



# **Eficiência Energética na Iluminação Pública do Centro Consumidor de Energia AECT Duero-Douro**

**Georges António Barbosa Pires**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para a obtenção do  
Grau Mestre em Tecnologia Ambiental*

Orientado por:

**Doutor Manuel Feliciano**

**Doutor Orlando Soares**

**Bragança**

**Dezembro, 2016**



## Agradecimentos

Em primeiro quero agradecer aos meus orientadores, ao Doutor Manuel Feliciano que se mostrou sempre disponível e que me apoio e ajudou desde a fase inicial do meu estágio até à presente dissertação e que contribuiu com o seu conhecimento para o meu enriquecimento pessoal e profissional e ao Doutor Orlando Soares por ter aceite este desafio de me orientar na Tese, com o seu conhecimento mais técnico do tema, auxiliando-me a ultrapassar algumas adversidades. Também queria agradecer ao Doutor Artur Gonçalves, que me apoio na parte inicial, indicando-me um local de estágio e ter-me ajudado no primeiro contacto com a entidade de acolhimento.

Um muito obrigado.

Ao longo destes 5 meses estive a realizar um estágio dentro do programa Estágio Erasmus + no AECT Duero – Douro, e neste caminho houve muitas pessoas que me ajudaram às quais quero agradecer.

Quero agradecer ao Director Geral José Luís Pascoal por aceitar o meu pedido de estágio no AECT Duero-Douro. A minha orientadora de estágio, Sara Azcona que me apoiou desde do início e que com profissionalismo orientou o meu estágio, e à Conceição Meirinhos que me introduziu ao Agrupamento e se disponibilizou sempre para qualquer problema. Também quero agradecer à minha colega Jenniffer Nunes, responsável do sector da eficiência energética, por toda a sua ajuda e por me acompanhar no desenvolvimento do estágio, explicar e introduzir no projeto.

Ainda quero agradecer a todos os membros do AECT Duero-Douro, por me acolherem e ajudarem em todos os momentos e pelo companheirismo que demonstraram ao longo do meu percurso.

Um agradecimento muito especial a duas pessoas muito importantes para mim, a minha namorada, Maria Lopez Jerez, e a minha grande amiga Catarina Pessegueiro, pelo apoio prestado em momentos mais baixos e por confiarem em mim até ao fim. Sem vós não teria sido possível

Amigos, familiares, pai, mãe, irmã, e a todos os referidos anteriormente, um obrigado, por me ajudarem a ser a pessoa que sou hoje.



## Resumo

A presente dissertação teve por objetivos informar quanto à importância da eficiência energética e das suas vantagens. Também pretendeu estudar os métodos e as tecnologias atuais disponíveis em termos de otimização da iluminação pública a nível energético, ambiental e económico. As diferentes tipologias de lâmpadas foram avaliadas numa perspetiva comparativa, sob vários parâmetros, sendo os mais importantes a vida útil, luminância e rendimento, de forma a permitir tirar conclusões sobre qual das tecnologias é mais eficiente.

Este estudo teve por base o projeto desenvolvido e implementado pela AECT Duero-Douro, no qual foram estudadas soluções técnicas de iluminação pública mais eficientes.

O projeto foi implementado em municípios do Centro Consumidor de energia AECT Duero-Douro (região de Zamora e Salamanca). Foram elaborados inventários da iluminação pública existente e levantamentos dos valores do consumo energético e das faturas dos gastos económicos de 1 ano da iluminação pública anterior. Posteriormente, através dos dados de auditorias e das fichas técnicas do projeto, foram calculados os mesmos indicadores para a nova solução de iluminação pública que viria a ser instalada.

Os indicadores utilizados para efeito de comparação são: as potências instaladas (kW), os consumos energéticos (kWh/ano), os custos (€) e as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente (kgCO<sub>2e</sub>/kWh).

Através da análise dos resultados de cada indicador conclui-se que o novo sistema de iluminação pública eficiente é apresentada com mais vantagens que a situação tradicional, ou seja, o consumo elétrico e as emissões de gases efeito de estufa são reduzidos entre 30% e 60%, respetivamente, como também, para a maioria dos municípios, o gasto económico é reduzido entre 15% e 50%.

Com base nos casos que serviram de objeto a este estudo, é concluído que atualmente a tecnologia que se apresenta mais eficiente para iluminação pública é a LED.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética, Gestão de Energia, Iluminação Pública, Tecnologia LED



# Abstract

The present dissertation aimed at informing about the importance of energy efficiency and its advantages. This dissertation also intended to study the current methods and the available technologies for the optimization of public lighting at energy, environmental and economic level. The different typologies of lamps were evaluated in a comparative perspective, on several parameters, the most important being the life time, luminance and efficiency, so as to draw conclusions about which technology is more efficient.

This study was based on the project developed and implemented by the Duero-Douro EGTC, in which more efficient technical solutions of public lighting were studied.

The project was implemented in the municipalities of the Duero-Douro EGTC Energy Consumer Center (Zamora and Salamanca). Inventories of public lighting and surveys of energy consumption figures and invoices for 1-year economic expenditures of the previous public lighting were created and later, through the audit data and project datasheets, the same indicators were calculated for the new public lighting that it would be installed.

The indicators used for comparison purposes are: installed power (kW), energy consumption (kWh/year), costs (€) and CO<sub>2</sub> equivalent emissions (kgCO<sub>2e</sub> / kWh).

Through the analyses of the various indicators it was concluded that an efficient public lighting system was much more advantageous than the traditional one. Electricity consumption and GHG emissions were reduced by between 30% and 60%, as well as for most municipalities, economic spending was reduced by between 15% and 50%.

Based on the sample that was the object of this study, it is concluded that at present the most efficient technology for public lighting is LED.

**Keywords:** Energetic Efficiency, Energy Management, Public Lighting, LED Technology.



# Resumen

La presente tesis pretende informar sobre la importancia de la eficiencia energética y sus ventajas. Esta tesis pretende también estudiar los métodos actuales y las tecnologías disponibles para la optimización de la iluminación pública a nivel energético, medioambiental y económico. Las diferentes tipologías de lámparas se evaluaron en una perspectiva comparativa, en varios parámetros, siendo los más importantes el tiempo de vida, la luminancia y la eficiencia, con el fin de sacar conclusiones sobre qué tecnología es más eficiente.

Este estudio se basó en el proyecto desarrollado e implementado por la AECT Duero-Douro, en el que se estudiaron soluciones técnicas más eficientes de alumbrado público.

El proyecto se ejecutó en los municipios del Centro de Consumidores de Energía de la AECT Duero-Douro (Zamora y Salamanca). Se crearon inventarios de alumbrado público, encuestas de consumo de energía y facturas de gasto económico de 1 año del alumbrado público anterior y posteriormente, a través de los datos de auditoría y fichas de proyecto, se calcularon los mismos indicadores para la nueva iluminación pública que sería instalada.

Los indicadores utilizados a efectos comparativos son la potencia instalada (kW), el consumo de energía (kWh/año), los costes (€) y las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente (kgCO<sub>2e</sub> / kWh).

A través del análisis de los diversos indicadores se concluyó que un sistema eficiente de iluminación pública era mucho más ventajoso que el tradicional. El consumo de electricidad y las emisiones de gases de efecto invernadero se redujeron entre un 30% y un 60%, así como para la mayoría de los municipios, el gasto económico se redujo entre un 15% y un 50%.

Basándose en la muestra que fue objeto de este estudio, se concluye que actualmente la tecnología más eficiente para la iluminación pública es el LED.

**Palabras-clave:** Eficiencia Energética, Gestión de Energía, Alumbrado Público Tecnología LED



# Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Agradecimentos</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>Resumo</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>Abstract</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>Resumen</b> .....  | <b>9</b>  |
| <b>Índice</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>Índice de Figuras</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>Índice de Tabelas</b> .....  | <b>15</b> |
| <br>  |           |
| <b>Capítulo 1</b> .....   | <b>19</b> |
| <b>Introdução</b> .....   | <b>19</b> |
| 1.1 – Enquadramento e motivação .....   | 19        |
| 1.2 – Objetivos .....   | 21        |
| 1.3 – Estrutura da Dissertação.....   | 21        |
| <b>Capítulo 2</b> .....   | <b>23</b> |
| <b>Consumo de Energia e Eficiência Energética</b> .....                             | <b>23</b> |
| 2.1 – Situação Energética na União Europeia e na Península Ibérica .....            | 24        |
| 2.1.1 – Consumos energéticos em Portugal .....                                      | 24        |
| 2.1.3 – Consumos energéticos em Espanha .....                                       | 29        |
| 2.1.3 – União Europeia.....   | 32        |
| 2.2 – Energia e Implicações Ambientais .....  | 35        |
| <b>Capítulo 3</b> .....   | <b>39</b> |
| <b>Enquadramento Legal e Normativo</b> .....  | <b>39</b> |
| 3.1 – União Europeia.....   | 39        |
| 3.1.1 - Metas Europeias.....  | 40        |
| 3.1.2 – Diretivas Comunitárias.....   | 42        |
| 3.2 - Quadro Legal Português .....  | 44        |
| 3.2.1 – Legislação aplicável .....  | 45        |
| 3.2.2 - Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020).....                          | 47        |
| 3.2.3 - Fundo de Eficiência Energético (FEE) .....                                  | 49        |
| 3.2.4 Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética 2016 – PNAEE 16.....      | 50        |
| 3.2.5 Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis 2020 – PNAER 2020 .....    | 51        |
| 3.2.6 Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública – ECO.AP ..... | 52        |
| 3.3 - Quadro Legal Espanhol.....  | 53        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.1 – Legislação Aplicável .....  | 55        |
| 3.3.2 - <i>Fondo Nacional de Eficiencia Energética</i> (FNEE) .....                               | 56        |
| 3.3.3 - <i>Plan Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020</i> .....                      | 57        |
| 3.3.4 - <i>Plan Energías Renovables 2011 /2020</i> (PER 2011/2020) .....                          | 59        |
| 3.4 – Legislação, Normas e Documentos de Referência Aplicados à Iluminação Pública. ....          | 60        |
| 3.4.1 – Norma Europeia EN 13201 .....   | 60        |
| 3.4.2 – Documento de Referência para a Eficiência Energética na Iluminação Pública (DREEIP) ..... | 62        |
| 3.4.3 - Programa de Ajudas na Iluminação Exterior Municipal em Espanha .....                      | 63        |
| <b>Capítulo 4.....</b>  | <b>65</b> |
| <b>Sistema de Iluminação .....</b>  | <b>65</b> |
| 4.1- Tipos de Lâmpadas em Iluminação Pública .....  | 66        |
| 4.1.1 – Lâmpadas de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão .....                                       | 67        |
| 4.1.2 – Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta e Baixa Pressão.....                                   | 68        |
| 4.1.3 – Iodetos/Halogéneos Metálicos e Restantes Tipologias de lâmpadas.....                      | 70        |
| 4.1.4 - Light-Emitting Diode (LED) .....  | 72        |
| 4.2 - Luminárias .....  | 78        |
| <b>4.3 - Equipamentos Auxiliares.....</b>   | <b>80</b> |
| 4.3.1 - Balastros.....  | 80        |
| 4.3.2 – Condensadores e Arranadores .....   | 83        |
| 4.4 - Equipamento de controlo .....   | 84        |
| 4.4.1 - Interruptores crepusculares .....   | 85        |
| 4.4.2 - Interruptores horários astronómicos.....  | 86        |
| 4.4.3 - Métodos de controlo .....   | 87        |
| 4.4.4 – Telegestão - Sistemas de controlo e gestão .....  | 91        |
| <b>Capítulo 5.....</b>  | <b>93</b> |
| <b>Caso Prático.....</b>  | <b>93</b> |
| 5.1 – Apresentação .....  | 93        |
| 5.1.1 – AECT Duero-Douro .....  | 93        |
| 5.1.2 – Eficiência Energética no Centro de Consumidor de Energia do AECT Duero-Douro .....        | 95        |
| 5.1.3 – Metodologia Adotada.....  | 97        |
| 5.2 – Caracterização da rede de Iluminação Pública (situação anterior).....                       | 98        |
| 5.2.1 – Lâmpadas e Luminárias.....  | 100       |
| 5.2.2 – Balastros.....  | 106       |
| 5.2.3 – Falhas e não conformidades .....  | 106       |

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 5.3 – Propostas de melhoria (situação atual)..... | 110                                 |
| 5.3.1 – Lâmpadas e Luminárias.....                | 111                                 |
| 5.3.2 - Telegestão .....                          | 114                                 |
| 5.4 – Análise de resultados.....                  | 116                                 |
| 5.4.1-Consumos de energia .....                   | 117                                 |
| 5.4.2 – Impacte Ambiental .....                   | 120                                 |
| 5.4.3 – Viabilidade económica.....                | 122                                 |
| 5.4.4 – Conclusão da Análise de Dados .....       | 123                                 |
| 5.4.5 – Legalização.....                          | 124                                 |
| <b>Capítulo 6.....</b>                            | <b>127</b>                          |
| <b>Conclusão.....</b>                             | <b>127</b>                          |
| <b>Glossário/Definições.....</b>                  | <b>129</b>                          |
| <b>Referências.....</b>                           | <b>Erro! Marcador não definido.</b> |
| <b>Anexos .....</b>                               | <b>138</b>                          |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Fig. 1.1 - Iluminação Pública na União Europeia (NASA) .....   | 20 |
| Fig. 2.1 - Consumos de energia elétrica em Portugal no ano de 2014 (Portdata).....   | 25 |
| Fig. 2.2- Consumos de energia elétrica em Portugal no ano de 2014 .....  | 26 |
| Fig.2.3 - Consumo energético da Iluminação Pública em Portugal entre 1995 e 2014 .....   | 27 |
| Fig. 2.4 - Quota de eletricidade gerada por cada tecnologia de FER em relação ao consumo total de eletricidade em Portugal (2010 – 2020) ..... | 28 |
| Fig. 2.5 - Consumos energéticos em Espanha 2014 .....  | 30 |
| Fig. 2.6 - Contribuição das energias renováveis na produção primária de energia em 2014 (%) (Pordata) .....                                    | 33 |
| Fig. 3.1 - Objetivos da ENE 2020.....  | 48 |
| Fig. 3.2- Planos implementados por Espanha 2005-2020 ( <i>Diputación de Cádiz</i> ).....   | 54 |
| Fig. 3.3 - Meta europeia de 2016 vs. Resultado de Espanha em 2010 .....  | 59 |
| Fig. 4.1 - Lâmpada de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão (IDAE) .....   | 67 |
| Fig. 4.2 - Lâmpadas de VSAP e VSBP (IDAE) .....  | 68 |

|  |     |
|--|-----|
| Fig. 4.3 - Lâmpadas Fluorescentes T8 e T5 (IDAE) .....   | 70  |
| Fig. 4.4 - Lâmpadas de mercúrio com halogéneo metálico - HM (IDAE) .....   | 71  |
| Fig. 4.5 - Composição de uma luminária (IDAE) .....  | 78  |
| Fig. 4.6 - Influência da tensão no consumo e na vida de uma lâmpada VSAP (Fenercom).....                                     | 81  |
| Fig. 4.7 - Exemplo de um balastro eletromagnético (IDAE) .....   | 83  |
| Fig. 4.8 - Exemplo de um balastro eletrónico (IDAE) .....  | 83  |
| Fig. 4.9- Elementos de controlo na IP (AAE ) .....   | 84  |
| Fig. 4.10- Efeitos dos redutores de fluxo luminoso (Fenercom) .....  | 90  |
| Fig. 5.1- Logótipo do AECT Duero Douro .....   | 93  |
| Fig. 5.2- Logótipo do "Projeto de Eficiência Energética na Iluminação Pública" .....   | 95  |
| Fig. 5.3- Mapa dos municípios pertencentes ao Centro de Consumidores do AECT Duero-Douro .....                               | 96  |
| Fig. 5.4 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios de Zamora Norte.. .....               | 102 |
| Fig.5.5 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios de Zamora Sul .....                    | 103 |
| Fig. 5.6 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios de Salamanca Norte .....              | 103 |
| Fig. 5.7 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios de Salamanca Sul .....                | 104 |
| Fig. 5.8 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios em estudo de Zamora e Salamanca ..... | 105 |
| Fig. 5.9- Farola partida – Boada .....   | 107 |
| Fig. 5.10- Quadro elétrico sem nenhuma fechadura .....   | 107 |
| Fig.5. 11- Luminária suja – Vilvestre .....  | 108 |
| Fig. 5. 12 - Globo com o vidro partido – Vilvestre .....   | 108 |
| Fig. 5.13 - Poste de luz com o sistema elétrico á mostra – Alcanices.....  | 109 |
| Fig. 5.14 - Compilação de imagens de tecnologia deficiente (AECT Duero-Douro) .....  | 109 |
| Fig. 5.15 - Sistema de telegestão Enersonne .....  | 114 |
| Fig. 5.16 - Potência Instalada - Antes vs Potência Instalada – Depois .....  | 117 |
| Fig. 5.17 - Consumo Energético - Antes vs Consumo Energético – Depois .....  | 119 |

|   |     |
|---|-----|
| Fig. 5.18 - Emissões de CO <sub>2e</sub> - Antes vs Emissões de CO <sub>2e</sub> – Depois ..... | 121 |
| Fig. 5.19 - Custos - Antes vs Custos – Depois .....   | 122 |
| Fig. 5.20 – Total Antes vs Total depois .....   | 123 |
| Fig. 5.21 - Luminárias LED da Iluminação Pública depois do Projeto .....                        | 125 |
| Fig. 5.22 - Luminárias LED e quadros elétricos substituídos .....                               | 126 |
| Fig. 5.23 - Projetores LED para a iluminação ornamental e pública .....                         | 126 |
| Fig. 5.24 - Farolas LED .....   | 126 |

## Índice de tabelas

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 2.1 - Consumos elétricos em Iluminação Pública por tamanho dos municípios (IDAE).....                                 | 31  |
| Tabela 2.2 - Percentagem de diminuição do consumo energético da UE 28 até 2014 (Eurostat) .....                              | 34  |
| Tabela 3.1 - Tabela dos objetivos dos 10 programas do PNAEE 16.....  | 51  |
| Tabela 3.2 - Tabela dos objetivos do PAAEE 2011-2016.....  | 58  |
| Tabela 4.1 - Características das lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão (Garrido,2010) .....                          | 67  |
| Tabela 4.2- Características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (Garrido, 2010)....                               | 69  |
| Tabela 4.3 - Equivalência de potências elétricas para fluxos luminosos similares (EOI. Cursos OL Servicios Energéticos)..... | 69  |
| Tabela 4.4 - Características das lâmpadas de iodetos/halogéneas metálicas (Garrido, 2010).....                               | 71  |
| Tabela 4.5 – Comparação entre os sistemas de iluminação exterior mais utilizados (EOI. Cursos OL Servicios Energéticos)..... | 75  |
| Tabela 4.6 - Tecnologia incandescente vs. Led (EOI) .....  | 77  |
| Tabela 5.1- Municípios pertencentes a província de Salamanca e do AECT Duero-Douro.....                                      | 99  |
| Tabela 5.2 - Municípios pertencentes a província de Zamora e do AECT Duero-Douro.....  | 99  |
| Tabela 5.3 - Gasto elétrico da IP.....   | 100 |
| Tabela 5.4- Tipologias das localidades inseridas no Projeto de Eficiência Energética na IP (AECT Duero-Douro).....           | 101 |
| Tabela. 5.5 - Alterações de potência - Tecnologia tradicional vs Tecnologia atual (AECT Duero-Douro) .....                   | 113 |

## Abreviaturas mais utilizadas

U.E – União Europeia

CE – Conselho Europeu

EM – Estados Membros

GEE – Gases Efeito de Estufa

A&A – Aquecimento e Arrefecimento

FER – Fontes de Energia Renováveis

PME – Pequenas e Médias Empresas

PANER – Planos de Ação Nacional das Energias Renováveis

ENE – Estratégia Nacional para a Energia

FEE – Fundo de Eficiência Energética

FEEI – Fundos Europeus Estruturais e de Investimento

PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNAER - Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

Eco.AP – Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública

AP – Administração Pública

FNEE - Fondo Nacional de Eficiencia Energética

PAAEE - Plan Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020

PER – Plan Energías Renovables

ESE – Empresas de Serviços Energéticos

RCM – Resolução do Conselho de Ministros

RD – Real Decreto-lei

ITC – Instruções Técnicas Complementares

UV – Ultravioleta

IV – Infravermelho

VM – Vapor de Mercúrio

VSAP – Vapor de Sódio de Alta pressão

VSBP – Vapor de Sódio de Baixa Pressão

LED – *Light-Emitting Diode* (Díodo Emissor de Luz)

CFL – Compact Fluorescent Light (Lâmpadas de Baixo Consumo)

HM – Halógeno Metálico

AECT – Associação Europeu de Cooperação Territorial

CCE – Centro de Consumidores Energético

IDAE – Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

MITC – Ministério de Indústria, Turismo y Cultura (Espanha)

MIET . Ministério de Indústria, Energia y Turismo (Madrid)

AEMA – Agência Europeia do Meio Ambiente

AAE – Agência Andaluza da Energia

DREEIP - Documento de Referência para a Eficiência Energética na Iluminação Pública



# Capítulo 1

## Introdução

A minha dissertação foi realizada em conjunto com o meu Estágio Erasmus + em Trabanca – Salamanca no Agrupamento Europeu de Cooperação Territorial (AECT) Duero – Douro. A duração do Estágio foi de 5 mês e nesse espaço de tempo acompanhei vários projeto da AECT Duero – Douro sendo o mais relevante, e donde se baseia a minha Tese, o Projeto de "Eficiência Energética na Iluminação Pública Exterior do Centro Consumidor de Energia AECT Duero-Douro".

