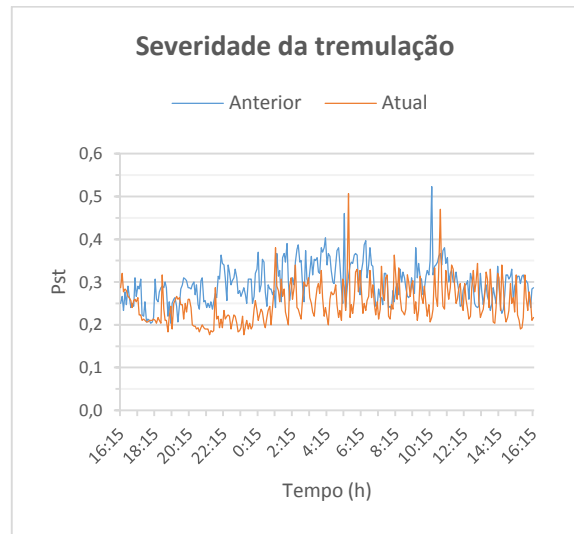


Gráfico 11 – Severidade da tremulação na instalação.

A quantificação do conteúdo harmónico da instalação foi realizada através da taxa de DHT que traduz numa só grandeza a deformação da onda em corrente ou em tensão. É importante lembrar que a distorção na corrente é provocada pela carga, ao passo que a distorção na tensão é consequência da primeira.

O Gráfico 12 mostra que a taxa de Distorção Harmónica Total em corrente (DHTi) na tecnologia HPS revelava um nível de poluição harmónica intermédio mas considerado significativo para a rede. Com as luminárias LED observa-se que o valor é adequado pois permanece abaixo dos 10%.

A respeito da Distorção Harmónica Total em tensão (DHTu), visível no Gráfico 13, as ilações que se podem tirar é que em ambos os cenários a taxa é inferior à 5%, ou seja, é tida como normal pelo que não é temido qualquer problema consequente do nível de harmónicos de tensão.

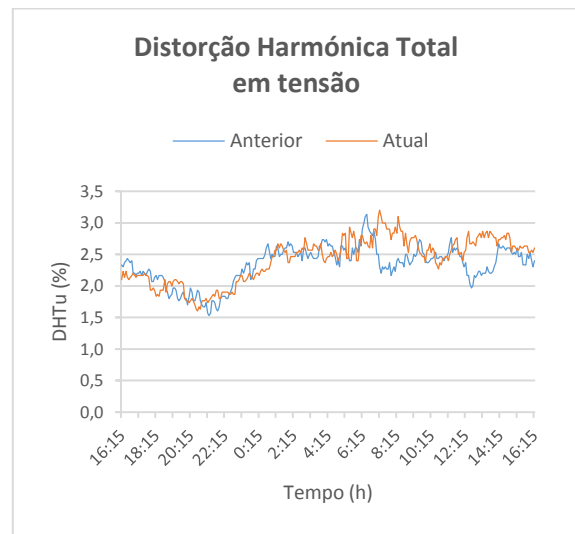
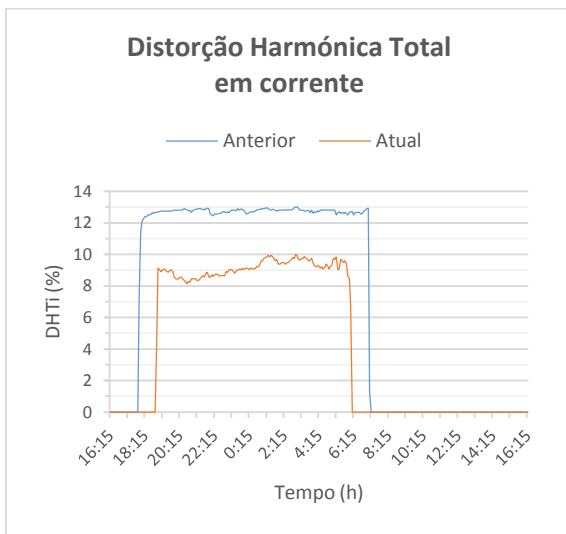


Gráfico 12 – Distorção Harmônica Total em corrente. Gráfico 13 – Distorção Harmônica Total em tensão.

### 5.2.1.2 Análise luminotécnica

A análise luminotécnica desta instalação teve como princípio geral a aplicação do “método ponto por ponto”, que possibilita não só obter o valor da iluminância média global como também localizar os pontos de iluminância mínima e máxima, essenciais para o cálculo do índice de uniformidade geral da instalação. Seguindo esta orientação, foi necessário criar uma malha de 7x5 pontos entre duas colunas de IP da avenida, abrangendo faixas de rodagem e passeios de ambos os lados, num comprimento de 30 metros e largura total de 17,3 metros. De referir que as medições foram executadas a um metro de altura do solo e com as características ambientais o mais fiel uma da outra, além de se manterem as particularidades físicas nas proximidades iguais.

As iluminâncias medidas, com tecnologia HPS, em cada um dos 35 pontos são visíveis na Figura 25.

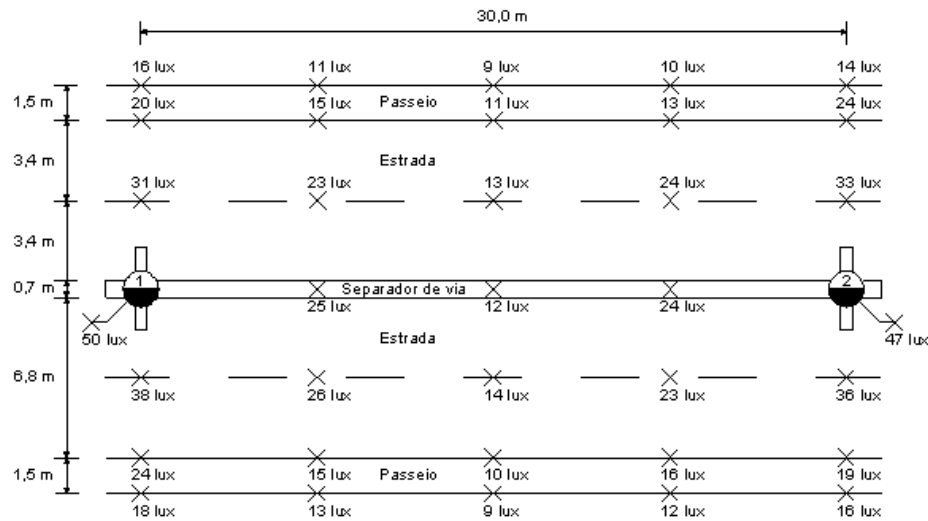


Figura 25 – Grelha de pontos com os valores de iluminância com tecnologia HPS.

Por sua vez, as iluminâncias registadas, nos mesmos 35 pontos anteriores, após a conversão de tecnologia para LED são as indicadas na Figura 26.

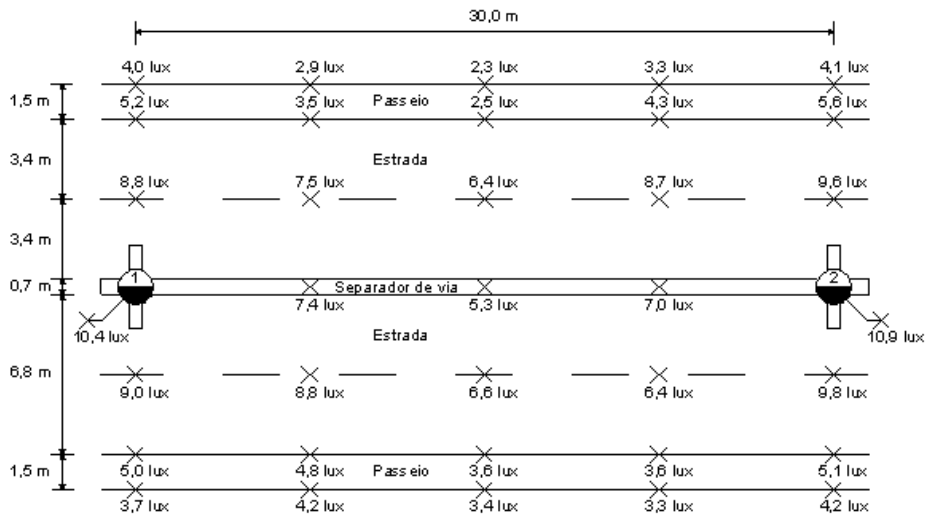


Figura 26 – Grelha de pontos com os valores de iluminância com tecnologia LED.

Face às características da via e seus utilizadores a classe recomendada pela Norma Europeia EN 13201 é a CE4, para a qual se define uma iluminância média entre os 10 lux e os 15 lux e uma uniformidade geral de 0,40 (ver Anexo B). Das grelhas das duas figuras anteriores pode-se deduzir os resultados expressos na Tabela 3, que demonstram uma diminuição significativa dos níveis de luminosidade, todavia, não causando impacto relevante na uniformidade geral.

Tabela 3 – Resultados luminotécnicos.

	Iluminâncias (lux)			U <sub>0</sub>
	E <sub>med</sub>	E <sub>max</sub>	E <sub>min</sub>	
Cenário anterior	20,4	50,0	9,0	0,44
Cenário atual	5,7	10,9	2,3	0,40
Atual cumpre/não cumpre	✘	-	-	✔

### 5.2.1.3 Avaliação económica

Considerando a globalidade da instalação, ou seja as 62 luminárias, realizou-se a avaliação económica do projeto para estimar se este se torna rentável durante a vida útil dos novos equipamentos. Com um custo total de 16.358,20€ estima-se que as luminárias, com uma utilização média anual de 4.015 horas, permaneçam operacionais por um período mínimo de 15 anos. Com uma taxa de atualização de 5% considera-se também para efeitos de cálculo a tarifa de IP igual a 0,01367€<sup>2</sup> e os dados contidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação energética entre a tecnologia anterior e a atual.

Designação	Cenário anterior	Cenário atual	Balanco
Potência total instalada (kW)	17,36	2,79	-14,57
Consumo energético anual (kWh)	69.700,40	11.201,85	-58.498,55

Na Tabela 5 encontra-se representado o balanço financeiro ao longo da vida útil do projeto.

Tabela 5 – Balanço financeiro do projeto.

Ano	Investimento (€)	Poupança (€)	Balanço anual (€)	Balanço acumulado (€)
0	-16.358,20	--	-16.358,20	-16.358,20
1	0,00	7.973,35	7.593,67	-8.764,53
2	0,00	7.973,35	7.232,07	-1.532,47
3	<b>0,00</b>	<b>7.973,35</b>	<b>6.887,68</b>	<b>5.355,22</b>
4	0,00	7.973,35	6.559,70	11.914,91
5	0,00	7.973,35	6.247,33	18.162,24
6	0,00	7.973,35	5.949,84	24.112,08
7	0,00	7.973,35	5.666,51	29.778,59
8	0,00	7.973,35	5.396,68	35.175,27
9	0,00	7.973,35	5.139,69	40.314,97
10	0,00	7.973,35	4.894,95	45.209,91
11	0,00	7.973,35	4.661,85	49.871,77
12	0,00	7.973,35	4.439,86	54.311,63

<sup>2</sup> Aplicação da opção tarifária mais favorável ao cliente, na sequência do previsto nos Regulamentos Tarifário e das Relações Comerciais.

13	0,00	7.973,35	4.228,44	58.540,07
14	0,00	7.973,35	4.027,08	62.567,15
15	0,00	7.973,35	3.835,32	66.402,47

A avaliação foi efetuada tendo por base a utilização de quatro indicadores económicos [40], a saber:

- Valor Atual Líquido (VAL) – é a diferença entre os valores atualizados das entradas e saídas de dinheiro durante o período de vida útil da instalação. O projeto só terá interesse se o VAL for superior a zero, pois proporciona a recuperação integral dos capitais a investir, a cobertura do risco associado ao projeto e ainda a criação de excedentes monetários;

- Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) – taxa de atualização que anula o VAL. Caracteriza a taxa mais elevada a que um investidor pode contrair um empréstimo para financiar o projeto sem que perca dinheiro, pelo que o projeto considera-se tanto mais interessante quanto maior for este indicador;

- *Return on Investment* (ROI) – índice de rentabilidade efetiva por unidade de capital investido. Este método estabelece que um projeto só deve ser aceite se o valor do ROI for igual ou superior a 1;

- *Payback* – período de tempo necessário até à recuperação do capital investido, por outras palavras, é o tempo necessário de funcionamento da instalação para que o somatório de fluxos de receitas e despesas iguale as despesas de investimento. O *payback* é encontrado assim que o VAL tome o valor zero, levando um projeto a tornar-se mais aliciente quanto menor for o seu valor.

Através das premissas anteriormente associadas a este projeto, pode-se determinar matematicamente os quatro indicadores económicos (Tabela 6).

Tabela 6 – Resultado dos indicadores económicos.

VAL (€)	VAL – Ano 0 (€)	TIR (%)	ROI	Payback (anos)
82.760,67	66.402,47	48,61	5,06	≈ 3
✓	✓	✓	✓	✓

### 5.2.1.4 Conclusões

Para concluir, os resultados gerais obtidos com esta intervenção vêm ao encontro do que era ambicionado pela entidade gestora da rede, ou seja, reduzir consideravelmente a fatura energética.