### 1.1 – Enquadramento e motivação

A energia elétrica tornou-se um recurso essencial à vida e sobrevivência do homem e indispensável ao desenvolvimento económico das nações devido à sua multiplicidade de aplicações e à comodidade que a sua utilização confere. No entanto a sua utilização excessiva e contínua tem trazido consequências a nível económico e ambiental. Apesar da diminuição da dependência energética registado nos últimos anos, ainda realizamos importações elevadas de combustíveis fósseis, que tem contribuído para o aumento de emissões de gases efeito de estufa (GEE). Assim sendo, a energia deve ser encarada como um bem a ser utilizado de modo eficiente e racional, integrando-se na abrangente perspectiva de utilização racional dos recursos.

Um dos sectores onde se tem vindo a verificar um maior consumo energético é o da Iluminação Pública (IP), que representa uma grande percentagem do consumo energético, ultrapassando em muitas realidades nacionais e municipais **fatias superiores a 50%** do consumo total de energia, com repercussões negativas nas finanças públicas e no ambiente. A utilização de tecnologia pouco eficiente agrava ainda mais os custos e os impactes ambientais, levando muitas vezes as autarquias a adotar medidas inadequadas como desligar parcialmente ou totalmente a iluminação exterior nos locais de menor movimento. Tais medidas podem pôr em causa a segurança dos peões e dos condutores e não se torna uma solução efetiva para o uso pouco

eficiente da energia. Desde que foi decidido a iluminação com luz artificial nas ruas, estradas e auto-estradas durante a noite, têm surgido vários debates sobre esta questão de “desligar ou não desligar a iluminação pública”. O primeiro estudo reconhecido foi escrito em França em 1935 (visto em Lorphèvre,2014 (Schreder) - Geets R. 1980), e nessa altura foi estabelecido que **"a iluminação das principais redes rodoviárias é uma exigência"**.

A importância da IP nos tempos atuais está bem ilustrada na Fig 1.1, onde se mostra uma imagem de satélite da Europa à noite, sob o efeito da IP.



**Fig. 1.1 - Iluminação Pública na União Europeia (NASA)**

É notável a sua utilização e a quantidade instalada e por isso a questão da eficiência energética na IP é tão importante. A utilização eficiente de energia pode contribuir de forma indelével para resolver total ou parcialmente alguns dos problemas de natureza económica e de natureza social dos municípios. Além disso, contribui para melhorar a qualidade do ambiente, dado que conduz à diminuição do nível de emissão de GEE. Também constitui um primeiro passo do percurso que permitirá atingir as metas e objetivos impostos pela União Europeia (UE) e assim colocar Portugal e Espanha numa posição favorável quanto aos outros países no que diz respeito à aposta na eficiência energética. Para conseguir um máximo de eficiência energética é necessário substituir a tecnologia existente ou parte dela que já está obsoleta e optar por tecnologia recente que apresente melhores características luminotécnicas do que as existentes.

## **1.2 – Objetivos**

O principal objetivo desta Tese é informar quanto à importância da eficiência energética e as suas vantagens tomando como caso específico a IP onde o seu consumo energético não eficiente representa uma grande parte das despesas elétricas municipais. Usar-se-á como exemplo um caso prático de um projeto desenvolvido pelo AECT Duero-Douro, no qual foram estudadas soluções técnicas e tecnológicas mais eficientes de IP aos municípios do Centro Consumidor de Energia AECT Duero-Douro e provar que as soluções apresentadas são as melhores opções atualmente tanto por um consumo inferior, como pelo melhor desempenho e otimização das condições e frequência de manutenção. Com este estudo pretende-se ainda sensibilizar para o problema e apresentar soluções tecnologicamente mais eficientes.

## **1.3 – Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

O capítulo 1 começa com uma introdução à dissertação, que contém uma breve explicação do que será abordado neste documento como também os seus objetivos e a estrutura da mesma.

A parte teórica começa no capítulo 2, onde é explicado o que é a eficiência energética e a sua importância, é apresentada a situação atual em termos de consumo energético da UE e de Portugal e Espanha e a comparação entre ambos. Ainda neste capítulo, será abordado as consequências ambientais da má utilização dos recursos energéticos e das atuais lâmpadas usadas na IP.

No capítulo 3 é apresentado o enquadramento legal e normativo e a posição da UE quanto a eficiência energéticas e as metas impostas aos países membros, bem como as respetivas Diretivas Comunitárias sobre este tema. Também é abordado o quadro legal de Portugal e Espanha, com uma breve definição das estratégias de ambos países para aumentar a eficiência energética, os planos criados para atingir as metas europeias e nacionais e também a legislação aplicável a cada país.

No capítulo 4 são abordados os sistemas de iluminação em que serão referidos os elementos constituintes da IP. Primeiro, apresentam-se os vários tipos de lâmpadas e o seu uso numa IP; depois as luminárias e a sua função; a seguir a explicação dos vários equipamentos auxiliares, balastros, condensadores, arrancadores e também os equipamentos de controlo; e finalmente é descrita a tecnologia LED e o seu desenvolvimento na sua aplicação numa IP.

No capítulo 5, apresentar-se-á o caso de estudo desenvolvido no âmbito do meu Estágio Erasmus +, a constituição da IP dos municípios antes e após a sua alteração, a comparação entre ambas as soluções com a correspondente análise de dados dos resultados obtidos desse estudo.

No capítulo 6, capítulo final, será feita uma análise geral dos temas abordados com as respetivas conclusões finais.

## Capítulo 2

# Consumo de Energia e Eficiência Energética

A eficiência energética surgiu pela necessidade de não só potenciar e maximizar o uso das energias que temos à nossa disposição como também criar o menor impacto no ambiente. Utilizar, melhorar e gerir o uso das fontes de energia de maneira que se possa atingir o potencial máximo, com os menores custos e menores impactos nos ecossistemas. A eficiência energética não é nada mais que uma utilização racional da energia a fim de obter um resultado vantajoso comparado com a anterior utilização, que por definição, consiste na relação entre a quantidade de energia utilizada numa atividade e aquela disponibilizada para a sua realização. As energias renováveis, que surgiram da necessidade de produção de energia mais limpa, são a melhor resposta para o consumo energético das nossas necessidades tais como a climatização e o aquecimento de água quentes sanitárias e de piscinas e é o melhor substituto aos combustíveis fósseis não tendo impacto ambiental relevante. Podemos então considerar que a eficiência energética e as energias renováveis são os dois principais pilares de uma política energética sustentável.

Neste capítulo será apresentado a situação atual de Portugal e Espanha quanto ao consumo energético e o uso de energias renováveis no consumo energético final e analisar ambos os casos separadamente. Na continuação do capítulo será então feita uma comparação conjunta dos dados com a média europeia, seguindo uma análise crítica de algumas das estatísticas energéticas. Para finalizar este capítulo, será explicado de uma forma breve a implicação no ambiente da eficiência energética e as consequências das lâmpadas no ambiente, sendo uma introdução a umas das consequências das tecnologias anteriores utilizadas no meu tema em estudo, a Iluminação Pública.

## 2.1 – Situação Energética na União Europeia e na Península Ibérica

Atualmente torna-se impensável viver ou realizar alguma atividade sem a necessidade de consumir energia. Os nossos escritórios, nos nossos automóveis, nos diversos equipamentos domésticos, na iluminação pública, nas várias indústrias e centrais que produzem e distribuem a nossa energia seja ela elétrica, gás natural ou outra, todas consomem energia. Todo este consumo excessivo obrigou ao desenvolvimento de novas tecnologias mais eficientes, a utilização de energia de fonte renovável e a gestão e eficiência dos recursos. Para uma melhor avaliação desses consumos, são divididos o consumo total pelos sectores mais relevantes e assim é possível saber quais os sectores que mais consomem e quais estão a aumentar ou a diminuir comparando com valores de outros anos. A análise independente dos sectores é extremamente importante para *a posteriori*, serem criadas e implementadas medidas específicas e eficazes para cada sector de consumo.

### 2.1.1 – Consumos energéticos em Portugal

Os consumos energéticos de Portugal são relevantes como nos demonstram os dados do ano 2014 - último ano em que estão disponíveis os dados do consumo energético na Base de dados de Portugal Contemporâneo – **Pordata**, fornecidos **pela Direção Geral de Energia e Geologia** em que Portugal consumiu um total de 46180GWh de energia elétrica, repartindo-se como se pode verificar na Figura 2.1.

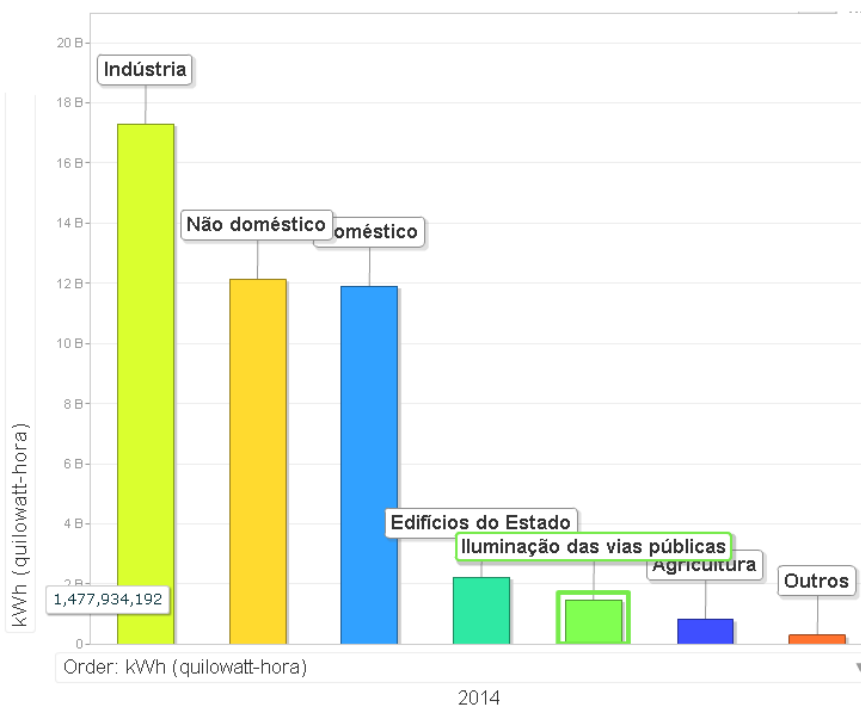


Fig. 2.1 - Consumos de energia elétrica em Portugal no ano de 2014 (Pordata)

Na Figura 2.1 verificamos que o sector que mais consome energia elétrica a nível nacional é a Indústria, a seguir do sector Não-doméstico e Doméstico, que juntos representam uma contribuição de aproximadamente 90%. Os restantes sectores que consomem mais energia são os Edifícios do Estado, a Iluminação das Vias Públicas com um consumo de aproximadamente **1478 GWh/ano** e a Agricultura, sobrando uma pequena parcela de consumo para outros sectores menos relevantes neste aspeto.

Pode concluir-se que o sector da IP constitui um dos sectores em que o consumo energético é considerável e portanto merece a sua atenção quanto à necessidade de ser melhorada e portanto procurar soluções tendo em consideração objetivos de eficiência energética.

A Figura 2.2 compara os vários sectores em percentagem para termos uma melhor percepção da distribuição do consumo energético e a importância das mesmas:

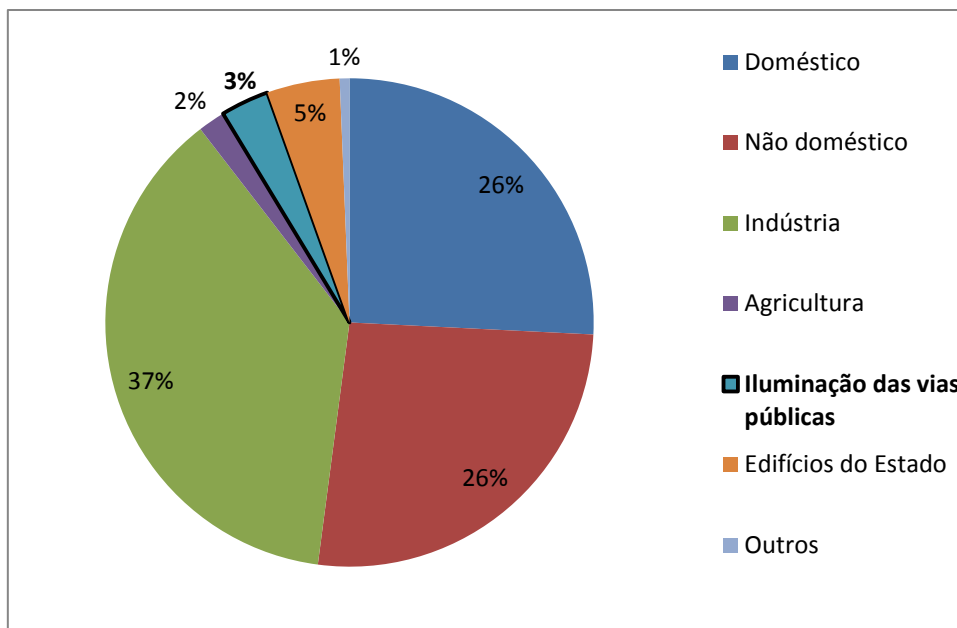


Fig. 2.2 - Consumos de energia elétrica em Portugal no ano de 2014

Como se pode verificar através da Fig. 2.2, a Iluminação das vias públicas representa 3% da energia consumida no país, representando uma parte considerável do consumo energético.

Enquanto a nível nacional a IP representa uma percentagem mínima do consumo energético final, a nível municipal a realidade é bastante diferente. O problema que se enfrenta atualmente quanto à IP é o consumo de energia elétrica excessiva, emissões de gases prejudiciais para o ambiente, como também elevados gastos económicos que segundo o “ Documento de Referência para a Eficiência Energética na Iluminação Pública” (DREEIP, 2012), pode ultrapassar 50% do total do orçamento dos municípios. Mesmo assim o DREEIP confirma um crescimento de cerca de 4 a 5% da rede de IP por ano devido a construção de mais estradas, prédios, expansões de cidades ou vilas ou colocação de iluminação em locais que não estavam devidamente iluminados. Um dos métodos utilizados por vários municípios e pelas autoridades nacionais e locais nestes últimos anos para reduzir os custos de energia nas contas públicas foi de começar a desligar totalmente ou parcialmente a IP em certas estradas onde a circulação tanto de veículos como de peões era diminuta. Este método levantava sempre questões e preocupações sobre a segurança rodoviária e a segurança pública e a IP tinha de ser

ligada novamente apesar de a iluminação parcial nas horas de menos movimento e nas estradas de menos circulação seja ainda uma realidade.

Na Fig. 2.3 verificamos o consumo da Iluminação das vias públicas desde 1994 até 2014 com os dados disponibilizados pela Direção Geral de Energia e Geologia:

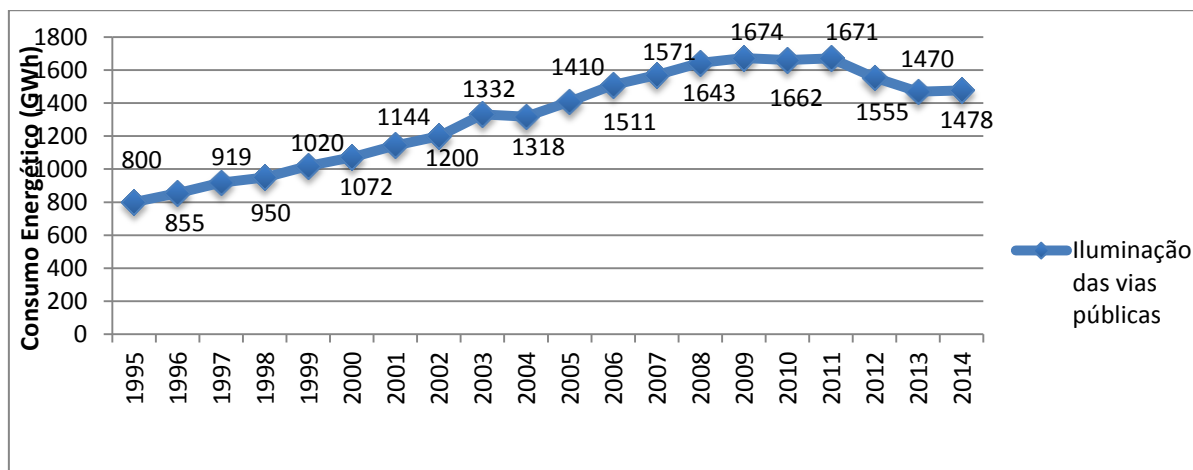


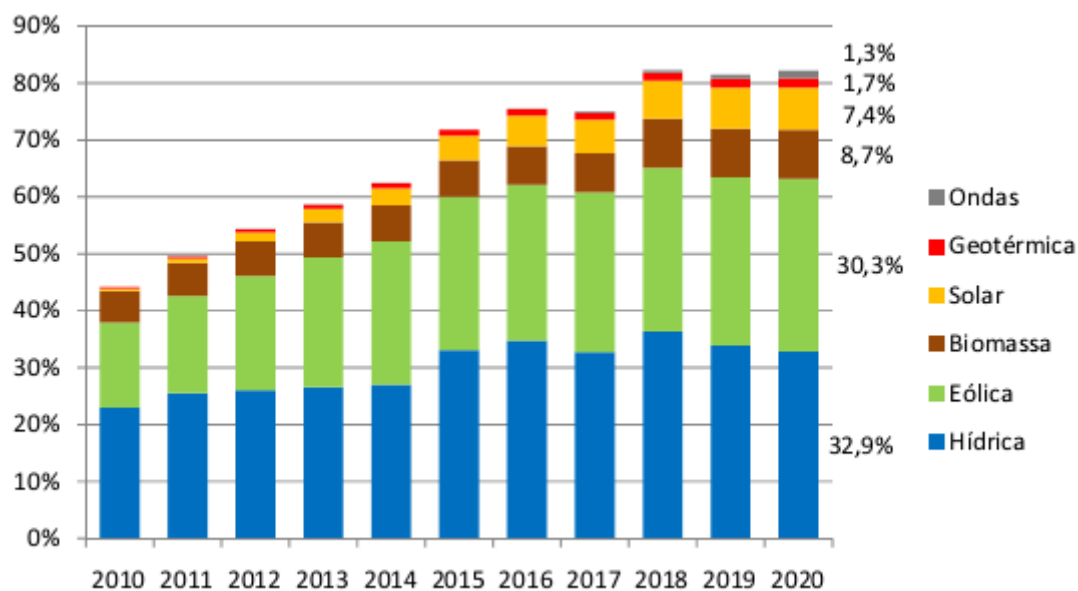
Gráfico 1.3 - Consumo energético da Iluminação Pública em Portugal entre 1995 e 2014

De 1995 até 2011, o consumo elétrico subiu anualmente começando a descer de 2011 a 2014. É possível concluir que o consumo energético aumentou devido a evolução tecnológica e uma maior disponibilização de sistemas de iluminação nas várias localidades como também devido ao crescimento dos vários municípios, o que implica ampliações da rede de iluminação e a criação de várias infra-estruturas que contribuíram para este consumo. A partir de 2011 assistiu-se a uma diminuição do uso de energia elétrica na iluminação pública, atingindo-se um consumo global de 1478 GWh/ano em 2014, um consumo inferior ao de 2006 que é de 1511 GWh/ano. Esta diminuição reflete os esforços realizados para diminuir o consumo energético e torná-la mais eficiente. Mesmo assim, há que aumentar esses esforços para poder conseguir atingir os objetivos europeus e nacionais quanto ao consumo energético.

Como foi referido anteriormente, as energias renováveis tendem a ganhar cada vez mais peso e importância na produção de energia elétrica, como podemos observar na Figura 2.4, que demonstra a quota que representam as energias renováveis em 2010 divididas por tipo de tecnologias e as previsões para os anos seguintes até 2020, que representa a

meta europeia a ser atingida, disponibilizada pela **APREN – Associação de Energias Renováveis**.

Quanto às metas e objetivos europeus a serem atingidos até 2020, serão explicados no capítulo seguinte.



**Fig.2.4 - Quota de eletricidade gerada por cada tecnologia de FER em relação ao consumo total de eletricidade em Portugal (2010 – 2020)**

Através da evolução da contribuição de fontes de energias renováveis (FER) para a produção de energia elétrica é possível prever que se atinja os 82% de energia elétrica proveniente de FER em 2020, onde as principais FER são os 33% provenientes da energia hídrica e os 30% da eólica.

Estas previsões são para demonstrar a importância da contribuição das energias renováveis por tipo de tecnologia. Mais a frente será demonstrado o atual estado das energias renováveis na produção de energia primária.

### **2.1.3 – Consumos energéticos em Espanha**

Em Espanha a situação é semelhante à de Portugal no que diz respeito à IP em que é o sector que apresenta os custos mais elevados de energia a nível municipal os quais podem representar até 54% do consumo total energéticos das instalações municipais.

A IP inclui toda a instalação de iluminação de titularidade pública ou privada cujo fluxo luminoso seja projetado num espaço aberto (estrada, caminho, parque, ornamental, etc.) de uso público. Segundo a IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), todas estas instalações totalizam aproximadamente 8.044.680 pontos de luz, com uma potência média de 162W e cerca de 4100 horas de utilização anual, representando um consumo elétrico de 5.247 GWh/ano, quase quatro vezes mais do que em Portugal.

A Espanha é um dos países menos eficiente da Europa em termos de IP, segundo informações da IDAE, gastam em média 116kWh/habit.ano comparado a outros países europeus como França com 91 kWh/habit.ano, e Alemanha, com 43 kWh/habit.ano. A eficiência energética na IP é uma solução importante para a diminuição do consumo energético nacional e gastos económicos dos municípios.

No caso Espanha apresentarei os consumos dos Serviços Público atuais, onde está inserido o sector da Iluminação Pública, e estimativas da IP, visto que anteriormente a recolha dos dados estatísticos da IP era feita pelo Ministério de Indústria, Energia e Turismo (MIET) de Madrid, mas que a partir de 2007 ficou englobado no mesmo conjunto que a administração pública.

Segundo o MIET, o consumo anual energético de 2014 foi de 570,6 ktep e está dividido como demonstra a figura seguinte:

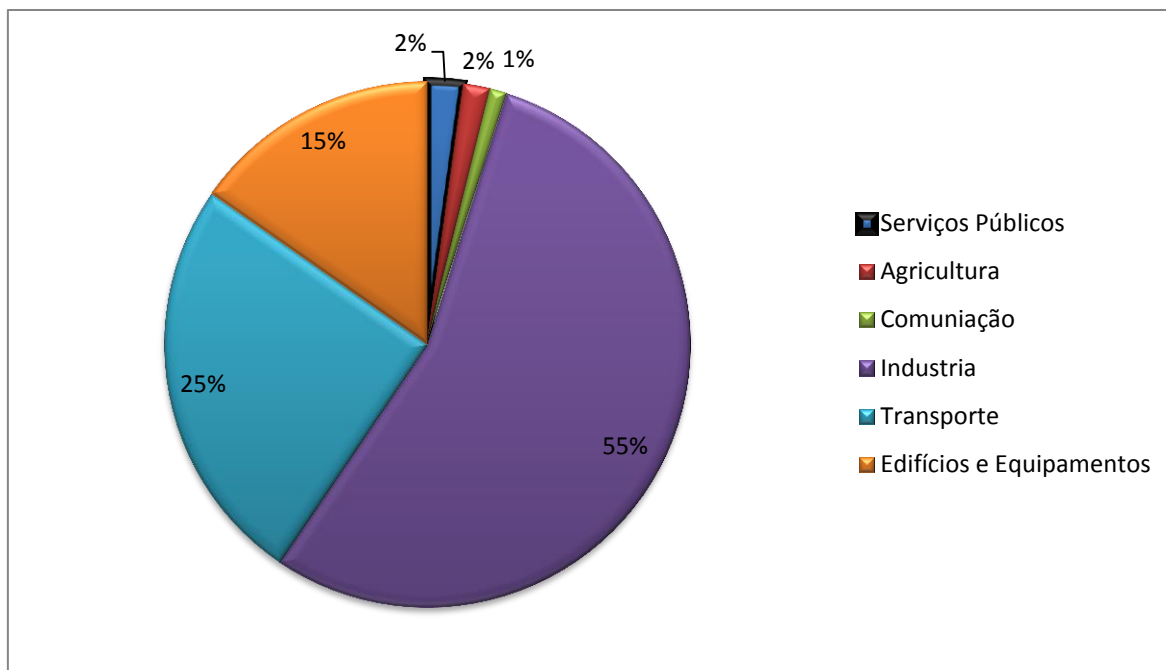


Fig. 2.5 - Consumos energéticos em Espanha 2014

Analisando a figura, verificamos que 55% do consumo energético em quilo tonelada equivalente de petróleo – ktep - é responsável a Indústria, seguindo-se 25% dos Transporte e 15% dos Edifícios e Equipamentos, onde estes três conjuntos representam 95% do consumo energético de Espanha. Os restantes 5% estão distribuídos pelos Serviços Públicos, que representam 2%, pela Agricultura, que representa 2%, e pela Comunicação representando 1%.

Os Serviços Públicos, onde esta inserida a IP, representam 2% do consumo energético o que é equivalente a um consumo de 12,3 ktep segundo os dados fornecidos pelo MIET.

Segundo as estatísticas do Departamento de Astrofísica e Ciências da Atmosfera da **Universidade Complutense de Madrid**, estima-se que o consumo da IP por habitante em 2012 seja de 113kWh. É um resultado muito elevado, segundo o Plano de Eficiência Energética do ano 2004-2012 que previa uma redução até os 75 kWh/habit. Uma das causas que levou ao aumento do consumo energético, segundo este estudo, foi o aumento das taxas elétricas o que aumentou o gasto na IP, que passou de 450 milhões de euros em 2007 a 830 milhões de em 2012. Outra razão apontada é que grande parte dos custos vem dos municípios mais pequenos com menos de 200.000 habitantes, os quais aumentaram as suas potências de IP, para igualar-se as das cidades mais povoadas, onde é muito mais barato iluminar, como se pode verificar na tabela seguinte.

Na Tabela 2.1 é demonstrado o consumo por habitante, potência média por ponto de luz e a média dos pontos de luz por cada 1000 habitantes:

**Tabela 2.1 - Consumos elétricos em Iluminação Público por tamanho dos municípios (IDAE)**

| Tamaño municipio    | kWh/hab/a | W/PL  | PL/1000 hab |
|---------------------|-----------|-------|-------------|
| > 75.000 habitantes | 81,0      | 182,1 | 108,3       |
| 40.001 a 75.000 hab | 118,1     | 175,7 | 156,5       |
| 10.000 a 40.000 hab | 133,5     | 163,4 | 209,1       |
| < 10.000 hab        | 168,9     | 140,3 | 297,7       |

Verificamos que à medida que o tamanho do município diminui, a potência por ponto de luz também diminui. Isto deve-se ao facto de existir uma relação entre o aumento de pontos de luz de menor altura com a diminuição do tamanho do município, e consequentemente, menor potência instalada. No entanto, também se verifica que nos município de menor densidade de habitantes, que o rácio de pontos de luz e do consumo *per capita* são crescentes e mais elevados.

As atuais previsões para Espanha mostram que o país **não cumprirá com a meta de renováveis de 20%** fixada para o ano 2020. A Agencia Europeia do Meio Ambiente (AEMA) crê que será muito improvável que Espanha consiga atingir a meta dos 20% da sua energia que seja proveniente de FER. Até 2011, Espanha superava a meta da altura de 11% no período 2011-2012, mas desde aí tem vindo a diminuir a sua evolução nessa área. No Conselho Europeu (CE) realizado no dia 17/03/2014, o comissário europeu de Energia, Gunter Oettinger, diz que Espanha não cumprirá com a cota dos 20% até 2020 se continuarem com as atuais medidas estratégicas empreendidas pelo Governo Espanhol. Segundo o **Eurostat**, no final de 2013, Espanha tinha atingido um 15,4% de consumo energético de base renovável.

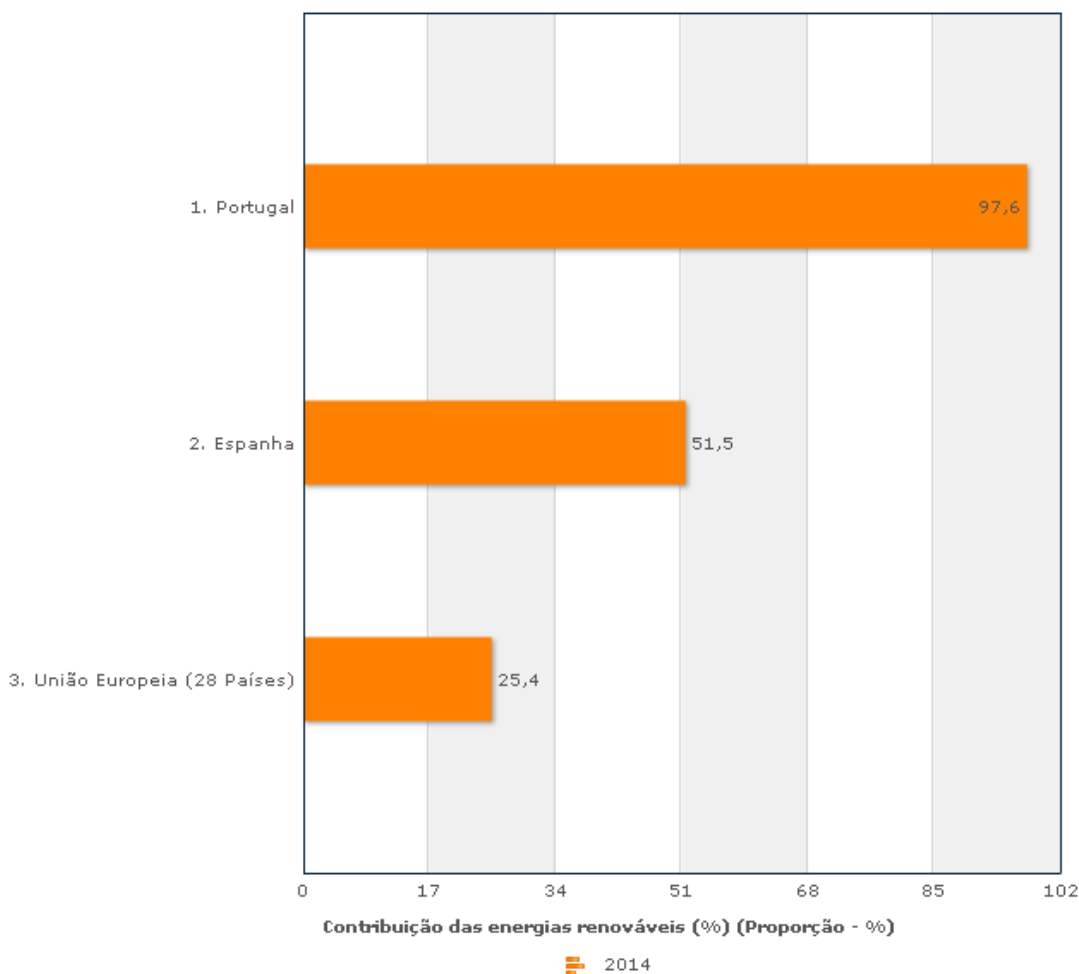
Ainda assim, o Ministério de Energia diz ser possível atingir os objetivos até 2020 com os progressos que se tem vindo a desenvolver, nomeadamente:

- **Emissões de GEE** – Espanha reduziu as emissões em 18% e é expectável reduzirem até 24% no ano 2020 atingindo assim a meta de 20% de redução nas emissões dos gases;
- **Energias Renováveis** – até 2013 atingiu 15.4% e é possível atingir os 21% ultrapassando a cota estabelecido de 20% no consumo final de energia ser proveniente de FER;
- **Consumo de Energia Primária** – Foi possível atingir uma redução de 8% entre 2006 e 2012, e com a recuperação económica será possível alcançar os objetivos.

### 2.1.3 – União Europeia

Na UE, a redução do consumo de energia e a eliminação do desperdício energético assumem cada vez mais importância, sendo alvo de constante debate em relação às causas e às soluções adotar. As medidas em matéria de eficiência energética são cada vez mais reconhecidas como meio, não apenas para alcançar um objetivo de consumo energético sustentável, melhorar a segurança de aprovisionamento e diminuir os custos da importação, mas também, promover a competitividade das economias europeias. A IP é um dos sectores que mais consome energia elétrica nos municípios, representando a nível nacional 3% do consumo elétrico em Portugal e 2% em Espanha.

Na Fig. 2.6 apresenta-se a comparação entre Portugal, Espanha e a média da UE quanto à contribuição das energias renováveis na produção de energia primária.



**Fig. 2.6 - Contribuição das energias renováveis na produção primária de energia em 2014 (%) (Pordata)**

Podemos constatar que Portugal lidera a produção de energia primária através de FER com 97,6% em 2014, obtendo quase o dobro de Espanha que regista 51,5% na produção de energia de FER e quase o quádruplo da média Europeia, que regista somente 25,4%. Podemos concluir que Portugal está no bom caminho quanto a eficiência energética e a utilização de FER, ao contrário de Espanha, como já tinha sido referido anteriormente, que ainda tem muito trabalho que desenvolver. Na Fig. 2.6 verificamos que a média Europeia está muito abaixo dos países em comparação, e isso deve-se principalmente a haver muitos países longe de cumprirem com os objetivos estabelecidos.

Podemos analisar esse caso na Fig. 2.7, através dos dados fornecidos pela Eurostat da **European Environment Agency**, a situação dos países da UE até 2014 quanto a meta dos 20% de diminuição de consumo energéticos a atingir até 2020.

**Tabela 2.2 - Percentagem de energia renovável no consumo de energia final bruto da UE 28 até 2014**  
(Eurostat)

|                   | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | OBJETIVO |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| EU (28 countries) | 8,5  | 9    | 9,5  | 10,4 | 11   | 12,4 | 12,8 | 13,1 | 14,3 | 15   | 16   | 20       |
| EU (27 countries) | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | 20       |
| Belgium           | 1,9  | 2,3  | 2,7  | 3,4  | 3,8  | 5,1  | 5,5  | 6,2  | 7,2  | 7,5  | 8    | 13       |
| Bulgaria          | 9,4  | 9,4  | 9,6  | 9,2  | 10,5 | 12,1 | 14,1 | 14,3 | 16   | 19   | 18   | 16       |
| Czech Republic    | 5,9  | 6    | 6,4  | 7,4  | 7,6  | 8,5  | 9,5  | 9,5  | 11,4 | 12,4 | 13,4 | 13       |
| Denmark           | 14,9 | 16   | 16,4 | 17,8 | 18,6 | 20   | 22,1 | 23,5 | 25,6 | 27,3 | 29,2 | 30       |
| Germany           | 5,8  | 6,7  | 7,7  | 9,1  | 8,6  | 9,9  | 10,5 | 11,4 | 12,1 | 12,4 | 13,8 | 18       |
| Estonia           | 18,4 | 17,5 | 16,1 | 17,1 | 18,9 | 23   | 24,6 | 25,5 | 25,8 | 25,6 | 26,5 | 25       |
| Ireland           | 2,4  | 2,9  | 3,1  | 3,6  | 4,1  | 5,1  | 5,6  | 6,6  | 7,1  | 7,7  | 8,6  | 16       |
| Greece            | 6,9  | 7    | 7,2  | 8,2  | 8    | 8,5  | 9,8  | 10,9 | 13,4 | 15   | 15,3 | 18       |
| Spain             | 8,3  | 8,4  | 9,2  | 9,7  | 10,8 | 13   | 13,8 | 13,2 | 14,3 | 15,3 | 16,2 | 20       |
| France            | 9,4  | 9,6  | 9,3  | 10,2 | 11,1 | 12,1 | 12,6 | 11,1 | 13,4 | 14   | 14,3 | 23       |
| Croatia           | 23,5 | 23,8 | 22,7 | 22,2 | 22   | 23,6 | 25,1 | 25,4 | 26,8 | 28,1 | 27,9 | 20       |
| Italy             | 6,3  | 7,5  | 8,4  | 9,8  | 11,5 | 12,8 | 13   | 12,9 | 15,4 | 16,7 | 17,1 | 17       |
| Cyprus            | 3,1  | 3,1  | 3,3  | 4    | 5,1  | 5,6  | 6    | 6    | 6,8  | 8,1  | 9    | 13       |
| Latvia            | 32,8 | 32,3 | 31,1 | 29,6 | 29,8 | 34,3 | 30,4 | 33,5 | 35,7 | 37,1 | 38,7 | 40       |
| Lithuania         | 17,2 | 17   | 17   | 16,7 | 18   | 20   | 19,8 | 20,2 | 21,7 | 23   | 23,9 | 23       |
| Luxembourg        | 0,9  | 1,4  | 1,5  | 2,7  | 2,8  | 2,9  | 2,9  | 2,9  | 3,1  | 3,6  | 4,5  | 11       |
| Hungary           | 4,4  | 4,5  | 5,1  | 5,9  | 6,5  | 8    | 8,6  | 9,1  | 9,6  | 9,5  | 9,5  | 13       |
| Malta             | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 1,1  | 1,9  | 2,9  | 3,7  | 4,7  | 10       |
| Netherlands       | 2,1  | 2,5  | 2,8  | 3,3  | 3,6  | 4,3  | 3,9  | 4,5  | 4,7  | 4,8  | 5,5  | 14       |
| Austria           | 23,3 | 23,8 | 25,3 | 27,3 | 28,2 | 30,2 | 30,6 | 30,8 | 31,6 | 32,3 | 33,1 | 34       |
| Poland            | 6,9  | 6,9  | 6,9  | 6,9  | 7,7  | 8,7  | 9,2  | 10,3 | 10,9 | 11,3 | 11,4 | 15       |
| Portugal          | 19,2 | 19,5 | 20,8 | 21,9 | 23   | 24,4 | 24,2 | 24,7 | 25   | 25,7 | 27   | 31       |
| Romania           | 17   | 17,6 | 17,1 | 18,3 | 20,5 | 22,7 | 23,4 | 21,4 | 22,8 | 23,9 | 24,9 | 24       |
| Slovenia          | 16,1 | 16   | 15,6 | 15,6 | 15   | 20   | 20,5 | 20,2 | 20,9 | 22,5 | 21,9 | 25       |
| Slovakia          | 6,4  | 6,4  | 6,6  | 7,8  | 7,7  | 9,4  | 9,1  | 10,3 | 10,4 | 10,1 | 11,6 | 14       |
| Finland           | 29,2 | 28,8 | 30   | 29,6 | 31,4 | 31,4 | 32,4 | 32,8 | 34,4 | 36,7 | 38,7 | 38       |
| Sweden            | 38,7 | 40,6 | 42,7 | 44,2 | 45,3 | 48,2 | 47,2 | 49   | 51,1 | 52   | 52,6 | 49       |
| United Kingdom    | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,8  | 2,7  | 3,3  | 3,7  | 4,2  | 4,6  | 5,6  | 7    | 15       |
| Iceland           | 58,9 | 60,1 | 60,8 | 71,5 | 67,5 | 69,7 | 70,4 | 71,6 | 72,3 | 71,3 | 71,1 | :        |
| Norway            | 58,1 | 59,8 | 60,3 | 60,2 | 61,8 | 64,9 | 61,2 | 64,8 | 65,9 | 66,7 | 69,2 | :        |
| Switzerland       | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :        |

O objetivo da UE é atingir os 20% de utilização de energia provenientes de FER no consumo final bruto de energia e a média de todos os Estados Membros (EM) tem que atingir esta meta obrigatoriamente. Devidas as várias condições e possibilidades de cada país, foram adaptadas as metas a atingir por cada um. Em 2014 os países que já atingiram as suas respetivas metas foram a Bulgária, República Checa, Estónia, Itália, Lituânia, Roménia, Finlândia e Suécia. Quanto a Portugal e Espanha, nenhum dos dois atingiu ainda as suas respetivas metas. Espanha tem o objetivo da UE de 20% e encontrava-se em 2014 com um valor de 16,2%. Já Portugal conseguiu ultrapassar o objetivo europeu, obtendo 27% de redução mas não atingiu o objetivo nacional, ao qual se comprometeu a obter 31% de energia renovável no consumo de energia final bruto.