Economicamente, este projeto é extremamente vantajoso permitindo amortizar o investimento efetuado em menos de três anos e ainda obter uma poupança global estimada em 66.402,47€ nos doze anos subsequentes.

Em termos energéticos, fica bem patente a redução da potência ativa e reativa, reduzindo-se os elevados picos de corrente de arranque das lâmpadas HPS e a correção do fator de potência para os níveis regulamentares. Estes, entre os outros fatores analisados, permitem concluir que eletricamente a instalação não está sujeita a situações que lhe possam causar fadiga o que, naturalmente, prolonga a vida útil dos equipamentos.

Ainda em termos energéticos de salientar que a instalação subiu três níveis no índice de classificação energética, transitando da classe F para a C, tornando-se significativamente mais eficiente como demonstrado nas equações (2) e (3).

- Situação anterior:

(2)

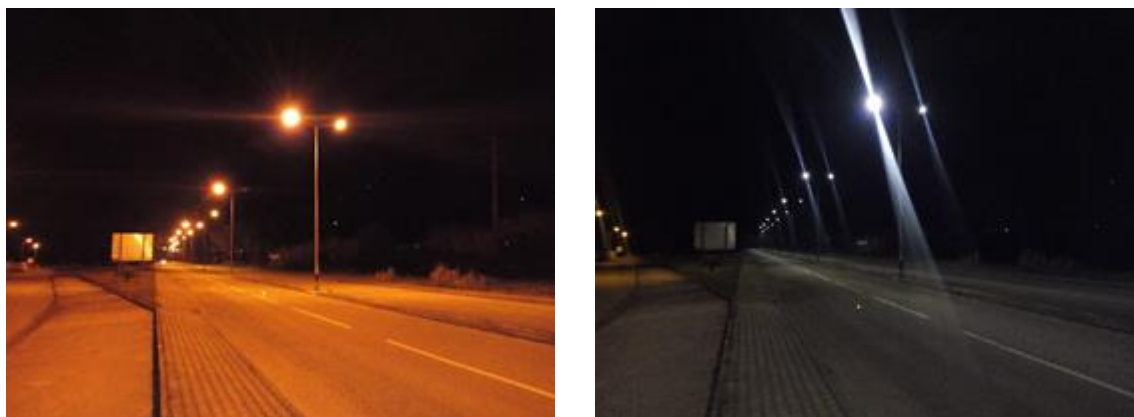
$$\varepsilon = \frac{S \times E_{med}}{P} \Leftrightarrow \varepsilon = \frac{(17,3 \times 30) \times 20,40}{(280 \times 2)} \Leftrightarrow \varepsilon = 19 \rightarrow \mathbf{F}$$

- Situação atual:

(3)

$$\varepsilon = \frac{S \times E_{med}}{P} \Leftrightarrow \varepsilon = \frac{(17,3 \times 30) \times 5,70}{(45 \times 2)} \Leftrightarrow \varepsilon = 33 \rightarrow \mathbf{C}$$

Relativamente aos níveis de luminosidade (Figura 27) é perceptível uma redução do nível de iluminância, que anteriormente estava consideravelmente acima do que é aconselhado pela norma. Apesar de os valores registados se encontrarem abaixo do que a legislação sugere para este tipo de via, podem-se considerar suficientes e adequados ao atual volume de tráfego. Por sua vez, a uniformidade geral manteve-se dentro dos parâmetros recomendados.



*Figura 27 – Instalação antes (esquerda) e após (direita) a substituição das fontes luminosas.*

Por último, e relativamente às emissões de CO<sub>2</sub> para atmosfera, utilizando a taxa de conversão de 0,47TonCO<sub>2</sub>/MWh – Portaria nº 63/2008, esta substituição vem minimizar o impacto ambiental através da redução anual de 32,76TonCO<sub>2</sub>eq. para 5,26TonCO<sub>2</sub>eq. Em termos percentuais traduz-se numa diminuição de 84% de emissões poluentes o que no fim da vida útil da instalação representa um valor acumulado de 412,5TonCO<sub>2</sub>eq.

### **5.3 Substituição de luminárias com lâmpadas de vapor de mercúrio por vapor de sódio**

Em resultado da aplicação da segunda etapa da Diretiva Europeia 245/2009 e das disposições da Diretiva 2011/65 (*Restriction of Certain Hazardous Substances – RoHs*), deu-se em abril de 2015 o *phase-out* de alguns tipos de lâmpadas de descarga, nas quais se inclui o HPM tida como uma tecnologia antiquada, com elevada toxicidade e baixa eficiência [41]. Assim, e em cumprimento do PNAEE, a EDPD tem realizado uma substituição gradual deste tipo de lâmpadas para que em 2020 estejam irradiadas da rede de IP [35].

Classificadas como as de uso mais antigo no parque de IP português, encontram-se maioritariamente disseminadas por zonas rurais, com fluxos luminosos bastante baixos, balastros de elevadas perdas, ausência de condensadores que façam a compensação devida do fator de potência e aplicadas em luminárias obsoletas sem qualquer difusor e refletores descontextualizados face aos atuais paradigmas. Por conseguinte, a EDPD ao proceder à troca de lâmpada, na maioria das vezes por HPS de potência igual ou inferior, inclui também a troca da luminária. Com esta substituição consegue-se não só melhorar substancialmente o fluxo luminoso, mantendo ou reduzindo a potência instalada, como

também atingir a uniformização cromática ante a tecnologia mais utilizada na rede, melhorar o índice de uniformidade geral de luminosidade e substituir equipamentos que, ao nível de correntes elétricas, absorvem tanto como uma luminária nova com uma lâmpada de HPS de 100W.

O encargo da substituição da lâmpada e respetiva luminária é, geralmente, suportado integralmente pela EDP, tendo um custo aproximado de uma centena de euros por unidade. A sua execução pode ser despoletada por ações programadas, obras de remodelação de BT cujo circuito de IP tenha luminárias obsoletas ou por avaria dos focos luminosos (neste caso apenas se troca a lâmpada) [31].

Atualmente, na AOLRA faltam intervencionar aproximadamente 25.250 PIPs, distribuídos por sete dos oito concelhos que ainda contêm lâmpadas de HPM nas suas infraestruturas de IP (Figura 28) [4]. No município da Batalha, com a troca da última lâmpada no dia 03 de março de 2015, deu-se por concluída a substituição programada de mais de 1.600 PIPs em toda a sua área territorial. Desta forma, o município tornou-se a nível nacional um dos concelhos pioneiros sem lâmpadas desta tecnologia.

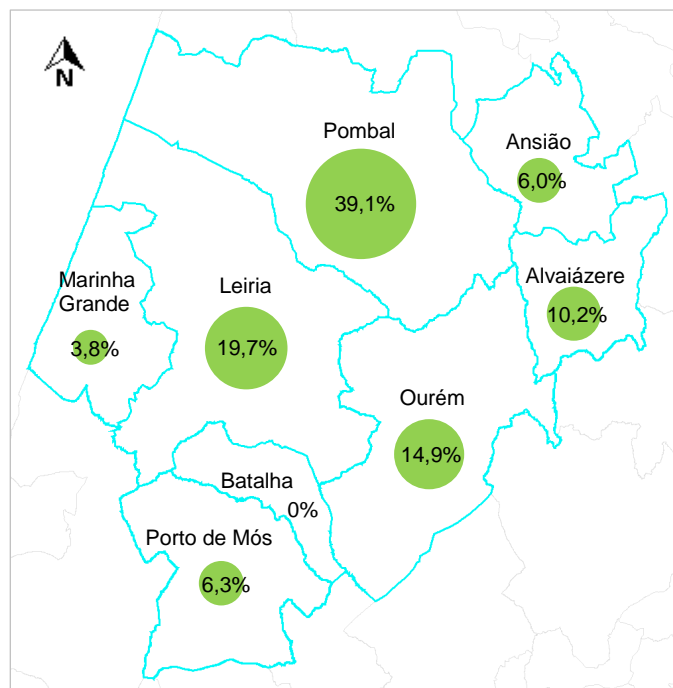


Figura 28 – Distribuição de luminárias com tecnologia HPM por concelho na AOLRA.

Com o objetivo de avaliar os impactos luminotécnicos e energéticos decorrentes da aplicação desta ação, realizou-se um estudo de caso prático na localidade de Torrinhãs onde se procedeu à troca de 46 luminárias no âmbito do programa de substituição de luminárias com tecnologia HPM no concelho da Batalha.

### 5.3.1 Estudo de caso

As Torrinhãs é uma pequena povoação situada na freguesia do Reguengo Fetal, concelho da Batalha com cerca de 200 habitantes [8]. Constituída por diversas ruas, com larguras inferiores a cinco metros, possuem uma densidade de tráfego motorizado extremamente baixa sendo peões os seus principais utilizadores.

A rede de IP é constituída por três circuitos de BT com IP que saem do PT em rede aérea tendida sobre postes de betão e postaletes, numa disposição unilateral e com interdistâncias variáveis, predominantemente, entre os 35 metros e os 40 metros. Num total de 95 luminárias repartidas de forma desigual pelos três circuitos, foram substituídas as 46 que tinham lâmpadas HPM de 50W por luminárias com lâmpadas HPS, sem que houvesse alteração da potência ativa de cada foco.

Face às alterações efetuadas na instalação conjeturava-se, grosso modo, um aumento do nível de luminosidade, manutenção do consumo de energia elétrica ativa e alteração dos parâmetros de qualidade de energia. De forma análoga ao procedimento utilizado no estudo de caso 5.2.1, utilizando os mesmos procedimentos e equipamentos para recolha e tratamento de dados, foram realizadas medições de grandezas elétricas e de iluminância para se obterem ilações exatas sobre o impacto causado pela conversão de tecnologia.

#### 5.3.1.1 Análise energética

A monitorização da instalação, com um intervalo entre amostras de cinco minutos, abrangeu a totalidade da instalação por um período ininterrupto de uma semana (antes e após a conversão de tecnologia) durante o qual não houve qualquer corte de fornecimento de energia elétrica.

O diagrama de carga semanal (Gráfico 14) obtido permite concluir que a carga tem um comportamento diário semelhante durante toda a semana, pelo que, para efeitos de estudo é possível a escolha de apenas um dia para se retirarem conclusões. O perfil de carga permite ainda verificar que a ligação e desligação do circuito de IP acontecem, respetivamente, com um avanço e atraso temporal após a conversão de tecnologia. Este fenómeno deve-se ao facto do circuito ser comandado por um IHA e o horário solar sofrer um aumento, aproximado, de duas horas entre os intervalos de monitorização.

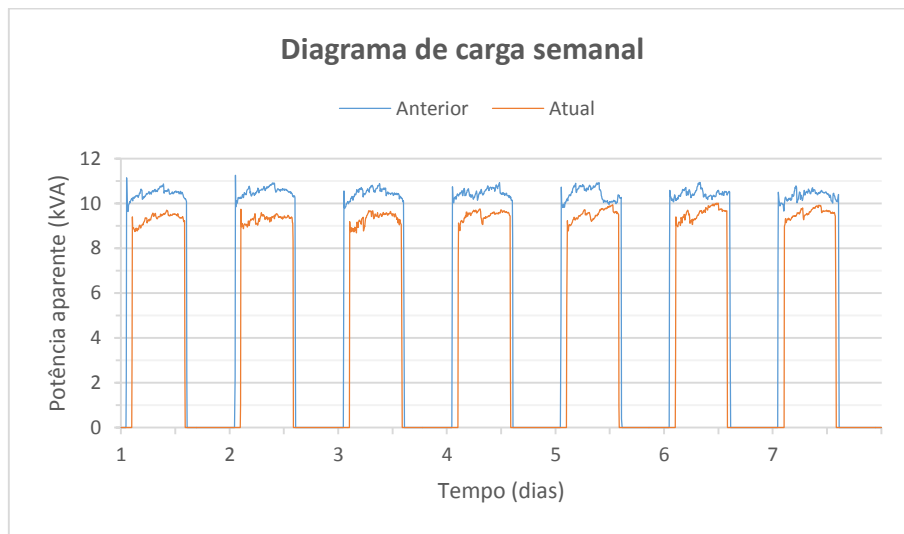


Gráfico 14 – Diagrama de carga semanal da instalação.

Escolhido para análise o primeiro dia de monitorização, visualiza-se no diagrama de carga aparente (Gráfico 15) a diminuição de potência média dos 10,43kVA para 9,32kVA após a substituição das luminárias e respetivo equipamento elétrico. Estes dados salientam uma redução de 11% do consumo de energia elétrica que empiricamente não deveria existir dado que a potência das novas lâmpadas é igual à que foi retirada.

Visualiza-se no Gráfico 16 que a potência ativa atualmente consumida pela instalação é similar à que era absorvida pelas lâmpadas HPM. Estes dados vêm comprovar a manutenção da potência instalada mas causar “conflito” com o resultado da carga aparente que visivelmente baixou.