Depois desta análise é possível verificar que Portugal está no bom caminho quanto à diminuição dos consumos energéticos, tanto geral como na IP e já Espanha tem que desenvolver medidas e implementá-las eficazmente para que possa atingir as metas que se propôs.

## 2.2 – Energia e Implicações Ambientais

A produção, transporte e uso de diferentes formas de energia têm vindo a ser associadas a vários problemas ambientais como as alterações climáticas resultante das emissões de GEE, a degradação da qualidade do ar, a contaminação de água e dos solos e a produção de resíduos. De facto, toda a cadeia produtiva de energia produz emissões atmosféricas de vários GEE e contaminantes atmosféricos, como os óxidos de enxofre e azoto, o monóxido de carbono, os metais pesados, as partículas em suspensão e os clorofluorcarbonetos. Também são produzidos escoamentos que contaminam a água (e.g - eutrofização) e os solos com consequências para a saúde humana e para os ecossistemas. Outro problema grave é a geração de resíduos sólidos resultantes da produção e consumo, em que os seus tratamentos são cada vez mais difíceis e caros para evitar impactes ambientais significativos. Os resíduos radioativos também representam um grande problema tanto para os seres vivos como para os ecossistemas.

Para prevenir as consequências destes efeitos ambientais associados ao de energia, têm vindo a ser desenvolvidas e implementadas várias medidas que procuram atingir diferentes objetivos energéticos nos mais variados sectores (Eficiência Energética, Adene, 2016):

- Melhorar o isolamento térmico dos edifícios, para assim poupar no aquecimento e no arrefecimento mantendo a mesma temperatura;
- Substituir as lâmpadas existentes por lâmpadas mais eficientes mantendo o mesmo nível de iluminação;
- Utilizar redes de sensores sem fio para visualizar o uso e o consumo de energia em cada ponto para melhorar a eficiência;
- Afinar os parâmetros de queima dos geradores de calor;
- Melhorar o isolamento térmico das superfícies quentes;
- Otimizar as condições de funcionamento de equipamentos;
- Aproveitar os combustíveis e/ou as fontes de calor residuais;
- Dimensionar corretamente as instalações energéticas;
- Eliminar as fugas de ar comprimido;
- +Recuperar a energia térmica em compressores de ar;
- Substituir os motores convencionais por motores de alto rendimento;

- Instalar VEVs (Variadores Eletrônicos de Velocidade);
- Proceder ao deslastre de cargas;
- Compensar o fator de potência;
- Otimizar e controlar a iluminação;
- Melhorar o aproveitamento das condições de iluminação natural;
- Implementar de sistemas de gestão de energia;
- Instalar sistemas de cogeração.

Assim, a estratégia europeia para a eficiência energética engloba medidas em vários sectores no sentido de promover a utilização racional de energia e a eficiência energética em equipamentos, obtendo também uma diminuição das emissões de GEE. No que diz respeito à IP, também foram estabelecidas regras e soluções para obter um maior rendimento nesse sector através da utilização de equipamentos e/ou soluções mais eficientes com vista a melhorar a eficiência energética das instalações, nomeadamente:

- Instalação de sistemas de regulação de fluxo luminoso;
- Substituição de luminárias ineficientes ou com mais de 10 anos de utilização, por equipamentos com melhor capacidade de reflexão;
- Utilização de fontes de luz de menor potência;
- Substituição de balastos ineficientes ou com mais de 10 anos;
- Substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio (VM) por fontes de luz mais eficientes;
- Instalação de tecnologias de controlo, gestão e monitorização da Iluminação Pública.

Um dos principais problemas da IP é a poluição luminosa que ela produz e a eliminação incorreta das lâmpadas, não só pela acumulação de resíduos, mas também pelo mercúrio que elas contêm.

A poluição luminosa é uma das grandes consequências da iluminação artificial e do seu mau uso que é causada pelo excesso de luminosidade e direcionamento incorreto dessa mesma luminosidade da IP. As repercussões negativas deste fenómeno afetam o meio envolvente, inibindo a observação do céu noturno o que pode acarretar efeitos negativos para o ser humano como problemas de saúde. Segundo o estudo realizado por Barghini (2010), a iluminação artificial prejudica o normal funcionamento na cadeia alimentar de

algumas espécies, diminuindo ou aumentando certas populações de animais, como também atrai mais insectos o que pode levar ao aumento da distribuição de uma certa doença para o ser humano. Também indicou que a poluição luminosa tem impactes negativos no céu noturno, sendo visível parcialmente ou não sendo visível de todo. Ainda refere que por mais que ainda existe áreas não iluminadas no globo, atualmente a IP atingiu um nível de expansão e de uso tão grande que se a Terra fosse vista do lado de fora do planeta, se poderia considerar o planeta como um corpo que possui luz própria. Este tipo de poluição não pode ser totalmente encarada como culpa da existência da IP mas sim do uso incorreto da mesma. Existem atualmente soluções para resolver esta problemática como a substituição das lâmpadas por outras de menor consumo e maior índice de reprodução cromática, como também o direcionamento adequado da luz e a colocação de filtros para absorver a faixa do espectro indesejável de uma lâmpada.

As preocupações em torno desta questão inquietam pesquisadores das mais diversas áreas desde ambientalistas, astrónomos, biólogos e engenheiros.

No caso das lâmpadas utilizadas nas IPs, no final da sua vida útil, as lâmpadas são, na maior parte das vezes, destinadas aos aterros e assim contaminam os solos e, mais tarde, os cursos de água. A presença do mercúrio na água, mesmo em pequenas quantidades, é um problema ecológico muito importante devido a sua bioconcentração, ou seja, a concentração de mercúrio aumenta nos organismos animais que passam através da cadeia alimentar, devido ao depósito de metal em diversos tecidos vivos. Portanto, os animais situados no extremo da cadeia alimentar têm uma maior concentração e as vezes perigosa para o próprio animal e aos que se alimentam dele, causando graves problemas de saúde pública que pode vir a intoxicar uma comunidade inteira, aparte das perdas económicas que daí pode advir. O sistema respiratório é a principal via de penetração e absorção do mercúrio pelo ser humano e a sua exposição causa problemas graves na saúde humana. Um dos exemplos mais trágicos das consequências do envenenamento por mercúrio aconteceu na baía de Minamata – Japão, na década de 1950, onde as mulheres grávidas foram expostas a altos níveis de mercúrio através do consumo de peixe contaminado, o que levou os seus descendentes desenvolverem múltiplos sintomas neurológicos (microcefalia, hipoplasia e atrofia cerebral).

Atualmente são cada vez mais as empresas que se preocupam em controlar o impacto que as suas atividades provocam no ambiente. A esse nível o indicador de repercussão, que se define tecnicamente como “*pegada de carbono*” (PDC ou *carbon footprint*, nome originalmente inglês), que se refere à massa de emissões de CO<sub>2</sub> acumuladas, por exemplo, através de uma cadeia de abastecimento ou através do ciclo de vida de um produto, não sendo uma medida de área (Hertwich, E. G., & Peters, G. P; 2009). Pode ser reduzido consideravelmente no campo da iluminação com a tecnologia LED, pela capacidade de poupança energética. As empresas e organizações de maior estatuto apostaram nas novas tecnologias, como as soluções LED para diminuir o seu gasto energético e, ao mesmo tempo, cuidar do ambiente reduzindo as suas emissões e controlando a sua pegada de carbono.

Os Governos de todo o mundo entenderam que uma decisão como incentivar ou diretamente proibir a venda das lâmpadas incandescentes significaria uma poupança instantânea no uso da energia, assim como a emissão de CO<sub>2e</sub>. Desde de Setembro de 2009, a UE proibiu a venda de “lâmpadas” incandescentes de mais de 80 watts nos países membros. Também tomaram essas medidas os Estados Unidos entre 2012 e 2014, como também o Brasil, Venezuela, Austrália, Suíça, Argentina, Rússia e Canadá. Em 2012, A UE proibiu a fabricação e venda de lâmpadas incandescentes tradicionais através da **Diretiva Ecodesign 2009/125/CE**, que foi criada com o objetivo de eliminar este tipo de lâmpadas não eficientes de forma progressiva entre 2009 e 2016. Estabeleceu um calendário cuja aplicação começou em setembro de 2009 com a eliminação das lâmpadas de 100W e continuou com as de 75W. Esta tecnologia considera-se pouco eficiente porque 90% da eletricidade que consome transforma-se em calor enquanto só 10% (no melhor dos casos) se transformava em energia luminosa.

Assim sendo, o plano continuou a ser executado e desde de 1 de setembro de 2012 as lâmpadas incandescentes de 60W já não são distribuídas no mercado europeu, sendo que este é um dos modelos mais usados em países como Espanha, segundo dados da **Philips**.

O objetivo da U.E é conseguir, em 2020, uma economia de eletricidade equivalente ao consumo anual de onze milhões de casas e uma redução média da fatura de luz de 25 euros ao ano por habitação com a aplicação das novas normas de eficiência energética.

# Capítulo 3

## Enquadramento Legal e Normativo

### 3.1 – União Europeia

O consumo de energia está na origem de 80% das emissões de gases com efeito de estufa na UE e, portanto, torna-se prioritário reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e assim obter um menor consumo de energia e uma maior utilização de energia limpa. Perante a necessidade de reduzir o nível de emissões libertados para a atmosfera através do consumo energético, a UE teve que assumir uma posição cada vez mais importante sobre a redução do consumo de energia e a eliminação do desperdício energético como uma questão determinante para a sua política energética e para isso teve que criar medidas perante esta situação que atinge todo o planeta. Em resposta aos problemas foram criadas Diretivas e estabelecidas metas e objetivos para os países membros cumprirem como foi referido no capítulo 2.1.

Em novembro de 2010, o CE apresentou uma nova estratégia para a produção de uma energia mais competitiva, sustentável e segura para ao horizonte de 2020. Esta estratégia tem como prioridade para os próximos dez anos a redução e economia de energia, a criação de um mercado pan-europeu de energia com infraestruturas, unir cada vez mais os 27 Estados no que diz respeito a energia e a partilha do seu mercado, obter uma liderança europeia em tecnologia e inovação energética, assegurar uma produção de uma energia limpa, segura, sem riscos e economicamente acessível a todos, através de consumidores ativos.

### 3.1.1 - Metas Europeias

Em 2006, a UE em conjunto com os EM assumiram uma meta para **2016** de reduzir o consumo médio anual de energia **em 9%**. Posteriormente no ano 2007, o CE em conjunto com os EM comprometeram-se na criação de uma economia europeia energeticamente eficiente e baixa em carbono como também a redução de **20%** no consumo de energia final até 2020. As previsões realizadas em 2007, mostravam que em 2020 o consumo de energia primária aumentaria até os 1.842 Mtep mas com a redução de 20%, o consumo diminuiria para 1.474 Mtep, ou seja, seria expectável uma economia energética de 368 Mtep.

A quota só foi legalmente estabelecida através da saída da **Diretiva 2009/28/CE** – Diretiva de Fontes de Energias Renováveis (**Diretiva FER**) que definiu, em 2009, metas ambiciosas nos domínios da energia e das alterações climáticas para o ano 2020.

Foi definido uma meta de **20%** no consumo médio anual de energia ser proveniente de fontes de energias renováveis (FER) através da imposição de metas e objetivos obrigatórios aos EM como também a inclusão da energia de fonte renovável nos sectores da produção de eletricidade, aquecimento e arrefecimento (A&A) e **10%** de energia renovável no sector de transportes. Ainda, os EM terão que apresentar os seus Planos de Ação Nacionais das Energias Renováveis (PANERs) onde terão que definir, de uma forma clara e concreta, todos os meios e os métodos que irão desenvolver e aplicar para atingir as metas Europeias.

A Comissão Europeia terá total autorização e obrigação de monitorizar estes planos, verificando se cumprem com os seus objetivos. No caso de não cumprirem, devem implementar a Diretiva de forma satisfatória, podendo o CE lançar procedimentos por infração aos EM.

Em 2012 surge a **Diretiva 2012/27/UE** – Diretiva da Eficiência Energética (**Diretiva EE**) onde define medidas e mecanismos mais eficazes para atingir os objetivos como inclui novas metas a serem atingidas que são:

- Attingir uma redução de **20%** do consumo de energia primária sendo substituída por energia renovável e **10%** no sector de transporte;
- Reduzir **20%** das emissões de GEE e em **30%** se forem criadas e forem disponíveis condições para tal, comparado a 1990;

- Aumentar a eficiência energética com a finalidade de economizar **20%** da energia consumida na UE de acordo com as previsões para 2020.

Esses objetivos surgem denominada como “Estratégia 20-20-20”.

Em março de 2014, o CE publicou uma comunicação onde estava registado o balanço energético da UE e verificou a eficácia da eficiência energética em termos de redução de custos económicos e na dependência energética. Houve registos negativos relativo aos avanços e ao alcance dos objetivos que foram desiguais e ficaram marcados pela **Crise Económica Europeia**, em que afetou a empregabilidade e os níveis de pobreza, além de ter limitado os avanços para atingir os restantes objetivos, com a exceção do seu efeito na redução dos GEE. Por outro lado, houve evoluções estruturais positivas quanto aos níveis de educação, ao aumento do uso de energias renováveis e a redução da intensidade de carbono da economia. Com isso a UE estabeleceu regras e normas sobre a matéria de eficiência energética aplicável à rotulagem e à conceção ecológica dos produtos, serviços e infraestruturas com o objetivo de melhorar a eficiência energética ao longo de toda a cadeia produtiva de energia, desde o aprovisionamento energético à utilização de energia por parte dos consumidores.

Com os avanços e esforços feitos pelos EM para o cumprimento das metas até 2020, novos objetivos foram já estabelecidos para 2030. No final de 2014, os Chefes de Estado e de Governo dos países membros da EU concordaram com o estabelecimento de novos objetivos para o ano 2030 dirigidos a:

- Reduzir até 40% as emissões de GEE relativamente aos níveis de 1990;
- Aumentar as energias renováveis para que representem pelo menos 27% do consumo final de energia;
- Reduzir no mínimo um 27% no consumo energético

As previsões atuais para 2030 indicam que são necessários mais esforços, tanto nacionais como europeus, para que a UE alcance os novos objetivos a longo prazo que definem como prioridade a redução das emissões de carbono do sistema energético da UE entre 80% - 95% para o ano 2050.

### 3.1.2 – Diretivas Comunitárias

As Diretivas podem ser definidas como um ato legislativo estabelecidas pela UE que exige aos seus EM alcançarem um determinado objetivo e/ou resultado. Geralmente não ditam meios específicos para atingir determinado objetivo, dando aos seus EM flexibilidade na criação de meios para atingir os objetivos propostos e quanto as regras a serem adotadas, dependendo da situação e das possibilidades de cada país membro.

Geralmente, as Diretivas são criadas perante um problema comum a solucionar com o objetivo de beneficiar toda a União. Dentro do sector energético, a UE tem enfrentado grandes problemas ao longo dos anos como a dependência das importações de energia, a escassez de recursos energéticos e a crise económica que o sector energético também sofre. As alterações climáticas são um aspeto ambiental obrigatório a tomar em conta quanto as emissões de GEE provocadas através de todo o processo energético, desde da sua produção até à sua utilização. Neste caso, foram criadas várias Diretivas com o propósito de solucionar este problema progressivamente, através do estabelecimento de várias metas e regulamentos. As Diretivas são todas relacionadas com eficiência energética, visto que é o “instrumento mais eficaz” para combater este problema.

São de seguida apresentadas as Diretivas mais relevantes dos últimos anos quanto ao tema de eficiência energética:

**Diretiva n.º 2006/32/CE**, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril, define que todos os EM deverão obter uma redução no consumo final de pelo menos 1% por ano, sendo no total de 9% de energia até 2016. A Diretiva também estabelece a obrigação dos EM publicarem um plano de ação para a eficiência energética para a redução de consumo energético através da adoção e da implementação de várias medidas de aproveitamento, redução e eficiência energética no país para atingir os objetivos impostos. A Diretiva ainda especifica medidas a desenvolver para obter uma relação custo-eficácia na melhoria da eficiência na utilização final de energia nos EM.

**Diretiva 2009/28/CE / - Diretiva FER**, criada em 23 de abril e publicada em junho de 2009, promove a utilização de energia através de fontes de energia renováveis.

Tem como principais objetivos:

- Estabelecer metas e objetivos quanto à utilização de FER - A Diretiva FER tem uma importante função de estabelecer e fazer que se cumpram metas e objetivos quanto à quota das FER no consumo final bruto da energia de modo a ajudar a atingir os objetivos nacionais e europeus;
- Aprova os PANERs – exemplo do PNAEE 2016 e PNAER 2020;
- Regulamenta a emissão de certificação de origem – Regula a certificação de origem da eletricidade, podendo ser aplicável ao calor renovável;
- Flexibilidade entre projetos e na transferência de dados estatísticos – A Diretiva FER estipula a criação de medidas e mecanismos de flexibilidade para projetos conjuntos e na transferência de dados estatísticos entre EM para ajudar no cumprimento das quotas;
- Disponibilizar mais e melhor informação sobre apoios às FER;
- Melhorar a oferta de sistemas de certificação e qualificação profissional – no que diz respeito aos instaladores de equipamentos com base em FER de pequena escala;
- Facilitar ao acesso das FER a rede elétrica – Incentiva os EM a tomar medidas quanto a facilidade ao acesso das FER a rede elétrica e simplificar os processos de autorização, certificação e licenciamento;
- Cumprir critérios de sustentabilidade – Obriga ao cumprimento de critérios que visem a sustentabilidade energética quanto a contabilização da energia proveniente de biocombustíveis e biocombustíveis de segunda geração.

A Diretiva FER estabelece uma quota mínima comum a todos os EM de 20% de consumo de energia final ser proveniente de FER e uma quota de 10% de energia proveniente de FER no sector de transportes para o ano 2020.

**Diretiva 2009/125/CE - Diretiva Ecodesign**, de 21 de outubro, está relacionada com a criação de um quadro para definir os requisitos de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia com o objetivo de garantir a sua livre circulação no mercado. Também prevê a criação de requisitos para os produtos relacionados com consumo de energia para a introdução de produtos mais eficientes no

mercado contribuindo para um desenvolvimento sustentável, aumentar o nível e proteção do ambiente e melhorar assim a segurança do fornecimento de energia.

Um dos objetivos mais importantes é a eliminação das lâmpadas VM de alta pressão e outras tecnologias não eficientes de forma progressiva entre 2009 e 2016, como já foi referido no subcapítulo 2.2.

A diretiva tem um duplo objetivo, por um lado reduzir o consumo energético e ajudar, deste modo, reduzir as emissões de gases de efeito de estufa; e por outro lado evitar resíduos criados por estes dispositivos. Assim obtém o dobro de benefício ambiental.

**Diretiva 2012/27/UE - Diretiva EE** do Parlamento Europeu e Conselho, também designada por Diretiva de Eficiência Energética, foi publicada no dia 25 de outubro de . Esta Diretiva estabelece a obrigação dos EM apresentarem um PNAEE, no qual terá de estar descrito todos os métodos, mecanismos e medidas de sustentabilidade e eficiência energética, incluindo os sectores onde serão implementados, com a finalidade de atingir a meta anteriormente definida de 9% de economia no consumo de energia final até 2016 como também a meta de 20% de eficiência no consumo final de energia, 20% da energia produzida ser de FER e 20% nas reduções de GEE até 2020. Também inclui mecanismos e medidas a serem implementadas quanto à eficiência energética nos edifícios e organismos públicos.

## **3.2 - Quadro Legal Português**

Com a UE a assumir cada vez mais a redução de gastos e de consumo energético e a eliminação do desperdício energético como medidas importantes para a sua política energética, Portugal teve que tomar uma posição quanto a essa problemática. Em, 2007, os países membros da U.E, concordaram em reduzir o consumo médio anual em 20% até 2020, mas Portugal traçou metas mais ambiciosas e estabeleceu um objetivo em reduzir o consumo de energia primária em 25%. Com a saída da Diretiva FER, Portugal traçou metas nacionais, tendo aumentado a quota das energias renováveis no consumo final de energia em 31. Estas medidas visam melhorar a eficiência em todas as fases da cadeia da energia. Para ser possível atingir os objetivos, Portugal adotou uma política energética nacional baseada em dois fatores essenciais: racionalidade económica e

sustentabilidade. As medidas adotadas pelo Governo foi a implementação de planos e programas que visam cumprir as necessidades e os objetivos da nova política energética que se baseiam maioritariamente em reduzir os GEE de forma sustentável, aumentar a independência energética do País; melhorar a economia geral principalmente no sector Estado, no que diz respeito à despesa pública que será diminuída, e usar eficientemente os recursos.

Com o objetivo de uma política energética sustentável, eficiente e que favorece a competitividade económica e a qualidade de vida da população, foram desenvolvidos dois planos nacionais e um programa com objetivos específicos e que vai ao encontro das metas a cumprir na U.E. Também foi criado um Fundo Nacional Energético para apoiar a implementação das várias medidas.

Os planos e programas desenvolvidos foram:

- **FEE** - Fundo de Eficiência Energético;
- **PNAEE 2016** - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética 2016;
- **PNAER 2020** - Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis 2020;
- **ECO.AP** - Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública;

A integração dos dois Planos, o PNAEE 2016 e o PNAER 2020, permite uma ação concertada para o cumprimento tanto dos objetivos nacionais como os objetivos europeus para os respetivos anos.

### **3.2.1 – Legislação aplicável**

Para combater os problemas energéticos referenciados anteriormente, a UE estabeleceu novas regras e objetivos através das várias Diretivas, referido no subcapítulo 3.1.2, aplicado a todos os EM. Com a saída das várias Diretivas comunitárias, Portugal teve que transcrever para o plano nacional nova legislação que fosse ao encontro dos objetivos europeus. A seguir, apresentam-se as Resoluções do Conselho de Ministros (RCM) e Decretos de Lei mais relevantes dos últimos anos quanto ao tema estudado:

**RCM n° 80/2008**, de 20 de maio, aprova o primeiro Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (2008 – 2015) para poder alcançar e cumprir os objetivos impostos pelo Parlamento Europeu com a **Diretiva n.º 2006/32/CE**.

**Decreto de Lei n° 319/2009**, de 3 de novembro, transpõe a Diretiva n° 2006/32/CE, relativa a eficiência energética no consumo final de energia primária e aos serviços energético públicos e quanto aos objetivos a serem alcançados (9% no consumo energético até 2016 mediante um PNAEE). Também visa incrementar a relação custo-eficácia na utilização final de energia através do desenvolvimento de um melhor quadro legal energético, a criação de mecanismos para a eliminação de deficiências e obstáculos que encontram no mercado energético, tanto na sua distribuição e produção como na obtenção de energia mais eficiente e maior promoção e divulgação quanto a eficiência energética.

**RCM n° 29/2010** de 15 de abril, aprova a ENE 2020 como instrumento nacional de desenvolvimento energético sustentável e centrado na eficiência energética com o objetivo de atingir as metas europeias e nacionais, como também criar um mecanismo do desenvolvimento do mercado elétrico, sempre no sentido de reduzir a dependência energética do exterior. Ainda inclui um sector dedicado a Biomassa Florestal quanto as apostas nas energias renováveis.

**Decreto-Lei n° 50/2010** de 20 de maio, define a criação, no âmbito do Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, o Fundo de Eficiência Energética (FEE), que anteriormente era só designado por Fundo. O FEE tem natureza de património autónomo e sem personalidade jurídica. O FEE foi criado com objetivo de financiar todas as medidas e programas descritos no PNAEE mas também de potenciar o desenvolvimento empresarial e dos cidadãos quanto a eficiência energética; apoiar projetos de eficiência energético em áreas que até agora não era possível e não se tinham desenvolvido nenhum projeto nesse contexto e promover um comportamento mais eficiente.

**RCM nº 2/2011** de 12 de janeiro, cria o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública – ECO.AP, de forma a contribuir para alcançar a meta europeia de 20% até 2020.

**RCM nº 20/2013** de 10 de abril, aprova o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para o período 2013-2016 – PNAEE 2016 – e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis para o período 2013-2020 – PNAER 2020.

### **3.2.2 - Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020)**

Para poder atingir todas essas metas e objetivos que Portugal se propôs foi então criada através da RCM nº 29/2010 de 15 de abril, a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020).

A ENE 2020 assenta sobre cinco eixos principais que traduzem uma visão a atingir e através das quais se vai desenvolver e detalhar um conjunto focado de prioridades e um conjunto de medidas a serem implementadas para a concretização dos objetivos. Na Fig. 3.1 estão representados os eixos no qual a ENE 2020 se apoia para o seu desenvolvimento:

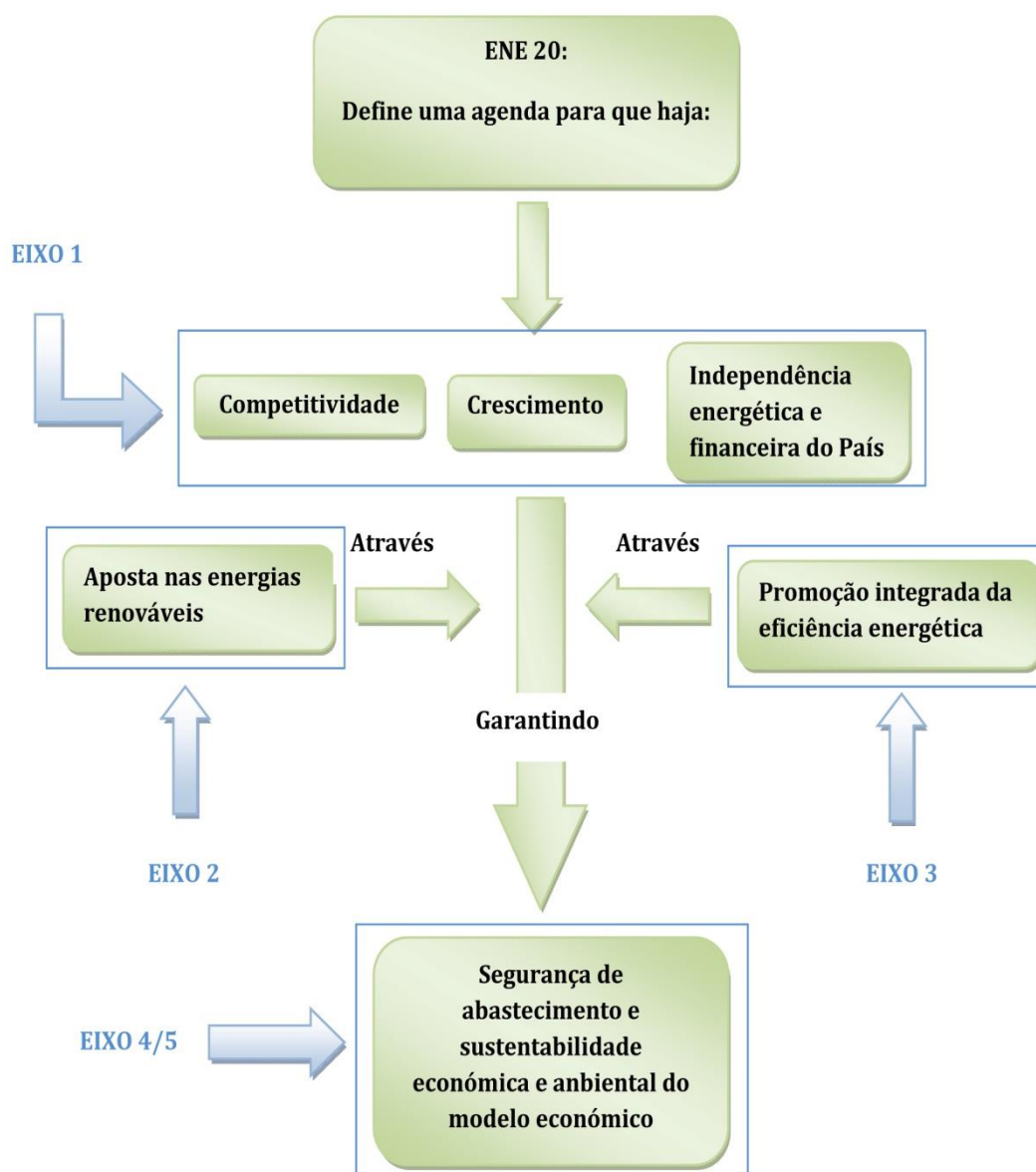


Fig.3.1 - Objetivos da ENE 2020

Através de uma agenda definida, a ENE 2020 em conjunto com a Diretiva FER estabelecem os seguintes objetivos e compromissos nacionais para 2020 com origem em FER:

- Attingir uma quota de 31% de energia renovável no consumo final bruto de energia;
- Attingir uma quota de 60% da eletricidade produzida a partir de FER;
- Attingir uma quota de 10% do consumo de energia renovável nos transportes rodoviários;
- Reduzir a dependência energética do exterior em 74%;

- Reduzir em 25% o saldo importador energético (*economia de 2.000 M€/ano - 60 M barris petróleo*);
- Cumprir os objetivos quanto a redução de GEE.

(Luís Silva, ADENE - Agência para a Energia, 2010)

Segundo a ENE 2020, Portugal conseguirá reduzir a dependência quanto a energia elétrica do exterior, caminhar em direção dos objetivos propostos e ainda criar mais de 100 mil postos de trabalho. A ENE 2020 ainda se propõe continuar a desenvolver o sector associado à promoção de eficiência energética e promover o desenvolvimento sustentável que vai ao encontro das metas na redução de emissões de gases.

### **3.2.3 - Fundo de Eficiência Energético (FEE)**

Para o desenvolvimento e implementação dos programas e das medidas previstas é necessário um investimento financeiro e o primeiro PNAEE, anterior ao PNAEE 16, previu a criação de fundo nacional capaz de os financiar e foi através do **Decreto-Lei nº 50/2010** de 20 de maio que foi criado o Fundo de Eficiência Energética (FEE). O FEE foi criado como o objetivo de financiar todos os programas e medidas descritas no PNAEE: apoiar os projetos quanto a tecnologias de eficiência energética nos sectores de Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Sector Público e apoiar ações relativamente a eficiência energética nas áreas dos comportamentos, fiscalidade e financiamentos. A criação do FEE também foi com o intuito de potencializar a política de desenvolvimento económico, social e territorial que estava a ser promovida e a ser executada que é denominada de “Portugal 2020”. O objetivo do Portugal 2020 é atingir as metas nacionais já propostas, a redução de 25% no consumo de energia primária, sendo que o Estado e a Administração Pública (AP) querem atingir uma redução de 30% do consumo através do programa ECO.AP. E para a sua implementação e desenvolvimento, contam com o apoio do FEE e do FEEI (Fundos Europeus Estruturais e de Investimento).

O FEE também tem a possibilidade de financiar todos e quaisquer projetos não previstos no PNAEE 2016 mas que comprovam a sua contribuição para a eficiência energética, como está referido nos termos do disposto nº 2 do artigo 2º do Decreto-lei nº. 50/2010, de 20 de maio. O FEE pode ainda ajudar no desenvolvimento de operações

que sirvam de base à definição de projetos em maior escala financiados no âmbito da política do “Portugal 2020” e que visem a implementação das medidas relacionadas com o PNAEE 2016, em complementaridade como os objetivos deste Fundo.

(Fundo de Eficiência Energética, Plano Nacional Ação de Eficiência Energética)

### **3.2.4 Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética 2016 – PNAEE 16**

O Parlamento Europeu determinou com a Diretiva 2006/32/CE, relativa à eficiência energética e aos serviços energéticos, que os EM deveriam atingir um valor global de 9% até 2016 na redução de consumo energético através da adoção e da implementação de várias medidas de aproveitamento, redução e eficiência energética. Foi então publicada a RCM n.º 20/2013 que aprova o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE 2016), que no que diz respeito a eficiência energética, prevê uma poupança de 8,2% em Portugal, valor este que está relativamente próximo da meta estabelecida pela UE de 9% para 2016.

O PNAEE 2016 passou a abranger seis áreas específicas, que inclui os já abrangidos pelo anterior plano, PNAEE 2008: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura. Para cumprir os objetivos foram criados 10 programas para estes sectores que integram medidas de melhoria do sistema energético para um melhor aproveitamento (ver tabela 3.1).

(Plano Nacional para a Eficiência Energética 2016)

Tabela 3. 1- Tabela dos objetivos dos 10 programas do PNAEE 16

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <p>•<b>Transportes</b></p>           | <p>•<b>Eco Carro</b>, que agrega as medidas direcionadas para a melhoria da eficiência energética nos veículos;</p> <p>•<b>Mobilidade Urbana</b>, que abrange as medidas relacionadas com a necessidade de incentivar a utilização de transportes coletivos;</p> <p>•<b>Sistema de Eficiência Energética nos Transportes</b>, medidas para dinamizar a utilização das redes ferroviárias e a gestão energética das frotas de transportes.</p> |
| <p>•<b>Residencial e Serviço</b></p> | <p>•<b>Renovar Casa e Escritório</b>, conjunto de medidas de eficiência energética na iluminação, electrodomésticos e reabilitação do espaço;</p> <p>•<b>Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios</b>, medidas de processo de certificação energética nos edifícios;</p> <p>•<b>Integração de fontes de Energia Renováveis Térmicas/Solar Térmico</b>, nos edifícios e equipamentos residenciais e de serviços</p>                      |
| <p>•<b>Indústria</b></p>             | <p>•Programa designado por um por um <b>Sistema de Eficiência na Indústria</b>, que inclui a revisão do SGCIE (Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia).</p>   |
| <p>•<b>Estado</b></p>                | <p>•Programa designado por <b>Eficiência Energética no Estado</b>, um conjunto de medidas dirigidos aos edifícios do Estado, aos Planos de Ação de Eficiência Energética, frotas de transporte do Estado e à Iluminação Pública (IP).</p>   |
| <p>•<b>Comportamentos</b></p>        | <p>•Integra medidas que visam promover hábitos e atitudes de consumidores, como sejam a recomendação de produtos eficientes, através de campanhas de sensibilização e comunicação.</p>  |
| <p>•<b>Agricultura</b></p>           | <p>•Abrangido por o Programa de <b>Eficiência Energética no Setor Agrário</b>, e tem como objectivo agrupar e dinamizar ações para a redução de consumos energéticos</p>  |

### 3.2.5 Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis 2020 – PNAER 2020

Na mesma publicação da RCM n.º 20/2013, onde foi aprovado o PNAEE 2016, também foi aprovado o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis ( PNAER 2020), que diz respeito mais diretamente a utilização de energias renováveis. O PNAER 2020 prevê uma redução de 18% da capacidade instalada em tecnologias baseadas em FER relativamente a 2010, assim como o aumento da quota de energia proveniente de fontes

renováveis (60% vs. 55%). O estabelecimento desta meta para 2020 prevê o cumprimento das metas estabelecidas pela U.E de 20% no consumo das energias primárias, do objetivo geral na redução em 25% no consumo de energias primárias e o do objetivo específico da diminuição em 30% para a AP.

As novas linhas gerais do PNAER têm como base a premissa de que Portugal deve ser um país autossustentável energeticamente, ou seja, eficiente e independente e assim ser um país competitivo. E para isso o PNAER introduz as FER em três grandes sectores – A&A, Eletricidade e Transporte. (Política energética, Adene, 2016)

### **3.2.6 Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública – ECO.AP**

O Governo Português, seguindo a política estabelecida no PNAEE e na ENE 2020, lançou através da RCM nº 2/2011 o programa de Eficiência Energética na Administração Pública - ECO.AP. Este programa tem como objetivo específico de obter um nível de eficiência energética na ordem dos 30% até 2020 nos organismos e serviços de AP (que inclui iluminação pública e instalações semaforicas, edifícios e instalações municipais). O Programa ECO.AP contém medidas para que não haja aumento na despesa pública com a redução da fatura energética nos serviços e organismos, contribui para a redução de emissão de efeitos de estufa e também estimula a economia na área de serviços energéticos, através da criação do quadro legal das Empresas de Serviços Energéticos (ESE) para poderem entrar em funcionamento e atuar e assim obterem contratação pública de gestão de serviços energéticos.

Com vista a alcançar os objetivos propostos, foi criado o Barómetro de Eficiência Energética que tem como função disponibilizar os dados sobre o desempenho energético da AP promovendo assim, através de um sistema de avaliação e ranking, competição entre as entidades públicas. Permitirá caracterizar os consumos de energia do sector público, essencial para o planeamento e o desenvolvimento de medidas eficazes de promoção da eficiência energética, e as energias renováveis no sector público. Ainda irá permitir identificar e comunicar boas práticas em termos de eficiência energética e assim poderem ser partilhadas e praticadas por todos os serviços da AP, funcionando como uma plataforma de partilha e informação sobre práticas e comportamentos energeticamente eficientes.

O **Barómetro Eco.AP** tem como principais objetivos:

- Incentivar a promoção da eficiência energética na AP;
- Fornecer um panorama global sobre o grau de eficiência energética na AP;
- Veicular o Estado como referência e disseminador de boas práticas de eficiência energética;
- Consistir num referencial exaustivo de projetos de eficiência energética na AP.

(Eco.AP – Programa de Eficiência Energética na Administração Pública)

Através de uma bateria de indicadores de eficiência energética, o Barómetro compara e divulga publicamente o ranking de desempenho energético dos serviços e organismos diretos ou indiretos do Estado.

### **3.3 - Quadro Legal Espanhol**

Como foi anteriormente referido, a Diretiva FER e a Diretiva EE estabeleceram a meta de redução do consumo médio de energia anual em 20% até 2020, pelo que Espanha também teve que estabelecer as suas próprias medidas e começar a estudar procedimentos a adotar para poder cumprir os objetivos da U.E.

O Governo Espanhol, mais especificamente o MITC, começou o desenvolvimento de estratégias para poder desenvolver e potenciar a eficiência energética no país e deixou a cargo a sua implementação a IDAE. Foram criadas várias estratégias, como a criação de um fundo nacional a reverter na aplicação e execução dos vários programas e planos para o desenvolvimento energético sustentável do país. Também foram criadas medidas a ser aplicadas em vários sectores, sendo os mais importantes a Indústria, a Agricultura e a Pesca, como também investir nos métodos da transformação da energia e na criação de cidades cada vez mais sustentáveis.