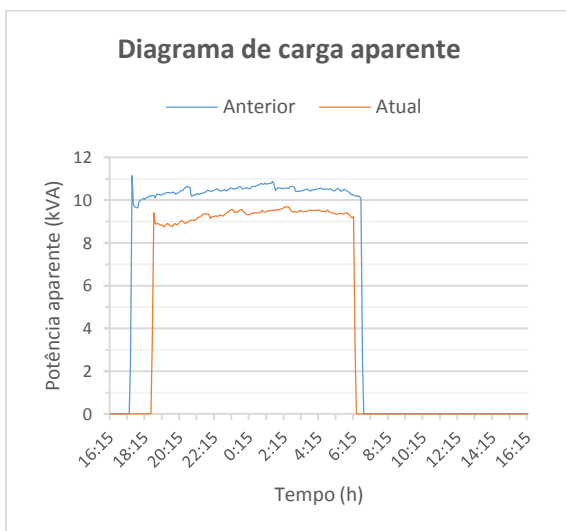


Gráfico 15 – Diagrama de carga aparente.

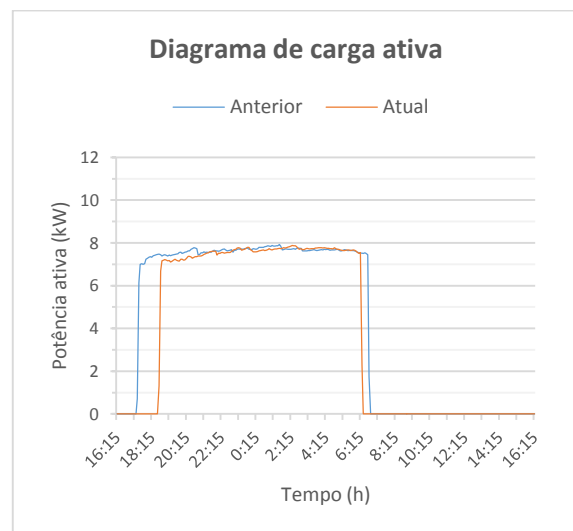


Gráfico 16 – Diagrama de carga ativa.

No Gráfico 17 obtém-se a resposta para a diminuição da potência aparente, ou seja, é motivada por uma redução da potência reativa que por sua vez é provocada pelo aumento

de compensação do fator de potência. Por força da tecnologia substituída, evidencia-se no cenário atual a diminuição da potência reativa no arranque, dado que, nas lâmpadas HPM a corrente de partida é cerca de 40% superior à corrente nominal e nas de HPS esta fica-se pelos 25% acima da corrente necessária em regime permanente [19].

A melhoria do fator de potência deve-se a motivos óbvios, tais como, a troca de dispositivos elétricos com elevadas perdas por equipamentos com perdas reduzidas (e.g. balastro eletromagnético) e a inclusão de condensadores de compensação (inexistentes ou inoperacionais em algumas das luminárias retiradas). Observando o Gráfico 18, apesar de uma melhoria significativa de 0,75 para 0,86, o fator de potência não se encontra acima do limite mínimo para as instalações de IP. Este facto é imputado às restantes luminárias que se encontram em fim de vida útil e que, já tendo lâmpadas HPS, não foram contempladas no programa de substituição. Ressalva-se que as consequências que advêm de uma compensação deficiente do fator de potência da instalação (enunciadas em 5.2.1.1) não causam impactos diretos sobre autarquia (e.g. aumento da fatura energética) mas sim sobre a operadora da rede de distribuição responsável pela manutenção e conservação dos equipamentos.

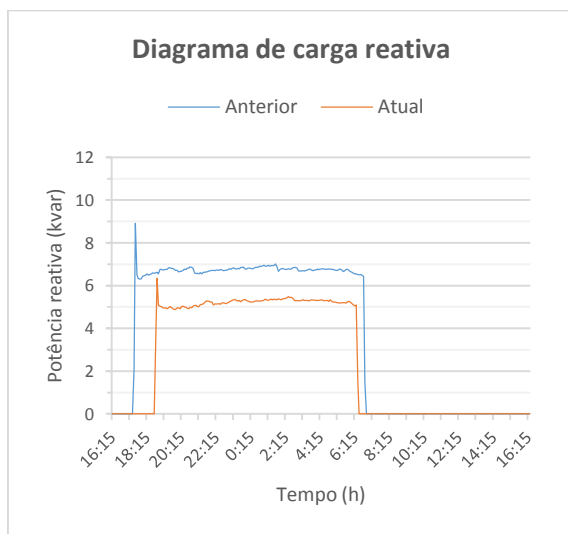


Gráfico 17 – Diagrama de carga reativa.

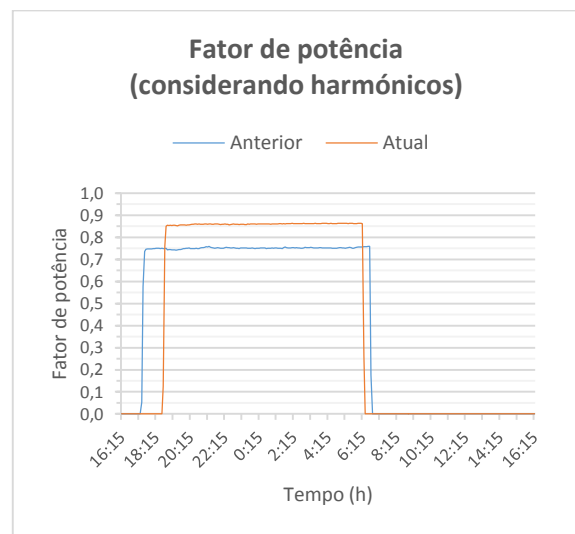


Gráfico 18 – Fator de potência da instalação.

Consequência direta dos resultados evidenciados anteriormente, a corrente elétrica nos condutores também baixou, sensivelmente, 5A (Gráfico 19). Os condutores aéreos de alimentação dos três circuitos de IP são do tipo LXS e com a secção do condutor de Fase igual 16 mm<sup>2</sup> pelo que, atendendo às suas características elétricas, suportam uma intensidade de 82A [37]. As cargas não estão distribuídas de forma equilibrada pelos três circuitos, ainda assim, é passível de se afirmar que em regime nominal os condutores não

estão sujeitos à passagem de correntes acima dos valores definidos pelo fabricante, dado que as correntes de serviço são inferiores ao limite que cada condutor suporta.

Com reduzidos valores e muito próximos ao longo do dia, a severidade de curta duração da tremulação (Gráfico 20) leva a deduzir que a severidade de longa duração não ultrapassa o limite máximo estabelecido pela EN 50160 ( $P_{it} \leq 1$  em 95% do tempo) [38].

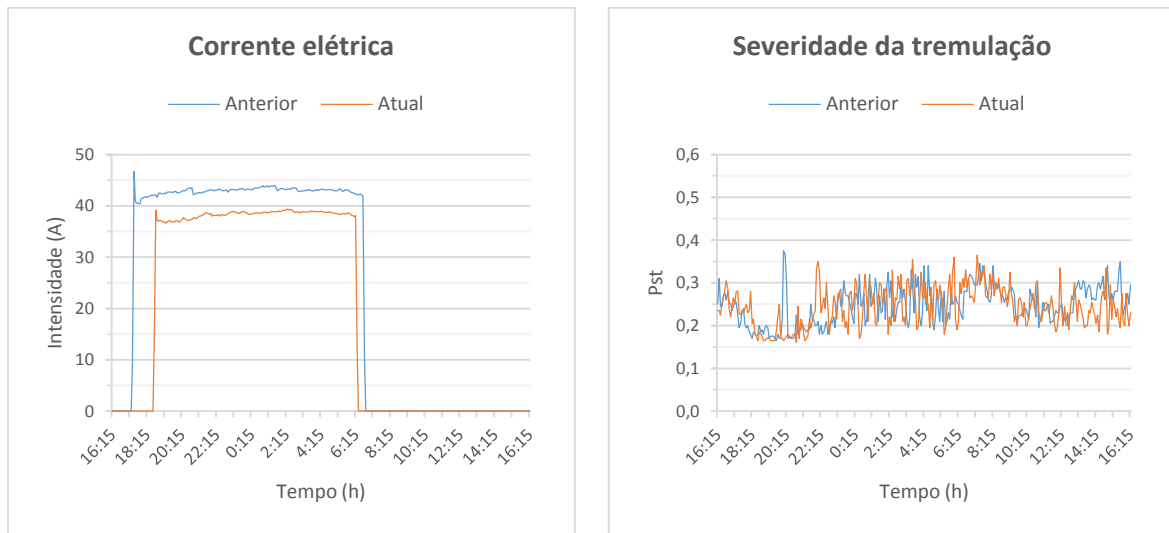


Gráfico 19 – Corrente elétrica da instalação.

Gráfico 20 – Severidade da tremulação na instalação.

O Gráfico 21 expõe a taxa de DHTi antes e após a substituição do tipo de lâmpadas, do qual sobressai que a instalação apresenta um nível de poluição harmónica significativo para a rede. Nestas instalações, a distorção é despoletada pelo uso de elementos capacitivos, sendo agravada em cerca de 24% após a substituição [19]. Este fenómeno implica o aquecimento dos condutores e, conseqüentemente, envelhecimento precoce dos materiais e perdas energéticas [41]. No entanto, os mesmos e outros efeitos seriam esperados, com a agravante de serem significativamente superiores, caso não existissem elementos capacitivos responsáveis pela correção do fator de potência.

A respeito da DHTu (Gráfico 22) as ilações que se podem tirar é que em ambos os cenários a taxa permanece abaixo dos 5%, ou seja, é tida como um valor adequado em que não é temido qualquer problema devido ao nível de harmónicos de tensão [41].

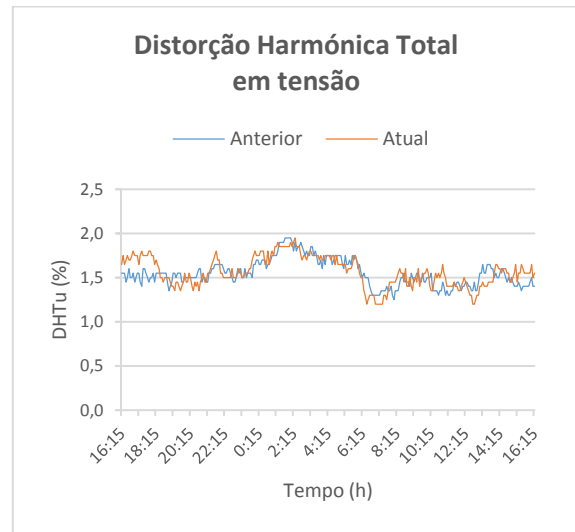
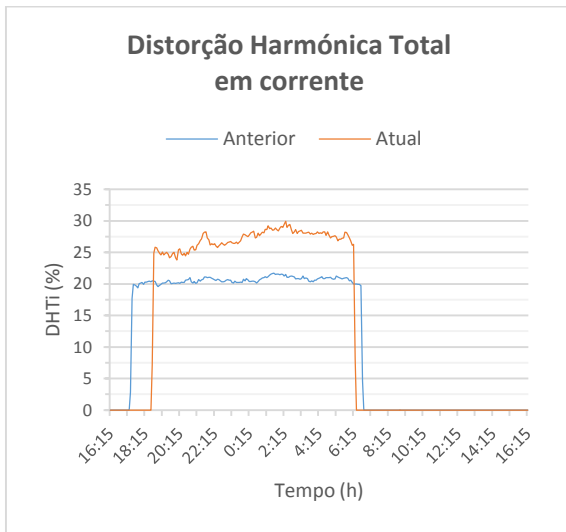


Gráfico 21 – Distorção Harmónica Total em corrente. Gráfico 22 – Distorção Harmónica Total em tensão.

### 5.3.1.2 Análise luminotécnica

Perante as características da via e dos seus utilizadores a classe recomendada pela Norma Europeia EN 13201 é a CE5, para a qual se define uma iluminância média entre os 7,5 lux e os 10 lux e uma uniformidade geral de 0,40 (ver Anexo B). Neste contexto, e de forma análoga ao procedimento utilizado no estudo de caso 5.2.1, foi utilizado o “método ponto por ponto” em dois vãos contíguos, para os quais se definiu individualmente uma gelha de 5x3 pontos. De referir que as medições deste estudo foram também executadas a um metro de altura do solo, com as características ambientais o mais fiel uma da outra, além de manter as particularidades físicas nas redondezas iguais.

As iluminâncias medidas, com tecnologia HPM, nos 15 pontos entre cada apoio são visíveis na Figura 29.

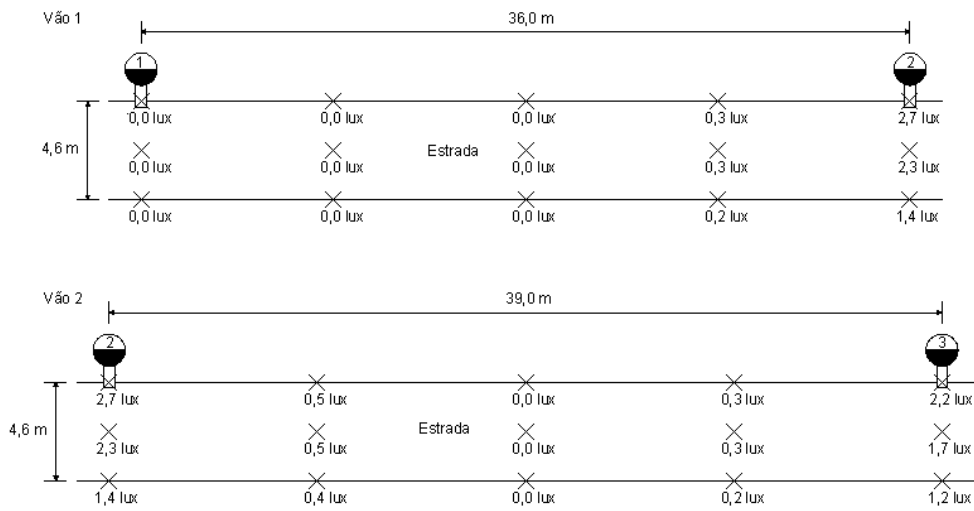


Figura 29 – Grelha de pontos com os valores de iluminância com tecnologia HPM.