Em Espanha, os objetivos traduzem-se em que as FER representem pelo menos o 20% do consumo energético final no ano 2020 – a mesma meta definida para a UE – agregado também o objetivo de 10% no que diz respeito ao sector de Transportes para esse ano.

Espanha desenvolveu planos e estratégias para se poder atingir os objetivos que se propôs para o horizonte de 2020 que foram os seguintes:

- **FNEE** - *Fondo Nacional de Eficiencia Energética*;
- **PAAEE 2011-2020** - *Plan Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020* - 29 de Julho – 2º Plano Nacional;
- **PER 2020** - *Plan Energías Renovables* – 11 de novembro de 2011;
- *Planificación Energética Indicativa 2012 – 2020* – Segundo a Lei 2/2011, de 4 de Março, da Economía Sustentável.

A Figura seguinte demonstra todos os planos implementados em Espanha no horizonte temporal entre 2005 e 2020:



Fig. 3.2 - Planos implementados por Espanha 2005-2020 (*Diputación de Cádiz*)

A elaboração destes planos vai ao encontro do cumprimento dos objetivos de melhorar a eficiência energética e, conseqüentemente, criar uma economia mais competitiva e melhorar os indicadores de atividade e empregabilidade.

### 3.3.1 – Legislação Aplicável

Com uma grande meta para ser cumprida fixadas pelas Diretivas, a política energética espanhola teve que adaptar a sua legislação para que fossem ao encontro dos objetivos pretendidos que são abordados de seguida:

**Real Decreto (RD) 842/2002**, de 2 de agosto, apresenta um regulamento para estabelecer as condições técnicas e garantias que devem reunir as instalações elétricas a uma fonte de fornecimento nos limites de baixa pressão com o objetivo de preservar a segurança das pessoas, assegurar o bom funcionamento das instalações e prevenir anomalias e perturbações com outras instalações e serviços e contribuir na eficiência energética e económica.

**RD 1890/2008**, de 14 de novembro, onde é aprovado o Regulamento de Eficiência Energética nas Instalações de IP e as suas Instruções Técnicas Complementares (ITC) que são as seguintes:

- ITC EA-01 Eficiência Energética – Relacionada com o cálculo de eficiência energética e a classificação energética de IP;
- ITC EA-02 Níveis de Iluminação – Em que o nível de iluminação é o conjunto de requisitos luminotécnicos ou fotométricos (luminância, iluminância, uniformidade, deslumbramento, relação com o ambiente ao redor, etc). A escolha do nível de iluminação também é dependente do local em estudo (subterrâneo, jardins, via pública, via rodoviária, etc);
- ITC EA-03 Contaminação Luminosa e Luz Invasiva ou Irritante - A contaminação luminosa é a luminosidade produzida no céu no horário nocturno originada pela difusão e reflexão da luz nos gases, aerossóis, e partículas em suspensão na atmosfera, em que na sua grande maioria é originada pela IP. Esta estratégia pretende classificar as diferentes zonas em função da sua proteção contra a contaminação luminosa e luz invasiva ou irritante nos seus residentes e cidadãos em geral;
- ITC EA-04 Estrutura das Instalações – Referente aos métodos de medida e apresentação das características fotométricas de lâmpadas e luminárias como a escolha dos balastos;

- ITC EA-05 Documentação Técnica, Revisões e Inspeções - Inclui documentação complementar das instalações onde estão inseridos os cálculos de eficiência energética e mais requisitos estabelecidos por esta ITC. Também inclui revisões e inspeções para comprovar o correto cumprimento dos requisitos de eficiência energética segundo o atual regulamento e as suas ITC.
- ITC EA-06 Manutenção da Eficiência Energética e das Instalações – As características e as prestações de uma IP vão modificando e degradando ao longo do tempo e por isso é necessário um plano eficiente de manutenção para conservar a qualidade da instalação, assegurar o melhor funcionamento possível e atingir a eficiência energética desejada. Esta ITC descreve a manutenção de uma IP tanto a nível fotométrico como a nível mecânico;
- ITC EA-07 Medições Luminotécnicas nas Instalações da Iluminação Pública – Nesta instrução é descrito as medidas luminotécnicas correspondentes as verificações e inspeções das instalações da IP.

**Consejo de Ministros del 29/07/11** – Neste Conselho de Ministros, foi aprovado o novo PAAEE 2011-2020, o segundo plano de ação de eficiência energética da país, onde aparece os resultados atualizados do plano anterior e amplia o horizonte até 2020. Este novo plano estabelece novas medidas para atingir as novas metas europeias da Estratégia 20-20-20.

**Resolução do Conselho da Administração**, de 24 de março de 2015 estabelece as bases reguladoras e convocatória **do Programa** de ajudas para a renovação das instalações da Iluminação Pública Exterior Municipal.

### ***3.3.2 - Fondo Nacional de Eficiencia Energética (FNEE)***

O FNEE foi criado pela Lei 18/2014 a 15 de outubro, com o propósito de financiar todos os planos e programas nacionais relativamente a eficiência energética. Em 6 de maio de 2016 entraram em vigor os programas de ajudas do MIET para financiar projetos de eficiência e poupança energética que são geridas pela IDAE entre os quais se destacam o FNEE e o Programa de Reabilitação Energética dos Edifícios.

O FNEE tem como principais linhas de atuação e ajudas:

- Programa de ajudas na iluminação exterior municipal;
- Programa de ajudas para pequenas e médias empresas (PME) e grandes empresas no sector industrial;
- Programa de ajudas no sector de transportes públicos;
- Programa de ajuda para ações de eficiência energética no sector ferroviário;
- Programa de ajudas para ações de eficiência energética em centrais de dessalinização.

Estes são os principais enfoques do FNEE, além do financiamento dos planos nacionais.

### **3.3.3 - *Plan Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020***

Com as metas implementadas pela U.E que fixam um objetivo mínimo de utilização de energia renovável, os EM tiveram de apresentar um PNAEE donde teriam de introduzir todas as ações e os mecanismos que seriam implementadas no país para atingir os objetivos a que se propunham. O Governo Espanhol, mais propriamente o MITC, teve que criar um plano onde estivesse todos os programas e os métodos que iriam implementar no país. Espanha já tinha apresentado planos nacionais em e 2007 e 2011, aquando da Diretiva vigente da altura, mas depois com a saída da Diretiva FER e da Diretiva EE, teve que reformular e reestruturar o plano de maneira que atingisse ambos os objetivos, o de 9% até 2016 e o de 20 % até 2020. Com essa obrigação, o MIET em conjunto com o IDAE, elaboraram o *PAAEE 2011-2020*. Os principais sectores em que vão integrar medidas encontram-se na figura seguinte:

Tabela 3.2 - Objetivos do PAAEE 2011-2020

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>INDÚSTRIA</b>           | -Projetos estratégicos na Indústria;<br>-Implementação de sistemas de gestão energética;<br>-Apoios energéticos;       |
| <b>TRANSPORTE</b>          | -Cambio modal.<br>-Uso racional médio;<br>-Renovação da frota de transportes;<br>-PMUS, transporte ao trabalho;        |
| <b>EDIFICAÇÃO</b>          | - Substituição do envolvente dos edifícios;<br>- Renovação da iluminação;<br>-Instalações térmicas;                    |
| <b>EQUIPAMENTO</b>         | -Alta qualificação energética;<br>- Plano de Renovação de electrodomésticos;   |
| <b>SERVIÇOS PÚBLICOS</b>   | - <b>Melhoramento da Iluminação Pública;</b><br>-Formação de gestores energéticos municipais;                          |
| <b>AGRICULTURA Y PESCA</b> | -Melhora da eficiência nas instalações de rega;<br>-Regadio localizado;  |
| <b>COGERAÇÃO</b>           | -Instalação de novas potências;<br>-Renovação do parque existente;<br>-Cogeração de pequena potência e não industrial. |

O PAAEE visa cumprir os objetivos estabelecidos pela EU e continuar com os planos energéticos anteriores. Espanha em 2010 já estava a cumprir com o objetivo da UE para 2016, da diminuição de 9% (cerca de 6536 ktep) em consumo de energia primária, obtendo um valor de 9,2% (6682ktep), como demonstra o gráfico seguinte:

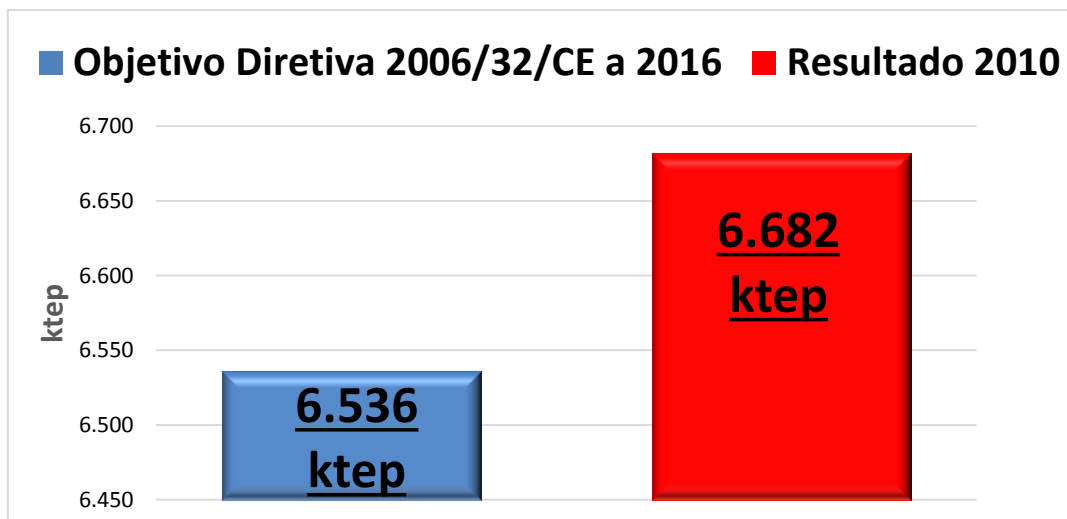


Fig. 3.3 - Meta europeia para 2016 vs. resultado de Espanha em 2010

Apesar do seu rápido desenvolvimento no cumprimento da meta dos 9%, e como já foi referido no capítulo 2, Espanha está numa posição desfavorável quanto a conseguir atingir as metas europeias para 2020, devido a sua falta de investimento no desenvolvimento do sector energético.

### 3.3.4 - *Plan Energías Renovables - PER 2011 /2020*

Segundo as previsões do Plano anterior, PER 2005-2010, 12,1% do consumo energético deveria ser proveniente de energia renovável em 2010, contribuindo para a produção de 30,3% do consumo bruto de eletricidade.

Este novo Plano, o PER 2011/2020, inclui novos mecanismos e a incorporação de objetivos de acordo com a Diretiva FER do Parlamento Europeu e do Conselho, relativamente ao uso de energia proveniente de fontes renováveis. Espanha deixou para trás a fase de lançamento e implementação das energias renováveis e está atualmente nas fases de consolidação e desenvolvimento. De acordo com a Lei 2/2011, de 4 de março de Economia Sustentável, as estruturas de apoio deverão ser baseadas nos conceitos de estabilidade, flexibilidade para incorporar o avanço tecnológico, internacionalização dos custos do sistema energético e priorizar a inovação. Dentro das estruturas de apoio destacam-se dois sistemas: Regime Especial de geração de eletricidade com FER e o Balanço Líquido de Eletricidade.

## 3.4 – Legislação, Normas e Documentos de Referência Aplicados à Iluminação Pública.

No sector da IP foram criados diplomas legais e documentos para a realização de um projeto, onde são estabelecidas regras legais quanto a sua implementação e quais as medidas adaptar e parâmetros a seguir. Na implementação de uma IP é imperativo o cumprimento da legislação e dos requisitos que irão permitir a obtenção de resultados pretendidos para a iluminação de um determinado local.

### 3.4.1 – Norma Europeia EN 13201

A Norma Europeia EN 13201, aplicável à iluminação pública, tem vindo a ser aplicada com carácter obrigatório em vários países europeus: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Eslováquia, **Espanha**, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Malta, Noruega, **Portugal**, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça. A EN 13201 está dividida em quatro partes, que visam o seguinte:

- EN 13201-1: Escolha das classes de iluminação;
- EN 13201-2: Parâmetros fotométricos recomendados;
- EN 13201-3: Cálculo dos parâmetros fotométricos;
- EN 13201-4: Métodos de medição das performances fotométricas

A **EN 13201-1** visa a escolha de iluminação dependendo da via. Para efetuar essa escolha, recorre-se a uma tabela (Anexo 1) onde se atribuirá uma classificação conforme os parâmetros da via em estudo. Aquando da atribuição da classificação, serão tomados em consideração os valores e parâmetros correspondentes às classes de iluminação.

Em Anexo estão apresentados as seguintes tabelas referente à EN 13201-1:

- Os Anexos 3 e 4 indicam o valor de luminância média recomendada para as vias interurbanas nas quais as velocidades máximas autorizadas estão compreendidas entre 70 e 130 km/h;

- Os Anexos 5 e 6 correspondem aos valores de iluminância média recomendada para as vias urbanas com velocidade máxima autorizada de 50 km/h;
- O Anexo 7 é específico para os casos encontrados em zonas rurais, em que as performances são sempre indicadas em termos de iluminância.

A **EN 13201-2** define os parâmetros fotométricos recomendados consoante a classe de iluminação para a iluminação de vias, dependendo das necessidades visuais dos utilizadores, e considerando aspetos ambientais necessários da iluminação pública. A classe de iluminação é definida por um conjunto de requisitos fotométricos com o objetivo de proporcionar todas as necessidades visuais obrigatórias aos utilizadores, tanto a visibilidade da via como a do ambiente envolvente. As classes existentes são:

- ME: circulação de veículos motorizados (velocidade média a alta);
- CE: mesmo propósito da classe ME mas aplicável às áreas conflituosas;
- S e A: aplicáveis a percursos de peões, ciclovias, faixas de circulação de veículos de emergência, áreas de estacionamento, etc;
- ES: onde haja necessidade de identificar pessoas e objetos e onde haja risco de crime acrescido;
- EV: específicas para identificar superfícies verticais (portagens).

A introdução de classe de iluminação tem como função facilitar o desenvolvimento de produtos de iluminação que são depois utilizados nas vias rodoviárias nos países membros da CEN.

Para mais informação, consultar o referido Anexo EN 13201 que inclui uma informação mais detalhada sobre a atribuição de uma determinada classe a um determinado tipo de via.

A norma **EN13201-3** é onde estão definidas e descritas as convenções e procedimentos matemáticos que servem para a obtenção das características de qualidade de iluminação mediante procedimentos padronizados.

Sendo assim, a **EN13201-3** aborda os cálculos dos parâmetros fotométricos que tem a ver com a qualidade da iluminação da via em estudo baseando-se na EN 13201-2.

Finalmente, a **EN 13202-4**, especifica o modo como se efetuam as medições fotométricas na iluminação pública e quais os procedimentos adotados que devem ser

utilizados somente com o propósito de medição. Quando é necessário comparar as medições com valores previamente calculados, é necessário ter um maior cuidado e rigor para que seja efetuado uma comparação válida, e se tiverem o propósito de monitorização do estado da instalação, como o número de medições não é tão abrangente, as medições tem de ser finalizadas da mesma forma que a monitorização. Noutros casos, o controlo in loco é suficiente. Para a realização da manutenção de uma instalação luminosa é necessário a escolha do fator de manutenção que depende de dois fatores: o fator de depreciação das luminárias e o fator de depreciação do fluxo luminoso emitido pela lâmpada. A escolha será então efetuada com a ajuda de uma tabela que se encontra no Anexo 2 que indica os valores do fluxo de manutenção da instalação em função do ciclo de manutenção (8000h e 12000h), o grau de poluição do ambiente (fraco ou forte), as características mecânicas da luminária utilizada (material da tampa e índice de proteção da IP) e o fator de depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas. (Teixeira, “Norma Europeia de Iluminação Pública 13201”, 2008)

### **3.4.2 – Documento de Referência para a Eficiência Energética na Iluminação Pública (DREEIP)**

A **Associação das Agências de Energia e Ambiente – Rede Nacional** previu em 2011, um potencial de redução de consumos na IP que podia chegar aos 700 GWh/ano e uma redução de 260.000 ton/ano nas emissões de dióxido de carbono. O PNAEE também define um conjunto de medidas de eficiência energética, entre outros sectores, no sector do Estado que inclui a “Iluminação Pública Eficiente”. Também está em vigor o ECO.AP que visa reduzir 30% do consumo elétrico do Estado até 2020 e isso inclui a IP e a criação de ações e medidas para uma boa gestão energética como também o aumento de eficiência energético-ambiental em equipamentos de iluminação pública. Visto que a IP tinha que ser alterada e melhorada, a Secretaria do Estado tomou a iniciativa de juntar os representantes deste domínio e maiores responsáveis pela IP para a criação de um plano específico e seu desenvolvimento, não só para atingir as metas necessárias neste sector como também para atingir os objetivos gerais nacionais e europeus como ainda ajudar os vários municípios em termos económicos. Como solução a este problema foi criado o “ Documento de Referência para a Eficiência energética na Iluminação Pública” (DREEIP). Este documento inclui uma série de parâmetros

técnicos que deve seguir um projeto de IP de modo a se obter a maior eficiência energética possível desta tipologia de instalações e assim conduzir a uma diminuição de emissões de GEE enquanto estiverem a ser utilizadas. Também inclui uma classificação energética de uma instalação de IP de modo a referenciar o conteúdo de apresentação de um projeto de IP eficiente do ponto de vista energético, económico, ambiental e luminotécnico. O principal objetivo do DREEIP é tornar-se uma referência na implementação de uma instalação de IP, para que uma determinada via ou um determinado local tenha uma instalação de IP adequada às suas características.

O DREEIP não está incluído na legislação aplicável à IP mas constitui uma fonte essencial na realização de um projeto de IP, na medida de tomar medidas eficientes e legais, como a aplicação de requisitos de eficiência energética e a aplicação de parâmetros importantes na área

(Eficiência energética na iluminação Pública - Documento de Referência, 2011)

### **3.4.3 - Programa de ajudas na iluminação exterior municipal em Espanha**

Em Espanha, através da Resolução do Conselho da Administração de 24 de março de 2015, foi criado o **Programa de ajudas na IP** como uma das linhas de ação alvo de financiamento do FNEE para que as entidades locais possam efetuar a substituição da iluminação exterior por uma tecnologia energeticamente mais eficiente.

Este programa tem por objetivo reduzir os 2% de consumo de energia final através da implementação de medidas no sector de Serviços Públicos. Por isso as medidas apresentadas são para a renovação das instalações da Iluminação Pública Municipal.

Entre as várias medidas de economia energética que se podem aplicar, encontra-se a substituição das lâmpadas e das luminárias por outras tecnologias de fontes de luz mais eficientes em termos luminotécnicos, com melhor qualidade refletora e direcional e a implementação de sistemas de regulação do fluxo luminoso nos vários pontos de luz para se poder controlar a emissão de luz emitida segundo a necessidade ao longo da noite e evitar a sua dispersão até outros espaços não necessários contribuindo para a

diminuição da poluição luminosa. Com estas medidas podem se adequar os níveis de iluminação excessivos em zonas dos municípios conseguindo uma diminuição significativa do consumo de eletricidade. O presente Programa resulta das mudanças legislativas efetuadas pela administração nacional, como o Regulamento da Eficiência Energética na Iluminação Exterior aprovada pelo RD 1890/2008, e pela evolução e a introdução de novas tecnologias mais eficientes nos últimos anos como o caso da tecnologia LED como nova fonte de iluminação pública.

As medidas elegíveis integradas no **Programa de ajudas na IP** visam a redução da potência luminosa das instalações da IP mediante a substituição dos atuais equipamentos e instalação por luminárias de maior rendimento, fontes de luz mais sustentáveis e económicas, instalações mais eficientes e/ou equipamentos de monitorização, regulação e controlo que permitam:

- Reduzir o consumo de energia na IP no mínimo em 30%;
- Monitorizar e regular o fluxo luminoso consoante os horários noturnos, ao tipo de via e a necessidade dos cidadãos;
- Adequar as instalações existente ao Regulamento vigente de Eficiência Energética em instalações de IP e no Regulamento eletrotécnico para baixa tensão.