Estes dados traduzem-se nos valores de iluminância e uniformidade geral visíveis na Tabela 7, que demonstram inequivocamente um nível de iluminação extremamente reduzido.

Tabela 7 – Resultados luminotécnicos com tecnologia HPM.

Cenário anterior		Iluminâncias (lux)			U <sub>0</sub>
		E <sub>med</sub>	E <sub>max</sub>	E <sub>min</sub>	
Entre apoios	1 e 2	0,5	2,7	0,0	0,00
	2 e 3	0,9	2,7	0,0	0,00

Por sua vez, as iluminâncias registadas após a reconversão de tecnologia para HPS, nos mesmos 15 pontos anteriores, são as indicadas na Figura 30.

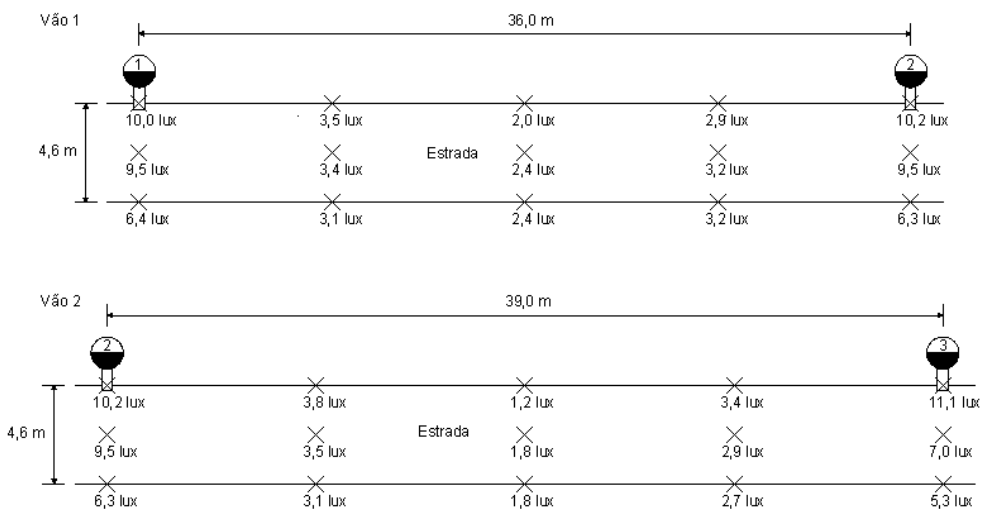


Figura 30 – Grelha de pontos com os valores de iluminância com tecnologia HPS.

As medições luminotécnicas após a obra concluída (Tabela 8) manifestam melhoria dos índices luminotécnicos face aos registos efetuados antes da substituição de luminárias e respetivo equipamento elétrico.

Tabela 8 – Resultados luminotécnicos com tecnologia HPS.

Cenário atual		Iluminâncias (lux)			U <sub>0</sub>
		E <sub>med</sub>	E <sub>max</sub>	E <sub>min</sub>	
Entre apoios	1 e 2	5,2	10,2	2,0	0,38
	2 e 3	4,9	11,1	1,2	0,24

Comparando as medições registadas globalmente nesta instalação, os resultados obtidos são expressos na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultados luminotécnicos globais.

	Iluminâncias (lux)			U <sub>0</sub>
	E <sub>med</sub>	E <sub>max</sub>	E <sub>min</sub>	
Cenário anterior	0,7	2,7	0,0	0,00
Cenário atual	5,1	11,1	1,2	0,31
Atual cumpre/não cumpre	✘	-	-	✘

### 5.3.1.3 Conclusões

Em conclusão, os resultados obtidos foram ao encontro do que era esperado para a troca de luminárias (maioritariamente obsoletas) com lâmpadas HPM por luminárias de última geração com tecnologia HPS.

Em termos económicos, como a potência ativa instalada manteve-se inalterada, não surtiram alterações nos encargos que o município tem com a instalação. No entanto, energeticamente, devido à instalação de balastros eletromagnéticos de perdas reduzidas e à incorporação de condensadores para corrigir o fator de potência, a potência reativa diminuiu consideravelmente. Consequentemente a potência aparente e a corrente elétrica nos condutores também baixaram, contribuindo para melhor desempenho dos equipamentos e aumento da vida útil dos mesmos.

Relativamente aos níveis de luminosidade (Figura 31) regista-se uma melhoria significativa em todos os índices luminotécnicos o que vem satisfazer o objetivo primordial desta intervenção. Apesar de os valores registados se manterem ligeiramente abaixo do que a legislação preconiza para este tipo de via, os resultados podem-se considerar suficientes.

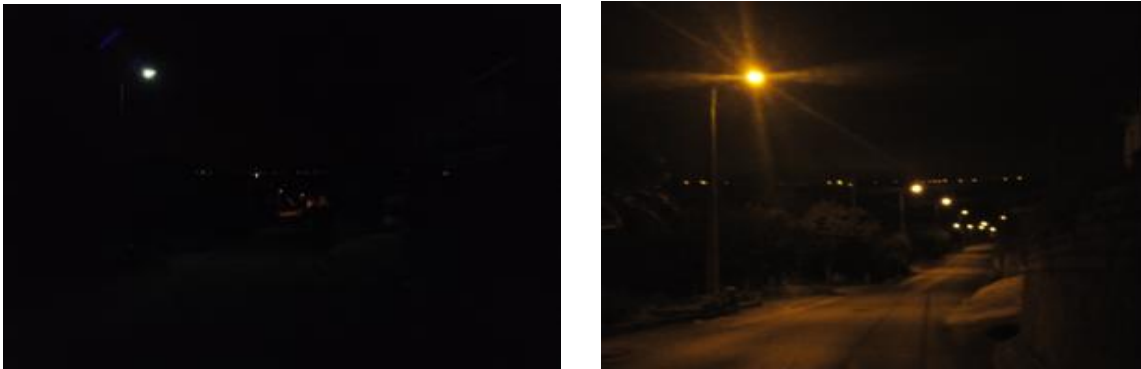


Figura 31 – Instalação antes (esquerda) e após (direita) a substituição de luminárias com lâmpadas HPM.

## 5.4 Instalação de sistema telegestão (*Web-IP*)

Encontra-se em curso, por enquadramento na arquitetura InovGrid, um projeto piloto na Batalha que visa a implementação de uma solução que integra a componente *Distribution Automation* e *Advance Metering Infrastructure* na rede elétrica de todos os PTs de distribuição existentes no concelho. Nesse âmbito, um dos objetivos deste piloto é testar e avaliar a plataforma de controlo da IP que, suportada numa arquitetura de comunicações RF *Mesh*, se configure como alternativa aos sistemas de telecomando centralizado em Lisboa e Porto [29] [43].

Este projeto possui a capacidade de gerir de forma eficiente a IP através de *Distribution Transformer Controllers* (DTCs) localizados nos PTs (DTC físico) ou em *datacenter* (DTC virtual). O DTC é o equipamento responsável pelo controlo, monitorização e medição (diretamente ou através da EB) da instalação da IP para o qual se encontra configurado. Este dispositivo tem ainda a incumbência de receber e aplicar as configurações integrais ou parciais provenientes do *software* de gestão da IP, o eLumen (ver secção 5.4.1) [29] [44].

Genericamente, o sistema integrado de gestão da IP (Figura 32) desenvolve-se sobre quatro elementos fulcrais: *Web-IP* (*web server* dedicado à gestão da IP), *BT Grid* (*scada* de BT concebido no âmbito do projeto InovGrid), DTCs (concentradores de informação, automação e inteligência distribuída) e EBs (responsáveis pela contagem de energia). Ambiciona-se que, com este piloto, se consiga consolidar a plataforma *Web-IP*, otimizar as comunicações entre e nos PTs, integrar o sistema num cenário de *Distribution Automation* e avaliar o impacto deste sistema nas operações da EDPD.

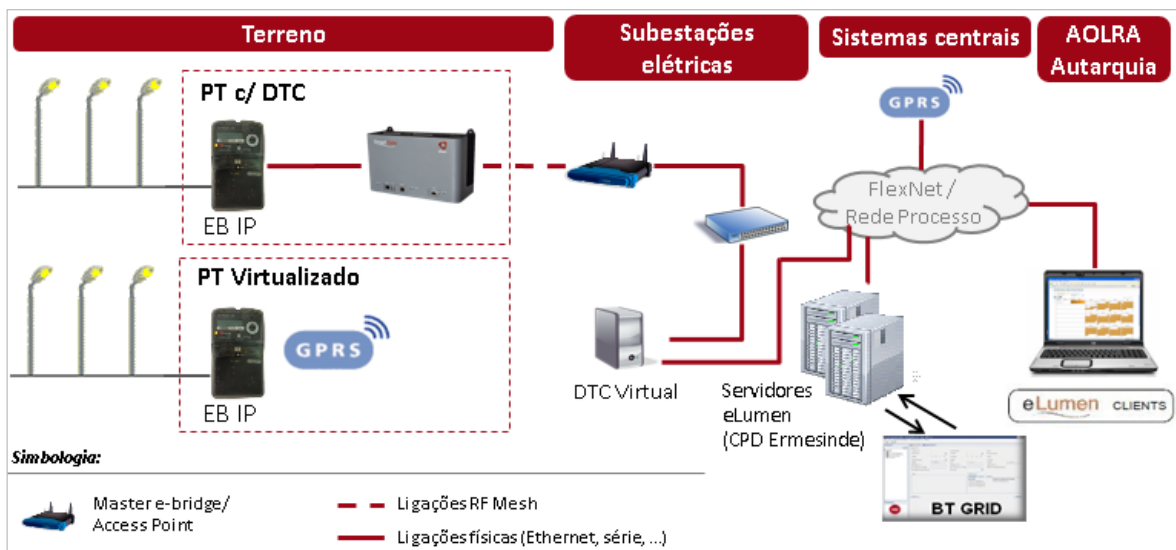


Figura 32 – Arquitetura do sistema integrado de gestão da IP na Batalha [29].

A AOLRA, além de promover o processo de instalação, possui um papel preponderante na realização de testes ao funcionamento do sistema. Por outras palavras, encontra-se como parte responsável pela realização de ensaios de ligação/desligação manual e automática da IP, programação dos horários de ligação/desligação dos circuitos e análise de relatórios funcionais, pois será a principal operadora do sistema.

### 5.4.1 eLumen

O eLumen é uma aplicação desenvolvida pela empresa EFACEC, em parceria com a EDP, com o objetivo de parametrizar remotamente os DTCs que controlam os sistemas de IP no piloto da Batalha.

O acesso à aplicação é efetuado em três níveis (administrador, operador e cliente) cujas opções disponíveis na plataforma variam de acordo com o tipo do utilizador que está autenticado.

A organização dos DTCs estabelece-se a partir de um perfil (Figura 33) ao qual se atribui o nome da instalação, um horário base e um conjunto de DTCs associados a determinada área geográfica e/ou PTs. O controlo de ligação e desligação da IP pode ser efetuado de forma manual ou automática, sendo a última estabelecida através de três tipos de horários: base, específico e especial. Um horário base consiste numa tabela horária que pode ser associada a um perfil ou a DTC específico, porém quando atribuído a uma determinada instalação designa-se de horário específico e tem precedência sobre o anterior. A aplicação também possibilita a definição de exceções nos horários de atuação

do comando da IP, para que dias especiais (e.g. festividades, feriados,...) possam ter horários distintos da maioria e que prevaleçam sobre os restantes [45].