# Capítulo 4

## Sistema de Iluminação

A IP existe com o intuito de iluminar e localizar as vias públicas e rodoviárias para que todos os cidadãos possam usufruir destas mesmas vias com total segurança à noite e permitir aos condutores uma boa perceção do caminho a percorrer, com os devidos requisitos de, simultaneamente, não provocar encandeamento.

Não só o gasto elétrico é alto mas, como já foi referido anteriormente, também as despesas económicas que os vários municípios acarretam é superior ao que eles podem suportar, geralmente mais de 50% dos seus gastos, levantando vários problemas como a iluminação defeituosa, luminárias ou balastros em mau estado, quadros elétricos desprotegidos o que pode levar a alguém ser eletrocutado, problemas estes que os municípios não conseguem resolver adequadamente devido a falta de poder económico para tal. Assim sendo torna-se fundamental tomar medidas para uma maior eficiência energética na IP para uma maior qualidade de iluminação a baixos custos, a baixos níveis de emissões de gases e também para o cumprimento dos objetivos nacionais e europeus na eficiência energética.

Para reduzir o consumo de energia na iluminação exterior, deve-se atuar sobre as instalações que a compõem, tanto pela otimização dos sistemas instalados, como pela renovação ou introdução de novos sistemas de eficiência energética. É estimado que se poderia obter uma redução de 20% á 85% no consumo elétrico da iluminação através da utilização de sistemas mais eficazes, eficiente, económico e integrar um sistema de controlo.

## 4.1- Tipos de Lâmpadas em Iluminação Pública

Numa instalação IP, um dos componentes principais é a lâmpada que tem a função de fornecer a iluminação em concreto. A escolha da lâmpada é essencial já que tem que reunir especificações adequadas em conjunto com a luminária para proporcionar uma boa iluminação e adequada aos requisitos de um local específico. Quanto a escolha da lâmpada, á que tomar em consideração a sua eficiência energética sendo que para isso são considerados três parâmetros: consumo de energia, rendimento e durabilidade. Os tipos de fonte luminosa mais utilizados nestes últimos anos, são as lâmpadas de descarga elétrica, um fenómeno que através de dois elétrodos e a presença de um gás forma uma radiação eletromagnética. Os principais tipos de lâmpadas são:

- Lâmpadas Fluorescentes;
- Lâmpadas de VM de alta pressão;
- Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão (VSBP) e vapor de sódio de alta pressão (VSAP);
- Lâmpadas de mercúrio com halogéneo metálico (HM);
- **LEDs.**

As lâmpadas são a fonte ou emissor luminoso da iluminação da instalação, em que a sua seleção é uma das maiores dificuldades para desenhar uma instalação devido aos vários fatores a ter em conta, condicionadas pelo tipo de lâmpada selecionada: potência consumida, eficiência luminosa, tempo de vida útil, temperatura de cor da luz e o rendimento cromático ou reprodução de cores.

Nas instalações antigas, a lâmpada mais comum na IP era de VM. No entanto, este tipo de lâmpada está a ser gradualmente substituída e removida das IPs, de acordo com a **Diretiva Ecodesign**, em que os principais motivos são os problemas ambientais levantados pela utilização do mercúrio que pode ser contaminante, além da sua baixa eficiência energética. Quando ocorreram essas substituições, foram substituídas na sua generalidade por lâmpadas de VSAP, principalmente em zonas onde os requisitos de cor não eram críticos como as autoestradas, já que as de VM apresentam um melhor índice de restituição cromática.

### 4.1.1 – Lâmpadas de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão

As lâmpadas de VM são das mais utilizadas na iluminação exterior. Este tipo de lâmpada caracteriza-se por uma cor branca azulada, o que confere uma temperatura de cor fria. Por serem tipicamente atrativas usam-se na maioria das IP apesar da sua baixa eficiência. Nos últimos anos a sua utilização tem diminuído devido ao efeito tóxico do mercúrio, tendo sido substituídas progressivamente pelas lâmpadas de VSAP.

Exemplo de uma lâmpada de VM de alta pressão:



Fig. 4.1 - Lâmpada de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão (IDAE)

As características da lâmpada de VM de alta pressão estão demonstradas na seguinte tabela:

Tabela 4.1 - Características das lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão (Garrido,2010)

|  |   |
|--|---|
| <b>Rendimento luminoso</b>             | De 36lm/W a 60lm/W                              |
| <b>Temperatura de cor</b>              | De 3000°K a 4200°K                              |
| <b>Índice de restituição cromática</b> | Aproximadamente 50                              |
| <b>Duração de vida média</b>           | 10000h  |
| <b>Tempo de arranque</b>               | Aproximadamente 4 minutos                       |
| <b>Luminância</b>                      | De 4 cd/cm <sup>2</sup> a 15 cd/cm <sup>2</sup> |
| <b>Equipamento auxiliar</b>            | Balastro e condensador                          |
| <b>Posição de funcionamento</b>        | Qualquer  |

A descrição das suas características será discutida no subcapítulo seguinte para efeito de comparação com outra tipologia para melhor entendimento da dimensão dos valores dos vários parâmetros.

#### **4.1.2 – Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta e Baixa Pressão**

As lâmpadas de VSAP têm uma temperatura mais quente e uma reprodução cromática mais baixa, mas fornece uma eficiência energética superior e por isso a sua existência em grande parte da iluminação pública e o primeiro grande substituto a lâmpada de VM.

As lâmpadas de VSBP, apesar de ser a solução de maior eficácia, possuem grandes dimensões, que determinam a sua baixa utilização visto que a substituição da luminária para adaptar-se a lâmpada implicaria um custo adicional não sendo rentável para o projeto. A VSBP é constituída por uma reprodução cromática má, fazendo com que não seja aplicável em grande parte das situações, sendo utilizadas somente em locais específicos onde as suas características de iluminação são requeridas como em locais onde existe grande possibilidade de nevoeiro. Por estes motivos dar-se-á mais enfoque às lâmpadas de VSAP neste documento.

Exemplo de Lâmpadas de VSAP e VSBP, respetivamente:



**Fig. 4.2 - Lâmpadas de VSAP e VSBP (IDAE)**

As características da lâmpada de VSAP estão especificadas na tabela 4.2:

Tabela 4.2 - Características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (Garrido, 2010)

|  |   |
|--|---|
| <b>Rendimento luminoso</b>             | De 65 lm/W a 130 lm/W                             |
| <b>Temperatura de cor</b>              | De 1900°K a 2500°K                                |
| <b>Índice de restituição cromática</b> | De 25 a 80  |
| <b>Duração de vida média</b>           | De 8000h a 12000h                                 |
| <b>Tempo de arranque</b>               | Aproximadamente 5 minutos                         |
| <b>Luminância</b>                      | De 25 cd/cm <sup>2</sup> a 500 cd/cm <sup>2</sup> |
| <b>Equipamento auxiliar</b>            | Arrancador, balastro e condensador                |
| <b>Posição de funcionamento</b>        | Qualquer  |

Comparando a tabela das principais lâmpadas de descarga da IP, as lâmpadas de VM e VSAP, verificamos que a lâmpada de VSAP é muito mais vantajosa, fornecendo um maior rendimento luminoso de mais do dobro (65-130 lm/W vs. 30-60 lm/W),<sup>1</sup> as lâmpadas têm uma vida útil média significativamente maior (8000-12000h vs. 10000h) e uma maior área de luminância (25-500 cd/cm<sup>2</sup> vs. 4-15 cd/cm<sup>2</sup>).

Quanto às potências elétricas das lâmpadas, é apresentada na tabela 4.3 a equivalência de potência em (W) das lâmpadas de VN e de VSAP ao mesmo nível de fluxo luminoso:

Tabela 4.3 - Equivalência de potências elétricas para fluxos luminosos similares (EOI. Cursos OL Servicios Energéticos)

| <b>Energia (W)</b>            |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Vapor de Mercúrio (VM)</b> | <b>Vapor de Sódio Alta Pressão (VSAP)</b> |
| 80                            | 50  |
| 125                           | 70  |
| 250                           | 150                                       |
| 400                           | 250                                       |

Através desta tabela concluímos que a lâmpada de VSAP têm uma maior eficiência energética no que diz respeito as potências existentes, tendo um menor consumo energético para o mesmo nível de fluxo luminoso.

### 4.1.3 – Iodetos/Halogéneos Metálicos e Restantes Tipologias de Lâmpadas

Ainda existem outras tipologias de lâmpadas menos frequentes que as duas anteriores mas muito utilizadas na IP. As lâmpadas de HM têm basicamente a mesma constituição que as lâmpadas de VM, diferenciando-se pela mistura de substâncias contida no tubo de descarga. Têm vários formatos e está em constante evolução, através de várias misturas de gases na ampola a fim de melhorar a reprodução cromática e a eficiência energética apesar de nunca atingir os níveis de eficiência da de VSAP. Ainda existe outras tipologias de lâmpadas menos usadas como as fluorescentes tubulares e fluorescentes compactas (CFL – do inglês Compact Fluorescent Light). A lâmpada fluorescente é uma lâmpada de vapor de mercúrio de baixa pressão. As CFL são lâmpadas com um consumo muito inferior às restantes tipologias de lâmpadas mas com muitas desvantagens como a baixa vida útil que possuem e as radiações ultravioletas (UV) que emitem. Na Fig. 4.3 são representados dois tipo de lâmpadas fluorescente tubulares, a T8 e T5, e na Fig.4.4 são apresentadas exemplos de lâmpadas de HM:

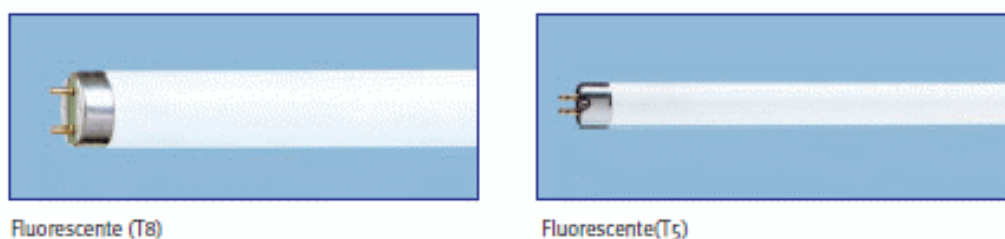
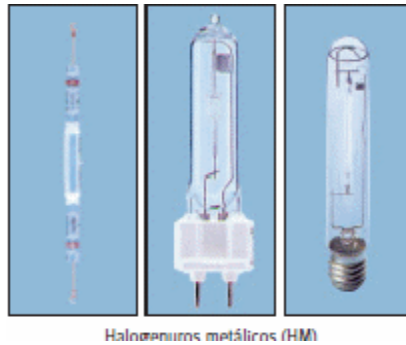


Fig. 4.3 - Lâmpadas Fluorescentes T8 e T5 (IDAE)



Halógenos metálicos (HM)

Fig. 4.4 - Lâmpadas de mercúrio com halogéneo metálico - HM (IDAE)

Para lâmpadas instaladas em zonas de elevado requerimento de reprodução cromática (luz branca), aconselha-se que se usem lâmpadas de HM, que se apresentem um comportamento energético melhor que das lâmpadas de VM emitindo uma luz de características parecida. Mesmo com a evolução das várias tecnologias, nenhuma atingiu ainda o IRC que as lâmpadas de HM conseguem atingir, sendo que as tecnologias mais próximas desse nível são as lâmpadas fluorescentes e as mais recentes lâmpadas LED. Por esse motivo as lâmpadas de HM ainda são muito utilizadas em zonas específicas onde é necessário grande área de iluminação como os polos desportivos e os monumentos de grande dimensão. Por curiosidade, apresenta-se a tabela 4.4 com as características da lâmpada HM:

Tabela 4.4 - Características das lâmpadas de iodetos/halogéneas metálicas (Garrido, 2010)

|  |  |
|--|--|
| <b>Rendimento luminoso</b>             | De 65lm/W a 100lm/W                                      |
| <b>Temperatura de cor</b>              | De 3000°K a 6000°K                                       |
| <b>Índice de restituição cromática</b> | De 81 a 95   |
| <b>Duração de vida média</b>           | De 3000h a 9000h   |
| <b>Tempo de arranque</b>               | Aproximadamente 4 minutos                                |
| <b>Luminância</b>                      | De 100cd/m <sup>2</sup> a 6000cd/m <sup>2</sup>          |
| <b>Equipamento auxiliar</b>            | Arrancador, balastro e condensador / balastro eletrónico |
| <b>Posição de funcionamento</b>        | Pode haver restrições                                    |

É possível verificar diferenças significativas entre as outras duas tipologias de lâmpadas. No que diz respeito ao rendimento luminoso, as lâmpadas de HM são superiores as lâmpadas de VM e próximas das de VSAP. Quanto ao tempo de vida útil médio, as lâmpadas de HM são as que apresentam a pior duração, compreendida entre 3000h e 9000h. Quanto a luminância, as lâmpadas de HM apresentam uma maior intensidade luminosa por área que vai desde 100 cd/ m<sup>2</sup> a 6000 cd/m<sup>2</sup> . Outro dado interessante é a posição de funcionamento, em que se verifica existirem restrições, o que implica que o seu funcionamento não é adaptável em qualquer lugar, ao contrário das lâmpadas de VSAP e VM.

#### **4.1.4 - Light-Emitting Diode (LED)**

O rápido desenvolvimento dos LEDs (Light-Emitting Diodes) como nova fonte de emissão luminosa permitiu a sua ampla utilização em sistemas de IP, deixando de servirem apenas para indicadores luminosos. Isto foi possível graças à elevada vida útil dos LEDs de última geração, o aumento do seu nível de luminosidade e a manutenção do seu reduzido consumo, criando assim um sistema altamente eficaz energeticamente e de baixo custo de manutenção. A implementação da tecnologia LED na IP é importante e essencial para se obter um menor consumo energético e económico. Quando associado ao sistema de telegestão, é possível atingir uma diminuição de 85% do consumo, nomeadamente face às tecnologias convencionais de VSAP.

As principais vantagens da LED são as seguintes:

- Não emitem raios UV e Infravermelhos (IV);
- Não prejudicam a pele;
- Não causa fadiga ótica tão facilmente como as lâmpadas comuns;
- São melhores para o ambiente;
- Não possuem mercúrio nem outro metal pesado na sua composição;
- Contribuem para a redução da quantidade de lixo, devido a sua duração;
- São recicláveis;
- 1 lâmpada LED dura o mesmo que 50 lâmpadas incandescentes ou 10 CFL;

- Mais eficiência → Menos uso dos recursos de energia → Menos emissão de CO<sub>2e</sub>;
- Em ambiente interior, a luz fria impõe menos carga nos sistemas de ar condicionado e assim também ajuda a economizar o consumo elétrico;
- Além disso, a redução da temperatura de cor, contribui para a diminuição da temperatura global (Uma lâmpada LED evita a emissão para a atmosfera de 10kg de CO<sub>2e</sub> por ano);
- Baixos custos de trabalho de manutenção e reposição;
- Diminuição nos custos de manutenção das instalações.

Como toda a tecnologia em evolução, existe desvantagens quanto a aquisição e a implementação da tecnologia LED no qual se destaca:

- Fiabilidade - Como é uma tecnologia em evolução contínua, existem grandes diferenças em a qualidade dos dispositivos dependendo do fabricante. Mesmo o mesmo dispositivo da mesma marca pode apresentar diferenças quanto a luz emitido e ao tempo de vida útil;
- Preço – A tecnologia LED em geral têm um elevado valor económico, muito por causa da sua produção que implica extração mineira e uso de semicondutores;
- Mão-de-obra especializada – Na implementação da iluminação LED, é necessário certos cuidados especiais para aproveitar a totalidade dos seus benefícios;
- Dependência de matéria prima importada – A matéria prima utilizada para a fabricação das lâmpadas ainda é importada;
- IRC – As lâmpadas LED, apesar do seu bom IRC, ainda não atingem o valor ideal de quando comparado as lâmpadas de HM e fluorescentes, que conseguem atingir IRC de 85 á 95;

Apesar destas desvantagens, se formos levar em consideração outras características que são tão ou mais importante que as referidas, como a emissão de calor, a emissão de raios UV e IV, o aspeto positivo para o ambiente e a sua elevada eficiência, a tecnologia LED é considerada a melhor opção de iluminação.

A grande diferença entre as lâmpadas LED e as CFL, é que a LED não contém nenhum elemento tóxico e atinge 100% do seu rendimento desde do momento que é utilizada, sendo mais eficiente a longo prazo. Ainda, o seu funcionamento leva a uma redução de calor elevado devido à LED transformar 98% da sua energia em luz e só 2% em calor. As lâmpadas de baixo consumo funcionam de forma similar as fluorescentes, com a diferença que, a parte do seu baixo consumo, são frias usando entre 50% e 80% menos de energia (produzindo a mesma quantidade de luz) e duram mais. O principal inconveniente das lâmpadas é que contém um gás com uma pequena porção de mercúrio, sendo classificada como um resíduo perigoso.

Segundo um relatório realizado por investigadores do **Instituto Politécnico Rensselaer**, se fosse substituído todas as lâmpadas do mundo por LED, em 10 anos se poderia reduzir o consumo de carbono em quase 153 milhões de toneladas de emissões de dióxido de carbono na atmosfera e ainda era possível economizar 1.93 bilhões de dólares em todo o mundo.

Como foi referido anteriormente, em algumas instalações ainda existem lâmpadas de mercúrio mas cada vez mais estão a ser substituídas, nas zonas sem exigência de cor da iluminação, por iluminação mais eficiente como a iluminação de sódio de alta pressão devido a sua elevada eficácia torna-as aconselháveis, de ponto de vista energético.

Para uma melhor perceção das vantagens da tecnologia LED, segue na tabela 4.5 a comparação entre as várias tecnologias:

**Tabela 4.5 – Comparação entre os sistemas de iluminação exterior mais utilizados (EOI. Cursos OL Serviços Energéticos)**

|                             | <b>VSBP</b>   | <b>VSAP</b>   | <b>VM</b>    | <b>LED</b>       |
|-----------------------------|---------------|---------------|--------------|------------------|
| <b>Potência (w)</b>         | 18-200        | 35-1.000      | 50-1.200     | 1,5-160          |
| <b>Fluxo luminoso (w)</b>   | 2.000-30.0000 | 1.500-150.000 | 2.000-57.000 | 50-10.000        |
| <b>Eficácia luminosa</b>    | 120-180       | 95-140        | 50-60        | 80-186           |
| <b>€/Klumen</b>             | 2-5           | 0,8-3         | 0,96-2,06    | >100             |
| <b>€/W</b>                  | 0,24-0,7      | 0,076-0,33    | 0,050-0,071  | >7,5             |
| <b>IRC</b>                  | 25            | 25-65         | 40-55        | 60-92            |
| <b>T°Color (K)</b>          | 2.000-2.300   | 2.000-2.300   | 3.500-4.000  | 2.650-6.800      |
| <b>Vida Média (h)</b>       | 12.000        | 15.000        | 5.000        | 35.000           |
| <b>Vida útil (h) 6h/día</b> | 16.000        | 24.000        | 3.500-4.000  | 50.000 – 100.000 |
| <b>T acender (s)</b>        | 7-12          | 2-10          | 300          |                  |
| <b>T reacender (min)</b>    | 1-15          | 3-6           | 1-25         |                  |

Com esta tabela concluímos que as vantagens da tecnologia LED são superiores as restantes tipologias de lâmpadas. A potência de um LED é inferior o que conduz ao um menor consumo energético, possui uma eficácia luminosa superior o que demonstra uma maior eficiência energética, e uma vida média e útil superior a todas as tipologias de lâmpadas demonstrando ser a solução mais vantajosa para a iluminação. Um pormenor interessante, é que a tecnologia LED, ao contrário das restantes tecnologias luminosas, não possuem tempo para acender e reacender, sendo que se acendem instantaneamente.