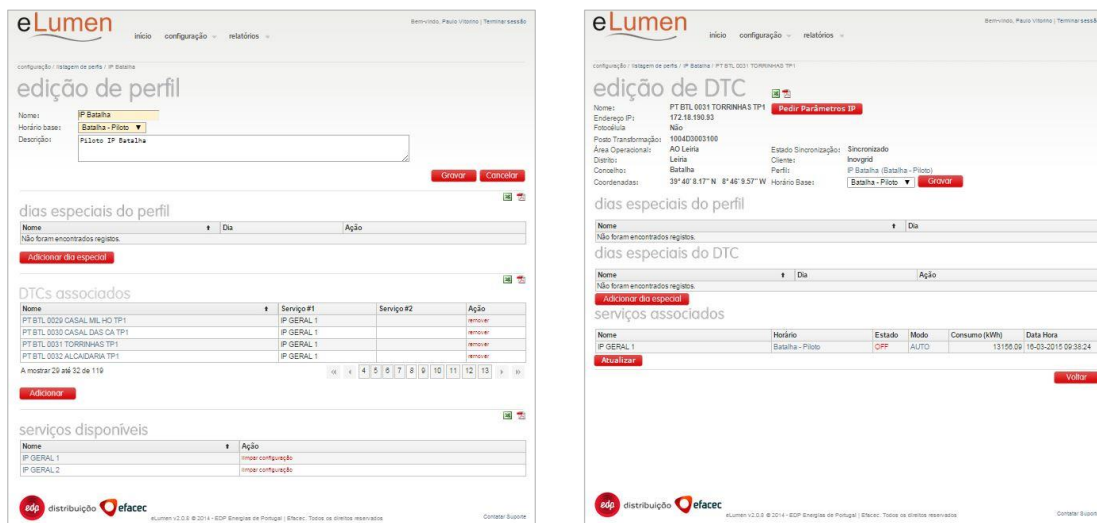


Figura 33 – Plataforma de interface web eLumen: edição de perfil e edição do DTC.

Encontra-se integrado nesta plataforma a possibilidade de análise e/ou exportação de relatórios funcionais, tais como: o sumário (mostra o tempo em que o circuito de IP associado a um DTC esteve ligado ou desligado), o estado (exibe o estado atual da IP indicando para cada DTC quando ocorreu a última transição), transições (expõe o histórico das alterações de estado), sincronização (mostra o estado de sincronização dos DTCs com a aplicação), anomalias (ordena os incidentes ocorridos com os DTCs) e auditoria (registra as alterações efetuadas pelos utilizadores na plataforma).

## 5.5 Desligação seletiva de focos de luz

A necessidade de iluminação num determinado local é passível de diminuir ao longo dos anos por diversos motivos, dos quais se destacam, a redução do volume de tráfego pedonal e/ou motorizado, alterações no traçado e/ou geometria das vias de circulação, desuso de espaços de utilidade pública (e.g. lavadouros, fontanários, servidões agrícolas ou florestais), deteção de PIPs em zonas de domínio privado e/ou excesso de iluminância à face dos valores recomendados para o tipo de via [35].

Para corrigir estas incidências, salvaguardando o conforto e segurança dos utilizadores, nos últimos anos tem-se procedido à desligação de focos de IP considerados excedentes. Esta medida provoca não só uma redução imediata da potência instalada

como também, por vezes, se consegue melhorar a uniformidade geral, adequar os níveis de iluminância às características locais e reduzir a poluição luminosa (Figura 34).



*Figura 34 – Avenida em Leiria com desligação seletiva de focos.*

A implementação desta ação é realizada pela EDPD por solicitação do município. Em cada PIP a desligar o procedimento passa por retirar o fusível ou “desarmar” o disjuntor de proteção da lâmpada e equipamento auxiliar. Além disso pinta-se ou coloca-se um papel autocolante, respetivamente, no poste de betão ou coluna, um dístico informativo idêntico ao da Figura 35 [31] [35].



*Figura 35 – Dístico de foco desligado.*

O investimento associado à desligação do foco, sem retirar a luminária, é suportado integralmente pela EDPD. No caso de o município pretender a religação, nessa altura liquidará o valor correspondente à desligação anteriormente efetuada mais a religação [31].

Dos oito municípios da AOLRA, seis já utilizaram este mecanismo de poupança energética com o apoio técnico da EDPD. Com um total próximo de um milhar de focos desligados no conjunto das autarquias, estas conseguiram uma redução global na ordem dos 220,7kW de potência elétrica, conduzindo a uma poupança anual de cerca 122.000€. Na Tabela 10 referem-se, percentualmente, o número de focos de IP desligados por concelho e a respetiva potência global associada [4].

*Tabela 10 – Focos desligados e potência total por concelho.*

<b>Concelho</b>	<b>Focos desligados (%)</b>	<b>Potência total (kW)</b>
<b>Alvaiázere</b>	0,0	0,00
<b>Ansião</b>	0,0	0,00
<b>Batalha</b>	9,0	8,64
<b>Leiria</b>	17,4	19,87
<b>Marinha Grande</b>	0,3	0,19
<b>Ourém</b>	4,8	106,07
<b>Pombal</b>	20,3	28,45
<b>Porto de Mós</b>	48,3	57,48

Para finalizar, de referir que se encontra em estudo uma proposta, concebida durante o estágio, que abrange a desligação de 351 focos num dos municípios. Com uma potência instalada estimada em 26kW, a sua desligação prevê uma redução anual de 14.300€ na fatura de energia elétrica.

## 6. Estudo de iluminação pública eficiente com avaliação económica

Uma das principais avenidas do concelho de Ourém será alvo de reabilitação num futuro próximo. Nos objetivos da reestruturação da avenida incide a reformulação total das infraestruturas de IP de forma a colocar o nível de eficiência energética e luminotécnica destas instalações num patamar de referência.

Assentes nas normas e regulamentos em vigor e seguindo as linhas orientadoras do Documento de Referência para a IP, realizaram-se dois estudos luminotécnicos e económicos para determinar (entre duas fontes luminosas) qual a solução que se adequa a este projeto.

A intervenção na avenida irá ocorrer ao longo dos atuais 1.200 metros de extensão, sendo que irá obedecer, sempre que possível e na sua generalidade, ao perfil indicado na Figura 36.

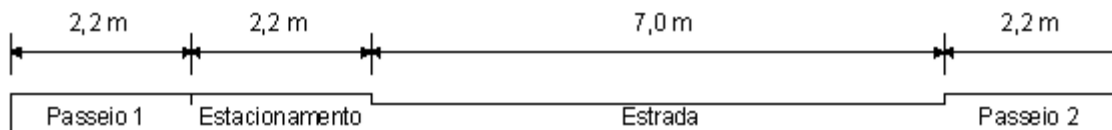


Figura 36 – Perfil genérico da avenida a reabilitar.

À semelhança do que ocorre atualmente, é previsível que se mantenha o elevado volume de tráfego motorizado e pedonal que circula diariamente na avenida devido à existência de estabelecimentos comerciais, edifícios de habitação e interligações com outras artérias da cidade.

Na análise prévia ao projeto determinou-se que os cálculos luminotécnicos, a efetuar no *software* DIALux<sup>3</sup>, deveriam incidir na possibilidade de se utilizar a convencional tecnologia HPS ou nas arrojadas luminárias LED. Definiu-se ainda, face às características da via e infraestruturas elétricas já existentes (e.g. caixas de visita e tubagens), que a disposição das colunas seria do tipo unilateral, com uma altura útil de 10 metros e um braço de 1,25 metros.

<sup>3</sup> Ferramenta informática que permite efetuar a simulação da distribuição de luz no ambiente, produzindo cenários realistas e valores luminotécnicos.

Do conjunto de luminárias qualificadas pela EDP de uso corrente, a opção recai-o sobre dois modelos do mesmo fabricante (Tabela 11), cujos resultados a obter proporcionem o índice funcional de classificação energética A+ (ver Tabela 1).

Tabela 11 – Características das luminárias e equipamento elétrico [46].

Tecnologia	HPS	LED
Fabricante luminária	Schröder	Schröder
Modelo luminária	Sapphire 2	Piano
Potência da lâmpada (W)	150	123
Potência consumida (W)	170*	123
Fluxo nominal (lm)	17.500	12.947
Temperatura de cor (K)	2.000	4.000
Fator de manutenção	0,8	0,8
Vida útil da luminária (h)	90.000	60.000
Vida útil da lâmpada e equipamento auxiliar (h)	26.000*	--
Índice de proteção	IP66	IP66
Resistência ao choque	IK08	IK08
Imagem do produto		

\* Valores médios obtidos em produtos equivalentes.

As distribuições fotométricas (diagrama polar e curva de isoluminância) das luminárias escolhidas vão ao encontro das que estão definidas pela concessionária da rede para os modelos adotados (Figura 37 e Figura 38).

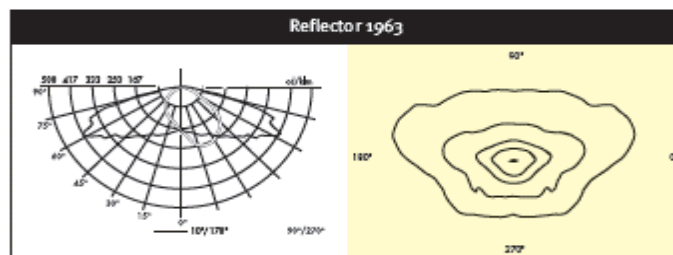


Figura 37 – Distribuições fotométricas da luminária Schröder Sapphire 2 [46].

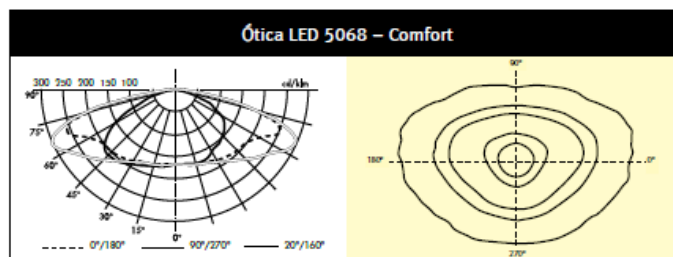


Figura 38 – Distribuições fotométricas da luminária Schröder Piano [46].

Este estudo contempla igualmente uma avaliação económica para que se possa determinar qual das soluções se torna mais rentável. Considerou-se que o tempo em que a IP está ligada é em média 11 horas/dia (4015 horas/ano) com a tarifa de 0,1367€/kWh. Os preços dos equipamentos propostos para instalação, recolhidos através da consulta de tabela de preços praticados pela EDPD, encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 – Custos dos materiais propostos para instalação.

Designação do material	Preço (sem IVA)
Coluna de aço de IP octogonal de 10 metros de altura útil (inclui montagem, braço, fusíveis e elétrodo de terra)	312,80 €/unid.
Luminária de HPS 150W	37,22 €/unid.
Lâmpada e equipamento auxiliar de HPS 150W	11,00 €/unid.
Luminária LED 123W	350,00€/unid.

## 6.1 Tecnologia HPS

Os cálculos luminotécnicos foram realizados sobre uma grelha de 10x5 pontos na faixa de rodagem e de 10x3 pontos para os campos de avaliação secundários (passeios e estacionamento), das quais se retiraram os resultados expressos na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados luminotécnicos da solução HPS por campo de avaliação.

	Passeio 1		Estacionamento		Faixa de rodagem		Passeio 2	
	$E_m$ (lux)	U0	$E_m$ (lux)	U0	$E_m$ (lux)	U0	$E_m$ (lux)	U0
Valores nominais segundo a classe	≥ 10,00	≥ 0,40	≥ 10,00	≥ 0,40	≥ 15,00	≥ 0,40	≥ 10,00	≥ 0,40
Valores reais segundo o cálculo	15,84	0,74	11,58	0,75	18,18	0,45	12,35	0,51
Cumpre/não cumpre	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Estes resultados pressupõem um afastamento máximo entre luminárias de 30 metros, provocando a distribuição da iluminância de acordo com a representação de cores mostrada na Figura 39. Para cumprir esta premissa é necessário proceder à instalação de 40 luminárias que conduzem a um consumo energético médio anual de 28,91MWh e uma emissão de 13,59TonCO<sub>2</sub>eq.

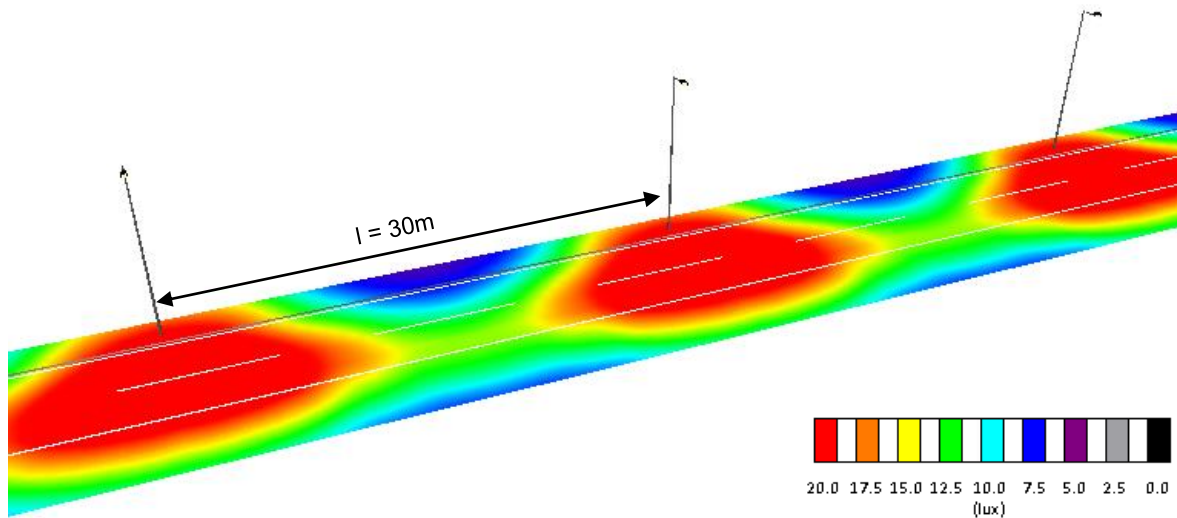


Figura 39 – Representação da distribuição de iluminância com tecnologia HPS.

Na classificação energética, esta apresenta-se com um nível funcional muito eficiente (A+), sem que haja sob ou sobredimensionamento da instalação, como se pode confirmar pela equação 4.

(4)

$$\varepsilon = \frac{S \times E_{med}}{P} \Leftrightarrow \varepsilon = \frac{(13,6 \times 30) \times 18,18}{170} \Leftrightarrow \varepsilon = 44 \rightarrow \mathbf{A+}$$

Levando em consideração os dados anteriormente expostos, o investimento inicial nesta solução é de 14.440,80€. Soma-se ainda a incumbência de 1.928,80€ a cada 26.000 horas de funcionamento da instalação, por força da substituição da lâmpada e respetivo equipamento auxiliar em cada uma das luminárias. O custo médio anual associado ao consumo de energia é de 3.732,18€.

## 6.2 Tecnologia LED

De forma análoga ao procedimento utilizado para determinar a solução com luminárias HPS, foi efetuado do cálculo luminotécnico para a tecnologia LED, obtendo-se os resultados indicados na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultados luminotécnicos da solução LED por campo de avaliação.

	Passeio 1		Estacionamento		Faixa de rodagem		Passeio 2	
	$E_m$ (lux)	U0	$E_m$ (lux)	U0	$E_m$ (lux)	U0	$E_m$ (lux)	U0
<b>Valores nominais segundo a classe</b>	$\geq 10,00$	$\geq 0,40$	$\geq 10,00$	$\geq 0,40$	$\geq 15,00$	$\geq 0,40$	$\geq 10,00$	$\geq 0,40$
<b>Valores reais segundo o cálculo</b>	12,62	0,85	10,10	0,84	15,59	0,73	14,70	0,65
<b>Cumpre/não cumpre</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Estes resultados pressupõem um afastamento máximo entre luminárias de 25 metros, provocando a distribuição da iluminância de acordo com a representação de cores expressa na Figura 40. Neste caso é necessário proceder à instalação de 48 luminárias que levam a um consumo energético médio anual de 23,70MWh e uma emissão de 11,14TonCO<sub>2</sub>eq.

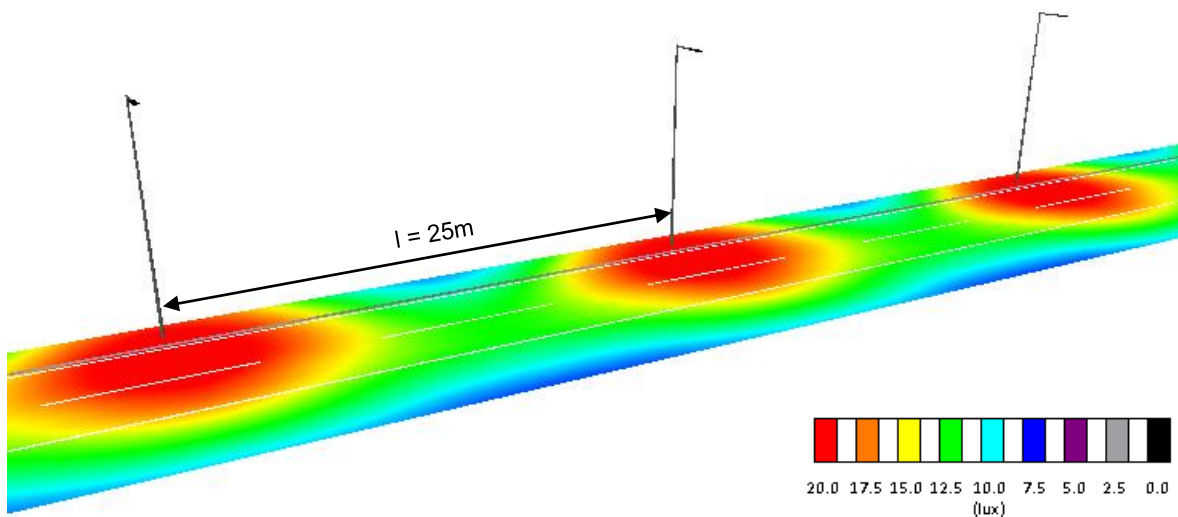


Figura 40 – Representação da distribuição de iluminância com tecnologia LED.

Tal como a solução anterior, a classificação energética tem um nível funcional muito eficiente (A+), sem que haja sob ou sobredimensionamento da instalação, como se pode confirmar pela equação 5.

(5)

$$\varepsilon = \frac{S \times E_{med}}{P} \Leftrightarrow \varepsilon = \frac{(13,6 \times 25) \times 15,69}{123} \Leftrightarrow \varepsilon = 43 \rightarrow \mathbf{A+}$$

Relativamente a esta solução, e levando em consideração os dados anteriormente expostos, pode-se concluir que o investimento inicial é de 31.814,40€. O encargo médio anual com a energia é de 3.240,41€.

## 6.3 Conclusões

Comparando as duas soluções estudadas e admitindo como vida útil da instalação o período espectável de operacionalidade da luminária LED (15 anos), verifica-se que o custo associado ao ciclo de vida dos equipamentos é favorável para a tecnologia HPS em 11.587,20€. No que se refere à diferença de consumos a utilização de tecnologia LED representa um potencial de poupança de 491,77€/ano. Dividindo a diferença do investimento inicial necessário para instalação de luminárias LED sobre a poupança económica anual que consegue com a sua utilização, depreende-se que serão necessários, aproximadamente, 24 anos para que se consiga realizar o retorno do investimento nesta solução. Pode-se visualizar na Tabela 15 as diferenças gerais, resultantes da aplicação da solução a HPS em detrimento da tecnologia LED, ao fim de 15 anos de exploração da instalação.

*Tabela 15 – Diferença de resultados resultantes da aplicação da solução a HPS face ao LED..*

Tecnologia	Quantidade (unidade)	Potência (W)	Custo inicial + manutenção (€)	Energia consumida anual (MWh)	Encargos energia anual (€)	Emissões CO <sub>2</sub> (TonCO <sub>2</sub> eq)
HPS	40	170	20.227,20	27,30	3.732,18	12,83
LED	48	123	31.814,40	23,70	3.240,41	11,14
<b>Balanco</b>			- 11.587,20 (- 36,42%)	3,60 (+ 13,19%)	491,77 (+ 13,17%)	1,69 (+ 13,17%)

Em suma, perante os valores monetários associados ao custo inicial e à manutenção dos equipamentos durante a vida útil da instalação, a solução mais vantajosa do ponto vista financeiro é realizada com recurso a tecnologia HPS. Se em termos luminotécnicos conseguem-se valores idênticos em ambas as soluções de iluminação, no que diz respeito aos consumos energéticos a tecnologia LED apresenta valores abaixo dos que se conseguem com HPS. No entanto, a diferença entre consumos não é suficientemente significativa para que se consiga realizar, durante a vida útil dos equipamentos, o retorno do investimento inicial inerente à utilização de luminárias LED. De salientar ainda que, considerando exclusivamente o período de exploração dos equipamentos, a solução LED é a que provoca menor impacto ambiental e visual (emissões de CO<sub>2</sub> e poluição luminosa). Perante estas evidências cabe ao gestor da rede definir o critério de seleção e decidir qual das opções pretende aplicar.

## 7. Iniciativa *Lean Thinking*

O *Lean Thinking* surge na década de 50 no Sistema Toyota de Produção num período em que a empresa, embora tivesse poucos recursos para investir na sua linha tradicional de fabrico, queria expandir o seu volume de produção com base na otimização dos processos de produção [47]. Atualmente, o *Lean Thinking* fundamenta-se numa filosofia que, para as diversas atividades básicas envolvidas no negócio, diferencia o que é desperdício do que é valor acrescentado para o utilizador e cliente. Deste modo, tendo por base o princípio de melhoria contínua, o *Lean Thinking* tem como objetivo eliminar os processos de variabilidade, de sobrecarga e o desperdício (e.g. tempos de espera improdutivo, consumos desnecessários, reprocessamento, deslocações desnecessárias, excesso de *stocks*) [48] [49].

Para auxiliar a rever os processos que geram desperdício humano e financeiro, existem um conjunto de Ferramentas *Lean*, como por exemplo, a 5W2H. A ferramenta 5W2H (Figura 41) ajuda a definir o problema através da resposta a sete questões: *What?* (qual é o problema), *Why?* (porque ocorre), *When?* (quando/desde ocorre), *Who?* (onde ocorre), *Where?* (quem está envolvido) *How?* (como surgiu o problema) e *How much?* (quanto custa) [47] [49].



Figura 41 – Ferramenta Lean 5W2H [47].

No Grupo EDP, os princípios do *Lean* procuram o envolvimento da organização e foco na execução (com simplicidade e inovação) promovendo uma cultura de melhoria contínua e atuando em três pilares fundamentais: processos e procedimentos (processos como um todo criador de valor), atitudes e comportamentos (identificando as causas raiz

dos problemas e resolver os problemas da equipa em equipa) e informação e ferramentas de gestão (integradas no sistema de gestão da empresa) [47].

Foi identificada durante o estágio uma oportunidade de aplicação do *Lean Thinking* ao processo de tratamento de Pedidos de Ligação à Rede (PLRs) em SIT/DM pelo que serão descritas as características do procedimento anterior e como este foi otimizado.

## 7.1 Tratamento de Pedidos de Ligação à Rede em SIT/DM

Como referido anteriormente, a plataforma SIT/DM é o repositório de toda a informação da rede elétrica do país, sendo possível aferir com certeza quantos, quais e como estão alimentados os clientes de determinada instalação. Neste pressuposto, sempre que surge uma nova ligação à rede de BT é necessário proceder à atualização da base de dados. Essa atualização é conseguida através do interface estabelecido com aplicação *web de* atualização e-SIT numa tarefa designada de “Tratamento de PLRs”. Neste processo executa-se um conjunto de etapas, tais como o desenho de novos elementos, caracterização das alterações efetuadas na rede e associação da chave do ramal comercial ao ponto de ligação do cliente.

Surgem na AOLRA, em média, quinze novas solicitações semanais de PLR para tratar em e-SIT, no qual o procedimento define-se como sendo demorado (com os tempos de tratamento por PLR a situarem-se nos 15 minutos), pouco rigoroso (quem procede ao carregamento do PLR não realiza o levantamento dos dados no terreno) e a aplicação *web* é lenta e com limitações significativas de desenho [50].

Identificada a possibilidade de se executar o tratamento de PLRs diretamente na base de dados do SIT/DM, de forma similar ao e-SIT (exigindo recursos humanos com formação de utilização específica) ou através do carregamento de um ficheiro que contenha o código necessário ao desenho e caracterização da rede (ficheiro “cliff”), foi constituída uma nova ficha técnica, designada de GeoPLR, que permite gerar esse ficheiro.

A Ficha Técnica GeoPLR, preenchida pelo técnico responsável pelo levantamento dos elementos necessários à execução da obra, apresenta-se como uma alternativa que permite em Excel especificar e caracterizar os elementos a desenhar na rede de forma mais célere, encurtando o tempo de tratamento em 33% face ao necessário com o método

anterior. Os técnicos responsáveis por atualizar a rede em SIT/DM ficam incumbidos de carregar o “cliff” associado a cada PLR.

A nova metodologia, além de diminuir significativamente o tempo de execução da tarefa, caracteriza-se por ser simples e intuitiva, baseado na utilização de uma ferramenta acessível aos prestadores de serviços externos, revela incremento da qualidade e minimização de erros de localização, possibilita a partilha de recursos entre Áreas Operacionais (o técnico pode carregar um “cliff” de uma área que não seja a sua) além de consentir, no limite, o levantamento integral da rede BT.

### 7.1.1 Ficha Técnica – GeoPLR

A Ficha Técnica GeoPLR (Figura 42) baseia-se no preenchimento de campos que permitem caracterizar o ramal desde o ponto de entrega de energia ao ponto de ligação à rede.

**FICHA DE GEORREFERENCIAÇÃO DE PEDIDOS DE LIGAÇÃO À REDE**

edp distribuição  
 AD Leiria

Projeto de obra: \_\_\_\_\_  
 Tipo de pedido: \_\_\_\_\_  
 Projeto atribuído a: \_\_\_\_\_

Coacelho: \_\_\_\_\_  
 Freguesia: \_\_\_\_\_  
 Levantado em: \_\_\_\_\_

MAPA  
 GERAR CLIFF

---

**PONTO DE ENTREGA DE ENERGIA**

Coordenadas:

---

**LIGAÇÃO BT**

Nº de ligações	1	2	3	4
Tipo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Função	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Coordenadas	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>

---

**APOIOS BT**

Nº de apoios	1	2	3	4
Designação	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Função	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Matéria	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Eléctrodo de terra	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Coordenadas	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>

---

**TROCOS BT**

Nº de troços	1	2	3	4
Designação	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Função	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº de Fases	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Coordenadas 1ª	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>
2ª	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>
3ª	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>
4ª	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>
5ª	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>

---

**CAIXA/ARMÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO DE REDE**

Nº de Caixa/Armário	1	2	3	4
Tipo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Coordenadas	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>

Figura 42 – Template da Ficha Técnica GeoPLR.

Com seis campos de preenchimento, apenas o cabeçalho de identificação se completa de forma automática, através da leitura de dados da Ficha Técnica principal. Os restantes designam-se e caracterizam-se da seguinte forma:

- Ponto de entrega de energia – este campo identifica, através das coordenadas introduzidas, o local onde o cliente tem a portinhola instalada.

- Ligações BT – as ligações BT podem ser de dois tipos: união/junção ou derivação. A união/junção, aplica-se sempre que surjam transições no tipo de troço, isto é, passagem de troço aéreo para subterrâneo, ou vice-versa, e/ou quando se verifique uma diminuição de secção dos cabos condutores. Por sua vez, as derivações obedecem às mesmas especificações da união/junção, porém aplicadas quando estas contemplam no mesmo ponto três ou mais uniões, prevalecendo assim sobre estas. A(s) sua(s) localização(ões), atribuída(s) através de coordenadas, são assim coincidentes com extremidades de troços indicados.

- Apoios BT – neste campo indica-se individualmente, através de coordenadas, a localização de cada apoio necessário à execução do ramal e o primeiro, já existente, onde se estabelece a ligação à rede aérea. Caracteriza-se também a designação do apoio que especifica a altura e peso do apoio, a sua função (BT, BT e IP, BT Ramal), a existência ou não de maciço e elétrodo de terra.

- Troços BT – a caracterização do cabo condutor que estabelece ligação entre o ponto de entrega de energia e a rede é realizada neste campo. Torna-se assim necessário preencher a designação técnica do condutor, como será instalado (aéreo tendido, aéreo pousado ou subterrâneo), a sua função (BT, BT e IP, BT Ramal), o número de fases e a indicação das coordenadas de início e fim do troço, que devem coincidir com outros objetos na rede (ponto de entrega de energia, apoios BT e/ou caixas/armários de distribuição de rede).

- Caixa/Armário de distribuição de rede – sempre que se verifique a sua utilização é necessário indicar as coordenadas da sua localização e o respetivo número EDP de identificação.

Após a conclusão da ficha, os dados carregados dão origem de forma automática ao ficheiro “cliff” compatível com o SIT/DM, como referido anteriormente.

## 8. Conclusões e propostas de trabalhos futuros

---

### 8.1 Conclusões

Este documento pretendeu expor e analisar o trabalho que tem sido desenvolvido, entre autarquias, concessionária e operadora de rede de distribuição, com o objetivo de se conseguir mais e melhor eficiência energética na rede de IP afeta aos concelhos da AOLRA.

Face às alterações tarifárias a que a IP tem estado sujeita nos últimos anos, com o aumento do Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA) dos 6% para 23%, a liberalização do mercado e respetiva extinção da tarifa especial para a IP, que até então isentava o pagamento da potência contratada, fez com que nos últimos anos se verificasse uma subida dos encargos com estas infraestruturas em cerca de 48% [6]. Estes aumentos, que em muito influenciam a situação financeira das autarquias, acabam por ser propulsores de medidas que lhes tentem fazer frente, racionalizando o consumo de energia e melhorando o parque de IP.

A otimização da tecnologia tradicionalmente aplicada nas instalações de IP e o desenvolvimento de novos equipamentos veio agilizar o processo de tornar as infraestruturas mais eficientes, todavia, para uma mudança de paradigmas é necessário o conhecimento das instalações, da legislação em vigor e do vasto leque de soluções tecnológicas que estão a preços bem mais acessíveis do que há alguns anos.

Foi seguindo este rumo que se caracterizou o processo de gestão e atualização de cadastro da rede de IP na EDPD, que se explanou normas e regulamentos e os equipamentos mais em voga na rede de IP. Demonstraram-se vários métodos de promoção de eficiência energética, tendo-se verificado que existe elevado potencial de redução de consumos energéticos através da alteração de paradigmas que, para além de consumirem menos energia pela redução de potência instalada, permitem a melhoria das condições luminotécnicas nos espaços que iluminam.

Dos programas de promoção de eficiência energética apresentados, têm maior ênfase os casos de estudo práticos realizados com a alteração de tecnologia de fontes de luz. A substituição de luminárias convencionais por iluminação LED deve ser abordada e analisada cuidadosamente caso a caso, pois sem que haja uma diminuição significativa da

potência instalada, e conseqüentemente do nível de iluminação, os investimentos arrojados podem revelar-se verdadeiros desastres económicos. Por sua vez, a troca de luminárias com tecnologia HPM por iluminação a HPS reveste-se logo à partida como uma medida de grande impacto ambiental com a redução de mercúrio. Estas luminárias com lâmpadas HPM são na sua maioria obsoletas e apresentam baixo rendimento luminoso devido às suas características construtivas e dos materiais que a constituem. Assim, com a troca destes equipamentos consegue-se obter instantaneamente resultados luminotécnicos que incrementam significativamente o nível de iluminação sem alteração da potência instalada.

Agregado a todas estas medidas e soluções, para se obter resultados verdadeiramente satisfatórios, é inevitável a envolvimento nesta temática dos cidadãos e das instituições de ensino com o corpo técnico que trabalha diariamente no setor e respetivas empresas. Só com este envolvimento global se pode promover e sensibilizar os municípios para alterações comportamentais, as instituições de ensino para a formação, investigação e desenvolvimento de novos produtos e os restantes agentes na realização e aplicação de regulamentação e soluções adequadas.

Em suma, as infraestruturas existentes deverão ser o suporte das novas soluções tecnológicas pelo que é necessário ter presente os fatores que dependem da opção escolhida, como por exemplo, os custos associados e a energia necessária para a sua substituição. No entanto, é importante que a reconversão das instalações seja executada de forma gradual pois uma migração total no imediato implicaria a substituição dos equipamentos atuais, situação que não é de todo sustentável a vários níveis (energéticos, ambientais, sociais e financeiros), além de que a grande maioria dos materiais existentes na rede ainda possuem algum tempo de vida útil que não pode nem deve ser descurado.

Para finalizar, há a destacar que os objetivos delineados para este estágio curricular foram alcançados e as atividades realizadas vão ao encontro do conteúdo explanado neste documento. Deste modo, salienta-se a conceção da Ficha AIPub, a estruturação e implementação do procedimento de atualização e consulta do cadastro da rede de IP na AOLRA. Nesse âmbito, adquiriu-se a responsabilidade de assegurar a atualização da documentação, das plataformas informáticas de cadastro da rede de IP e a criação de mecanismos por forma a garantir a sua continuidade após estágio. Sobre um vasto e enriquecedor trabalho de campo, no âmbito dos vários programas de promoção de eficiência energética, com ênfase na troca de tecnologia de fontes luminosas, efetuaram-se estudos luminotécnicos e análises energéticas em diversas instalações de IP. Nos restantes programas o contributo incidiu sobre a exploração/realização de ensaios à plataforma *Web-IP* de telegestão da IP e à elaboração de propostas com focos de IP

passíveis de desligar. No contexto da reabilitação de uma infraestrutura de IP, mencionada neste relatório, houve uma forte colaboração no projeto através da realização de estudos luminotécnicos que permitam colocar a instalação na vanguarda da eficiência energética. Transversal a todas estas tarefas sucedeu-se o envolvimento no programa *Lean Thinking* da empresa, com uma iniciativa que possibilita agilizar o processo de tratamento de PLRs (Ficha GeoPLR). Em suma, pode-se concluir que a diversidade de atividades acompanhadas/desenvolvidas levou a que este estágio se tornasse uma grande mais-valia a nível pessoal e profissional. Permitiu adquirir e consolidar conhecimentos académicos, competências técnicas e comportamentais, dos quais se enaltece o espírito vencedor que se consegue mostrando pró-atividade e o querer fazer sempre cada vez mais e melhor agindo sobre a feição de uma filosofia *Lean Thinking*.

## 8.2 Propostas de trabalhos futuros

Na ótica do desenvolvimento e melhoria deste trabalho propõem-se para os municípios do concelho da AOLRA a aplicação e estudo de outras medidas de promoção de eficiência energética na IP que permitam abrir, ainda mais, o leque de soluções a aplicar gradualmente na rede (e.g. a substituição de balastros eletromagnéticos por balastros eletrónicos reguláveis e a instalação de reguladores de fluxo luminoso).

Será igualmente interessante acompanhar a evolução do comportamento das instalações monitorizadas no âmbito dos estudos de caso realizados, visto que não se pode desassociar o facto das análises energéticas e luminotécnicas terem sido efetuadas poucas semanas antes e depois das conversões de tecnologia, pelo que será de todo interessante efetuar esse acompanhamento ao longo da vida útil das infraestruturas intervencionadas.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

---

## Referências bibliográficas

---

- [1] A. Amorim, “Novas tecnologias na iluminação pública,” AREANA Tejo, 2009.
- [2] C. R. Santos, “Iluminação pública e sustentabilidade energética,” FEUP, Porto, 2011.
- [3] N. Ferreira, “A Terra vista à noite do espaço é um mundo de luz e escuridão,” *Jornal Público*, 06 Dezembro 2012. [Online]. Available: [www.publico.pt](http://www.publico.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [4] “GeoAct IP,” EDP Distribuição - Energia S.A., [Online]. Available: [www.geoact.edp.pt](http://www.geoact.edp.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [5] R. F. Brandão, “Eficiência energética na iluminação pública,” *Neutro à Terra*, pp. 55-60, Dezembro 2013.
- [6] J. Magalhães, L. Castanheira e R. Brandão, “Eficiência energética na iluminação pública.,” *Neutro à Terra*, pp. 49-56, Dezembro 2014.
- [7] “Direção de Redes e Clientes Tejo,” EDP Distribuição - Energia S.A., 2012.
- [8] “PORDATA,” Fundação Manuel dos Santos, [Online]. Available: [www.pordata.pt](http://www.pordata.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [9] “Balanço anual da Área Operacional de Leiria,” EDP Distribuição - Energia S.A., Leiria, 2015.
- [10] “Sistema de Informação Técnica,” GeoEDP, [Online]. Available: [www.geoedp.edp.pt](http://www.geoedp.edp.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [11] A. L. Lourenço, “Notas teóricas - Iluminação Pública,” 2012.
- [12] “Ordenamento da iluminação pública,” *Voltimum*, 02 Julho 2008. [Online]. Available: [www.voltimum.pt](http://www.voltimum.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [13] A. Teixeira, “Norma Europeia de Iluminação Pública - EN13201,” DEEC, 2013.
- [14] *Portaria n.º 454/2001, de 5 de Maio*, “Estabelece as regras a que devem obedecer os contratos de concessão de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão”.

- [15] “Documento de referência - Eficiência energética na iluminação pública,” Lisboa, 2011.
- [16] “Conceitos luminotécnicos,” Climax Lighting, [Online]. Available: [www.climax.pt](http://www.climax.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [17] T. A. Gomes, “Plano Diretor da iluminação pública do município de Matosinhos,” FEUP, Porto, 2011.
- [18] Soneres, [Online]. Available: [www.soneres.pt](http://www.soneres.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [19] Osram, [Online]. Available: [www.osram.pt](http://www.osram.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [20] R. P. Sales, “LED, o novo paradigma da iluminação pública,” IEP, Curitiba, 2011.
- [21] Led shop, [Online]. Available: [www.ledia.ro](http://www.ledia.ro). [Acedido em Abril 2015].
- [22] L. B. Lopes, “Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública,” UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.
- [23] Philips Portugal, [Online]. Available: [www.philips.pt](http://www.philips.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [24] Lighting & Equipment, [Online]. Available: [www.l-and-e.com](http://www.l-and-e.com). [Acedido em Abril 2015].
- [25] R. P. Henriques, “Sistema integrado de gestão e otimização de iluminação pública,” FCT/UNL, Lisboa, 2012.
- [26] R. Branco, “Sustentabilidade e gestão da iluminação pública,” Schröder, 2010.
- [27] Perry Electric, [Online]. Available: [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es). [Acedido em Abril 2015].
- [28] N. J. Sá, “Comunicação em sistemas de iluminação pública inteligentes,” UA, Aveiro, 2011.
- [29] “Web IP/eLumen - Sessão de demonstração de funcionalidades,” EDP Distribuição - Energia S.A., Leiria, 2014.
- [30] R. J. Victor, “A actividade comercial de back-office na EDP SC,” FEUC, Coimbra, 2010.
- [31] “Procedimentos,” em *Processo Gerir a Iluminação Pública*, EDP Distribuição - Energia S.A..

- [32] “Manutenção das redes de iluminação pública,” EDP Distribuição - Energia S.A., 2007.
- [33] “GeoAct IP - Manual de modelo de dados simplificado e materiais,” EDP Distribuição - Energia S.A., 2013.
- [34] “Gestão da Relação com as Autarquias,” EDP Distribuição - Energia S.A., 2009.
- [35] “Eficiência energética na iluminação pública,” EDP Distribuição - Energia S.A., Alcochete, 2013.
- [36] “THUNDER 35 RL,” SIMlux LED Lighting.
- [37] “Correntes de acionamentos para lâmpadas,” Finder.
- [38] “Condutores elétricos,” Solidal, Portugal, 2008.
- [39] *Norma Portuguesa EN 50160 2010*, “Características da tensão fornecida pelas redes de distribuição pública de energia elétrica”: Instituto Português da Qualidade, 2011.
- [40] N. Gil, “Avaliação económica de projetos,” ESTG, Leiria, 2012.
- [41] “Phasing out das lâmpadas de vapor de mercúrio,” Osram, [Online]. Available: [www.osram.pt](http://www.osram.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [42] “Qualidade de energia - harmónicas,” Schneider Electric, 2003.
- [43] “Piloto DA Batalha - Sessão de Kick-Off,” EDP Distribuição - Energia S.A., Leiria, 2013.
- [44] P. L. Monteiro, “Projeto InovGrid,” *Renováveis Magazine*, pp. 50-52, 2012.
- [45] “eLumen - Manual do utilizador,” EFACEC, 2013.
- [46] Schréder, [Online]. Available: [www.schreder.com](http://www.schreder.com). [Acedido em Abril 2015].
- [47] “Programa Lean 2012-14,” EDP Distribuição - Energia S.A., Pombal, 2012.
- [48] Citeve, “Ferramenta de desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV,” 2012.
- [49] “Aplicação de lean,” Ebah, [Online]. Available: [www.ebah.pt](http://www.ebah.pt). [Acedido em Abril 2015].
- [50] “Qualidade de informação técnica SIT,” EDP Distribuição - Energia S.A., Outubro 2014.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

---

## Anexos

---

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

## Anexo A

Processo de atualização do cadastro da rede de iluminação pública da Área Operacional de Leiria (Tabela 16).

**Objetivo:** Atualizar o cadastro da rede de iluminação pública da Área Operacional de Leiria.

**Âmbito:**

**Começa com:** Obra da EDP Distribuição – Energia S.A., solicitações da autarquia ou obras de terceiros na rede de iluminação pública.

**Termina com:** Sistemas de cadastro de iluminação pública atualizados.

*Tabela 16 – Processo de atualização do cadastro da rede de iluminação pública na AOLRA.*

Atividades	Ferramenta	Responsável
(1) Obras novas da EDPD		DRC-AO-OB
<p><b>(1.1) No preenchimento da Ficha Técnica após a recolha de dados no terreno</b></p> <p>Preencher <u>Folha AIPub</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expansão de rede: Definir a tarefa como “Expansão” para caracterizar cada PIP novo na rede ou em que a sua realocação seja superior a 3 metros.</li> <li>• Remodelação de rede: Se aplicável, definir como tarefa “Remoção” o PIP a retirar da rede e como tarefa “Remodelação” para alteração de características do PIP sem deslocação superior a 3 metros da sua posição inicial. Caso o desvio de posição do PIP seja superior a 3 metros aplicam-se as tarefas “Expansão” e “Remoção” para o realocar.</li> </ul>	Ficha Técnica – AIPub (MACRO)	DRC-AO-OB

Atividades	Ferramenta	Responsável
<p><b>(1.2) Na realização do eletricamente concluído</b></p> <p>Na Ficha Técnica, a folha AIPub</p> <p><u>Não tem ou está mal preenchida:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Devolver para correção ao colaborador responsável pela recolha de dados ficando este responsável pelo reenvio direto assim que o realize.</li> </ul> <p><u>Tem e está bem preenchida:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarefa “Expansão”: Gerar cliff. Enviar via e-mail o cliff para o responsável do ponto 5, indicando no assunto “IP – PIPs Novos”.</li> <li>• Tarefa “Remoção” e/ou “Remodelação”: Atualizar o GeoAct. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Remoção: Apagar completamente o PIP.</li> <li>○ Remodelação: Atualizar a caracterização do PIP.</li> </ul> </li> </ul> <p>Exportar os dados do PT do GeoAct em .xls.</p> <p>Enviar via e-mail o .xls para o responsável do ponto 4, indicando no assunto “IP – Conversão GA-DM”.</p>	<p>Ficha Técnica – AIPub (MACRO)</p> <p>GeoAct</p>	<p>DRC-AO-OB</p>
<p><b>(2) Obras de manutenção da EDPD e solicitação de religações, desligações ou desmontagem de PIPs</b></p>		<p>DRC-AO-MS</p>
<p><b>(2.1) Religação, desligação ou desmontagem de PIPs</b></p> <p>Carregamento da informação em GRA, de acordo com a solicitação da CM, preenchendo a <u>Ficha de atualização GRA</u> e anexando-a em .pdf à plataforma.</p> <p>Enviar via e-mail o .pdf para o responsável do ponto 2.1.1</p>	<p>GRA</p> <p>Ficha de atualização GRA</p>	<p>DRC-AO-MS</p>

Atividades	Ferramenta	Responsável
<p><b>(2.1.1) Atualização da informação em GeoAct</b></p> <p>Atualizar o <u>GeoAct</u>, indicando o ofício da CM e/ou da EDPD nas observações do PIP afeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Religação: Inserir potência da lâmpada e definir estado todos ligados ou ligado parcialmente.</li> <li>• Desligação: Limpar o campo potência da lâmpada e definir estado desligado total ou ligado parcialmente.</li> <li>• Desmontagem: Limpar todos os campos de caracterização do PIP exceto o tipo de apoio e o número de vãos.</li> </ul> <p>Exportar os dados do PT do GeoAct em .xls.</p> <p>Enviar via e-mail o .xls para o responsável do ponto 4, indicando no assunto “<i>IP – Conversão GA-DM</i>”.</p>	GeoAct	DRC-AO-MS
<p><b>(2.2) Substituição de PIP</b></p> <p>Preencher a <u>Ficha substituição de foco IP</u>.</p> <p>Enviar via e-mail em .pdf para o responsável do ponto 2.2.1.</p>	Ficha de substituição de foco IP	DRC-AO-MS PSE
<p><b>(2.2.1) Atualização da informação em GeoAct</b></p> <p>Atualizar o <u>GeoAct</u>.</p> <p>Exportar os dados do PT do GeoAct em .xls.</p> <p>Enviar via e-mail o .xls para o responsável do ponto 4, indicando no assunto “<i>IP – Conversão GA-DM</i>”.</p>	GeoAct	DRC-AO-MS

Atividades	Ferramenta	Responsável
<p><b>(3) Obras de autarquias ou terceiros</b></p>		
<p>Receber telas finais com caracterização do PIP (localização, PT, tipo de apoio, número de braços, tipo de luminária, potência da lâmpada e data de execução da obra).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obra nova: Nova obra DM.</li>   <li>• Obra de requalificação: Atualizar o <u>GeoAct</u>: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Novo PIP: Carregar PIP no terreno com PDA.</li> <li>○ Remodelação (sem desvio de PIP superior a 3 metros): Atualizar a caracterização do PIP.</li> <li>○ Remoção de PIP existente: Eliminar na totalidade o PIP.</li> </ul> </li> </ul> <p>Exportar os dados do PT do GeoAct em .xls.</p> <p>Enviar via e-mail o .xls para o responsável do ponto 4, indicando no assunto “<i>IP – Conversão GA-DM</i>”.</p>	<p>GeoAct</p>	<p>DRC-AO-TA DRC-AO-OB</p>
<p><b>(4) Conversão de GeoAct–DM</b></p>		
<p>Receber e-mail “<i>IP – Conversão GA-DM</i>” com .xls.</p> <p>Copiar os dados de todos os PIPs contidos no .xls e “colá-los” no <u>Conversor GeoAct – DM</u>.</p> <p>Gerar o cliff.</p> <p>Enviar via e-mail o cliff para o responsável do ponto 5, indicando no assunto “<i>IP – PIPs GeoAct</i>” e no corpo da mensagem o código SIT do PT.</p>	<p>Conversor GeoAct–DM</p>	<p>DRC-AO-TA</p>

Atividades	Ferramenta	Responsável
<p><b>(5) Atualização em DM</b></p>		
<p>Aceder à obra DM-016462/2014.</p> <p>Através do assunto do e-mail:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “IP – PIPs GeoAct”: Eliminar todos PIPs do PT a atualizar cujas observações na obra DM comecem por “Exportado do GeoAct”.</li> <li>• “IP – PIPs Novos”.</li> </ul> <p>Importar cliff.</p>	<p>SIT-DM</p>	<p>DRC-AO-TA</p>

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco.*

## Anexo B

As infraestruturas de iluminação pública afetadas aos concelhos da Área Operacional de Leiria, ao abrigo do contrato de concessão entre autarquias e EDP Distribuição – Energia S.A., estabelecem-se em zonas urbanas e rurais nos tipos de via presentes na Tabela 17.

Tabela 17 – Categorias e tipos de vias ao abrigo do contrato de concessão.

Categoria da via	Tipo de via
Urbana	Estradas nacionais
	Vias urbanas principais
	Vias urbanas secundárias
	Vias urbanas transversais
	Vias pedonais e ciclovias
	Loteamentos
Rural	Vias principais
	Vias transversais

Para estas categorias e respetivos tipos de via a Norma Europeia para a Iluminação Pública (EN 13201) especifica as seguintes classes de iluminação:

- Classe ME – todas as vias fora do perímetro urbano, incluindo vias de circulação periféricas ao tecido urbano com traçado simples (retas e curvas largas), onde seja possível medir luminâncias.
- Classe CE – para zonas de conflito, que ocorrem quando vias de circulação se interseam ou desembocam em áreas frequentadas por peões, ciclistas ou outros utilizadores. São exemplos de zonas de conflito, cruzamentos, rotundas, estradas de ligação com largura e número de faixas reduzidas, zonas de centros comerciais, etc.
- Classe S – zonas pedonais e áreas com baixo volume de tráfego de modo a permitir aos peões distinguir e antecipar obstáculos e/ou situações de perigo no seu caminho, pois será possível aperceberem-se da movimentação e fazer o reconhecimento facial de outros peões relativamente próximos e intuir as suas intenções.

Os níveis de luminância e iluminância média de referência (Tabela 18), para cada um dos tipos de via mencionados, devem garantir uma uniformidade geral superior a 40% [13].

Tabela 18 – Níveis de referência de luminância e iluminância médios [13].

Tipo de via	Características	Luminância / Iluminância média		Classe das vias (EN 13201)
		Fraca	Elevada	
<b>ESTRADAS NACIONAIS</b>				
Via única	Complexidade: normal			
Velocidade ≤ 90km/h	Veículos em estacionamento: não			
Veículos motorizados	Distância entre acessos: ≤ 3km			
Veículos motorizados lentos	Densidade de tráfego: ≤ 7000	1 cd/m <sup>2</sup>	1,5 cd/m <sup>2</sup>	ME3
Ciclistas	Densidade de tráfego: ≥ 7000	1,5 cd/m <sup>2</sup>	2 cd/m <sup>2</sup>	ME2 e ME1
<b>VIAS URBANAS PRINCIPAIS</b>				
Velocidade ≤ 50km/h	Complexidade: elevada	-	20 lux	CE2
Veículos motorizados	Veículos em estacionamento: sim			
Veículos lentos	Tráfego de ciclistas: normal			
Ciclistas	Cruzamentos ≤ 3 por km			
Peões	Densidade de tráfego: normal			
<b>VIAS URBANAS SECUNDÁRIAS</b>				
Velocidade ≤ 50km/h	Complexidade: normal a elevada	10 lux	15 lux	CE4 e CE3
Veículos motorizados	Veículos em estacionamento: sim			
Veículos lentos	Tráfego de ciclistas: normal			
Ciclistas	Cruzamentos ≤ 3 por km			
<b>VIAS URBANAS TRANSVERSAIS</b>				
Velocidade ≤ 50km/h	Complexidade: normal	7,5 lux	10 lux	CE6 e CE4
Veículos motorizados	Veículos em estacionamento: sim			
Veículos lentos	Tráfego de ciclistas: normal			
Ciclistas	Cruzamentos ≤ 3 por km			
Peões				
<b>LOTEAMENTOS</b>				
Velocidade ≤ 30km/h	Risco de agressão: normal	10 lux	15 lux	CE4 e CE2
Veículos motorizados	Reconhecimento da face: necessário			
Ciclistas	Dificuldade de tráfego: normal			
Peões				
<b>VIAS PEDONAIS e CICLOVIAS</b>				
Apenas peões e ciclistas	Risco de agressão: elevado	7,5 a 10 lux	15 a 20 lux	S3 a S2 S2 a S1
	Reconhecimento da face: necessário			
	Densidade de peões: normal a elevada			
<b>VIAS RURAIS PRINCIPAIS</b>				
Velocidade ≤ 50km/h	Complexidade: normal	-	15 a 20 lux	CE3
Veículos motorizados	Veículos em estacionamento: sim			
Veículos lentos	Tráfego de ciclistas: normal			
Ciclistas	Cruzamentos ≥ 3 por km			
Peões				
<b>VIAS RURAIS TRANSVERSAIS</b>				
Velocidade ≤ 50km/h	Complexidade: normal	7,5 lux	10 lux	CE6 e CE4
Veículos motorizados	Veículos em estacionamento: sim			
Veículos lentos	Tráfego de ciclistas: normal			
Ciclistas	Cruzamentos ≤ 3 por km			
Peões				

**Nota:** Nas situações onde não seja possível a medição da luminância, é utilizada a conversão de candela para lux na relação 1 para 15.