A sua implementação nos sistemas de iluminação tem sido um êxito como será demonstrada mais a frente na parte prática, e conseguiu desenvolver-se de maneira a cumprir as altas prestações exigidas como o aspeto da cor luminosa, índices de reprodução cromática, possibilidade de controlo luminoso e conforto visual, reduzindo o mal-estar visual diretos ou indiretos contribuindo para a eliminação da poluição visual. Os LEDs ainda oferecem a possibilidade de agrupação e incorporação de elementos óticos que permitam regular, direcionar e dimensionar a iluminação.

O “**Guía sobre la tecnología LED en el alumbrado**”, realizado pela Direção Geral de Indústria, Energia e Minas da Comunidade de Madrid, aponta como principais características, do ponto de vista da sua aplicação na IP, as seguintes:

- Maior vida útil – Um LED pode funcionar num período de tempo que oscila entre as 50.000 horas e 100.000 horas e , de modo similar a lâmpada de VM, pode emitir luz durante toda a sua vida, mas o importante da sua vida útil é a possibilidade de emitir o maior fluxo luminoso útil durante a maior parte do tempo. Como consequência as operações de manutenção e substituição serão drasticamente reduzidas já que não serão praticamente necessárias durante um período superior a 10 anos.
- Emissão luminosa – Com os avanços tecnológicos dos últimos anos, o LED desenvolveu uma melhor emissão luminosa comparada as lâmpadas tradicionais.
- Qualidade da luz – Com o grande desenvolvimento feito no dispositivo LED quanto a alta iluminação, foi possível atingir uma excelente qualidade de luz, tanto a cores como em branco. A luz produzida está livre de UV e IV. O rendimento cromático e a eficácia luminosa conseguiram melhorar significativamente nos últimos tempos.
- Iluminação urbana – Em termos de futura iluminação urbana das cidades, as características elétricas do LED permitirão uma regulação total sem variação de cor, uma iluminação instantânea e uma mudança dinâmica de cor; nomeadamente a iluminação **RGB**.
- Considerações especiais de desenho – Entre as características mais aproveitáveis do LED está o seu tamanho compacto, a natureza direcional da luz, os elevados rendimentos de gestão térmica e os avanços tecnológicos que permitem uma crescente emissão luminosa, pelo que se oferecem novas oportunidades para os designers.

A aparição do LED com alta luminosidade mudou o desenho das novas luminárias que incorporam este dispositivo, que serão beneficiadas por um tempo de vida útil das luminárias de cinco a sete anos sem necessidade de qualquer intervenção para manutenção destas. Ao mesmo tempo, a direccionalidade da sua emissão e o seu tamanho reduzido abrem novas portas para o desenvolvimento de sistemas óticos com um elevadíssimo controlo da distribuição luminosa, melhorando notavelmente as eficiências conjuntas de fonte de luz convencional e luminária.

Para finalizar este capítulo, apresenta-se na tabela 4.6 a equivalência entre as potências de uma lâmpada incandescente a substituir por uma lâmpada LED para o mesmo fluxo energético luminoso. Também são apresentados o ganho obtido pela tecnologia LED em termo de eficiência energética, da fatura elétrica (o custo elétrico foi estimado em 0.14€/kWh) e na redução de GEE.

**Tabela 4.6 - Tecnologia incandescente vs. Led (EOI)**

| Pot. lâmpada incandescente à substituir (W) | Pot.LED (W) | Eficiência energética (kWh) durante a vida útil LED (50.000h) | Ganho na factura elétrica (€) | Diferença na redução de emissão de C=O <sub>2</sub> (kg CO <sub>2e</sub> ) |
|---|-------------|---|-------------------------------|--|
| 40  | 9           | 1.550   | 186                           | 1.162  |
| 60  | 11          | 2.450   | 294                           | 1.837  |
| 75  | 15          | 3.000   | 360                           | 2.250  |
| 100   | 20          | 4.000   | 480                           | 3.000  |
| 150   | 32          | 5.900   | 708                           | 4.425  |

Através da análise da tabela 4.6, concluímos que a tecnologia LED é muito vantajosa para se atingir objetivos de eficiência energética e obter ganhos na fatura elétrica como também existe uma redução significativa nas emissões de GEE. Todos estes benefícios vão de encontro as metas europeias na eficiência energética e na redução de GEE como também é vantajosa para todos os municípios que assim obtêm uma redução assinalável das despesas de IP graças a utilização desta tecnologia.

## 4.2 - Luminárias

As luminárias são aparelhos que distribuem, filtrem, ou transformam a luz emitida por uma ou várias lâmpadas. Contêm todos os acessórios necessários para segurá-las e protegê-las e, quando necessário, dispõem de circuitos e dispositivos para conectá-las à rede de alimentação elétrica. Quanto à luminária é necessário uma otimização dos refletores para potenciar um maior rendimento e a manutenção da instalação. Uma luminária vai perdendo a sua qualidade ao longo do tempo devido à sujidade e envelhecimento da lâmpada, da ótica e do difusor o que obriga um acréscimo de energia para manter um nível adequado ao longo da vida útil da luminária, este fenómeno denomina-se de depreciação luminosa. Assim sendo, a potência para gerar um nível de luminância depende da manutenção da luminária o que também depende da sua qualidade mecânica.

A luminária é composta pelo corpo, bloco ótico e equipamentos auxiliares como representa a Fig. 4.5.

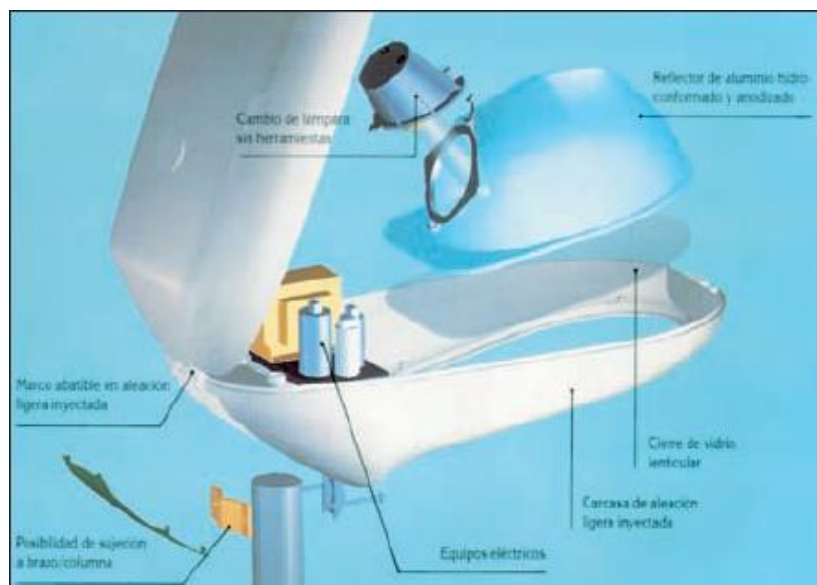


Fig. 4.5 - Composição de uma luminária (IDAE)

O corpo da luminária é a parte que suporta o conjunto ótico e elétrico da luminária e, portanto, deve ser resistente mecanicamente, leve e com excelentes propriedades de dispersão, resistência térmica e duração, além da função estética.

O bloco ótico pode estar formado por refletor, refrator e difusor. Os refletores são componentes óticos que visam modificar a distribuição do fluxo luminoso e são normalmente de alumínio de pureza máxima, polido, brilhante e tratado normalmente com oxidação anódica. O refrator destina-se também à alteração da distribuição do fluxo luminoso, mas pelo princípio de refração dos corpos transparentes, e são normalmente de vidro de elevada transmitância e inalterabilidade a luz natural ou artificial. Os difusores têm a principal função a diminuição da luminância das lâmpadas visando melhorar o conforto visual e são geralmente construídos em vidro.

Os equipamentos auxiliares da luminária devem ser mecanicamente resistentes para suportar adequadamente o peso do equipamento elétrico e em termos térmicos tem de dissipar muito bem o calor gerado por o próprio funcionamento do equipamento elétrico, com umas dimensões suficientes para o equipamento em questão, de fácil acessibilidade e segurança, que permite com comodidade realizar as reparações e reposições que é preciso.

As juntas de **hermeticidade** têm de ser flexíveis, resistentes a altas temperaturas e aos agentes atmosféricos, sendo normalmente utilizado borracha de silicone, policloropreno, terpolímeros de etileno-propileno, juntas de poliéster, etc.

A luminária, em concreto o bloco ótico, deve estar dotada dos correspondentes dispositivos de regulamento, de forma que se possa variar a posição da lâmpada a respeito do refletor, de acordo com o tipo de implantação e prestação que se requer da luminária.

A luminária tem um papel muito importante no conjunto da iluminação, já que tem a função de dirigir a luz da lâmpada à zona que se pretende iluminar. Existe uma grande quantidade de luminárias disponíveis no mercado, ainda que os principais fatores que se devem ter em conta é se cumprem a sua função e se existe espaço suficiente entre os equipamentos auxiliares no caso de se requerer uma substituição das mesmas.

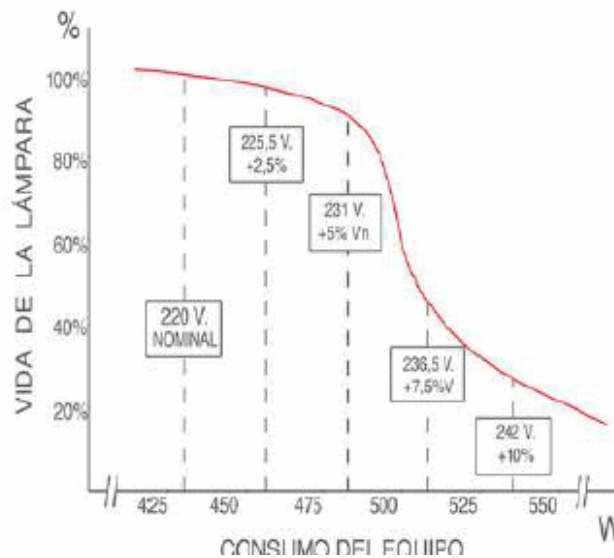
## 4.3 - Equipamentos Auxiliares

### 4.3.1 – Balastros

As lâmpadas de descarga, em geral, têm uma característica tensão-corrente não linear e ligeiramente negativa e, portanto, surge a necessidade da utilização de um elemento limitador da intensidade que se denomina de balastro para evitar o crescimento ilimitado da corrente e a morte da lâmpada quando está acesa.

Associado ao balastro, segundo o tipo, deverão apresentar-se os elementos adequados para a correção do fator de potência. Além dos dispositivos de regulação da corrente da lâmpada e da correção do fator de potência, alguns tipos de lâmpadas têm uma elevada corrente de descarga, como são as de VSAP, HM e VSBP, e necessitam de uma tensão muito superior à da rede para iniciar ou alimentar a corrente do arco elétrico. Então é necessário incluir no equipamento auxiliar um dispositivo que proporcione e suporte no momento em que é ligada, a alta tensão necessária para o seu bom funcionamento. Esses dispositivos denominam-se de arrancadores.

Os sistemas para a iluminação que integram lâmpadas de descarga associadas a balastros tipo série (que será explicado mais a frente), de VSAP ou VM, são muito suscetíveis as variações na tensão de alimentação. Tensões superiores a 105% do valor nominal para o que foram desenhadas diminuem fortemente a vida útil das lâmpadas e equipamentos aumentando o consumo de energia elétrica. A figura seguinte representa um exemplo da forte influência da tensão de alimentação no consumo e na vida útil da lâmpada VSAP.



**Fig. 4.6 - Influência da tensão no consumo e na vida de uma lâmpada VSAP (Fenercom)**

Apesar da tensão da rede atualmente em Portugal ser de 230V, verifica-se que um aumento de 7% produz uma diminuição na vida útil da lâmpada em 50% e um aumento de consumo de um 16%. Daí a grande importância em estabilizar a alimentação que chega aos recetores de IP.

A introdução de balastos eletrónicos soluciona este problema, além de reduzir o consumo do equipamento auxiliar significativamente. O balastro eletrónico é um dispositivo compacto que realiza as funções do equipamento auxiliar e, por tanto, substitui o balastro eletromagnético, condensador e arrancador nas lâmpadas de VSAP. O balastro eletrónico estabiliza a potência na lâmpada e, conseqüentemente, o consumo em rede varia para variações de tensão compreendidas entre 180V e 250V. Ao estabilizar a potência, aumenta a vida útil da lâmpada face aos balastos eletromagnéticos. Por outro lado, os balastos eletrónicos dispositivos mais sensíveis e menos robustos que os eletromagnéticos. Em condições normais de funcionamento as perdas do próprio balastro eletrónico não ultrapassam os 4% ou 5% da potência elétrica consumida na lâmpada, resultando-se vantajoso frente ao consumo real do equipamento auxiliar (balastro eletromagnético, condensador, e arrancador) que oscila entre um 9,3% e 27,5% sobre a potência nominal da lâmpada.

O inconveniente dos balastros eletrônicos comparativamente aos balastros eletromagnéticos, dada a sua maior sensibilidade, é a sua proteção contra sobretensões, nomeadamente as originadas por descargas atmosféricas.

Mais à frente irei explicar que existem outras formas de estabilizar a tensão sem necessidade de substituir balastros e que pode resultar mais rentável do ponto de visto económico.

Os balastros mais utilizados são:

- Balastro de série de tipo indutivo para os níveis de potência;
- Balastro autorregulador;
- Balastro autotransformador;
- Balastro eletrónico;

O balastro eletromagnético série tipo indutivo é o mais utilizado, proporciona uma baixa regulação de corrente e de potência frente às oscilações da tensão da rede de alimentação, em que geralmente o seu uso se torna mais adequado sempre que a tensão não ultrapassa os 5%. Quando se preveem variações constantes ou permanentes ao longo do tempo superiores a tensão da rede, ou variáveis durante algumas horas, será adequado utilizar balastros autorreguladores, eletrónicos ou um sistema de estabilização de tensão.

Os balastros denominados autorreguladores, ao apresentar uma boa regulação da corrente e potência da lâmpada em relação as alterações de tensão da rede de alimentação, são utilizados quando a tensão oscile acima de 10%. Num caso em que a tensão seja insuficiente para um funcionamento estável, são então instalados balastros autotransformadores que elevem a tensão e regulam a corrente, e o seu uso se mantém quando a tensão seja inferior a 200 V. Estes equipamentos não são muito utilizados.

### 4.3.2 – Condensadores e Arrancadores

Os condensadores vêm associados ao balastro e pode, ou estar conectado a rede de alimentação para corrigir o fator de potência, ou ser instalado em série com o balastro e a lâmpada servindo como elemento regulador de corrente e compensação, como é o caso dos balastros autorreguladores. Os balastros eletrônicos não requerem dispositivos adicionais de correção da potência, já que vem incluído um circuito eletrônico criado para esse efeito.

A seguir se mostram exemplos de balastros:



**Fig. 4.7 - Exemplo de um balastro eletromagnético (IDAE)**



**Fig. 4.8 - Exemplo de um balastro eletrônico (IDAE)**

Os arrancadores são dispositivos elétricos, eletrônicos ou eletromecânicos que, em combinação com o balastro, gera e se sobrepõem à tensão da rede ao impulso ou aos impulsos de alta tensão necessários para a correta alimentação da lâmpada.

Os tipos de arrancadores para lâmpadas de descargas, exceto lâmpadas fluorescentes tubulares, são os seguintes:

- Em série com a lâmpada (de impulsos independentes);
- Em semiparalelo (de impulsos dependentes do balastro que vai associado);
- Em paralelo (independente dos fios)

## 4.4 - Equipamento de controlo

Tratam-se de dispositivos que permitem programar o funcionamento da iluminação adequando-a em maior ou menor medida às necessidades efetivas da mesma. Entre os equipamentos de controlo mais utilizados, estão as fotocélulas e os relógios analógicos ou astronómicos, podendo ser em este segundo caso, programado localmente ou de forma remota através de um sistema de telegestão.

Há que destacar que segundo estudos sectoriais, como o da Agência Andaluza da Energia (AAE), ainda existe cerca de 34% em que as instalações são controladas por fotocélula ou relógio horário, sistemas que provocam grandes desvios entre as horas de funcionamento das instalações e as horas reais da necessidade das mesmas, originando um maior gasto energético, por conseguinte, económico como também um mau serviço público.

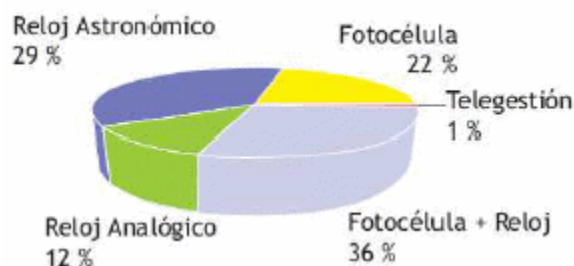


Fig. 4.9- Elementos de controlo na IP (AAE)

Por outro lado, o sistema de telegestão representa apenas 1%, apesar de ser dos sistemas que oferece o melhor conhecimento e controlo mais efetivo das instalações de IP.

Os sistemas de redução de fluxo são elementos que possibilitam reduzir o nível de iluminação a partir de certas horas da noite quando já não existe movimento nem atividade nas ruas, não sendo necessário o uso tão intenso das mesmas.

É importante destacar que mais de um 60% dos quadros elétricos da IP, não contem nenhum sistema de eficiência energética e uns 30% dispõem de sistemas de redução de nível de iluminação por corte de fases ou duplo circuito. Esta é uma prática muito habitual, ainda que não seja muito aconselhável devido ao problema de diminuir a uniformidade na iluminação das vias, diminuindo a segurança.

Mais a frente, será demonstrado a instalação de equipamentos de eficiência energética na IP que fica assegurada com os novos regulamentos com a saída do Novo Regulamento de Eficiência Energética em Iluminação Exterior.

É possível atuar no funcionamento normal do ciclo de iluminação desde de vários pontos. Por um lado, otimizando os tempos de ligar e desligar ajustando-lhes exatamente as condições de eficiência desejadas, sempre mantendo as condições de segurança. Isto realiza-se mediante o uso de equipamento de controlo destinados a estas funções, como podem ser os interruptores crepusculares e os interruptores horários astronómicos. Igualmente pode atuar-se na intensidade luminosa da IP com a redução do nível luminoso.

#### **4.4.1 - Interruptores crepusculares**

São dispositivos eletrónicos capazes de dimerizar um circuito em função da luminosidade ambiente. Para isso utilizam um componente sensível a luz (célula fotoelétrica) que deteta a quantidade de luz natural que existe no lugar da instalação, comparando esse valor com o ajustado previamente. Em função desta comparação, ativa ou desativa-se um relé.

Para um correto funcionamento das instalações de IP com interruptores crepusculares, estes devem estar dotados de circuitos que incorporem histereses, isto é, um atraso antes das manobras que possibilite eliminar falhas de acender ou desligar devido a fenômenos meteorológicos transitórios, como por exemplo a passagem de nuvens, raios ou luzes de automóveis.

Os inconvenientes do uso dos interruptores crepusculares são o difícil acesso aos mesmos durante a sua manutenção ou reparação, já que normalmente se instalam em lugares de complicado acesso. Além disso, a poluição provoca um escurecimento gradual do ambiente envolvente, o que a longo prazo as manobras não se realizem nos momentos esperados.

#### **4.4.2 - Interruptores horários astronômicos**

São interruptores horários que incorporam um programa especial que segue o nascer e por do Sol na zona geográfica onde está instalado. Esta característica tem uma importante vantagem de que não é necessário a reprogramação manual e periódica dos tempos de acender/desligar. Também tem a possibilidade de poder atrasar ou adiantar de maneira uniforme esses tempos de manobra, conseguindo com ele uma diminuição de consumo adicional.

Estes interruptores horários devem dispor de dois circuitos independentes, uma para o ligar/desligar total da IP, e outro para as ordens de redução e recuperação de fluxo luminoso, durante as horas que não é necessário todo o fluxo.

Existem modelos que permitem incorporar dias especiais, em que o horário é diferente devido a feriados, fim de semanas, etc.

### 4.4.3 - Métodos de controlo

Ao longo dos anos foram desenvolvidos métodos de controlo com o objetivo para diminuir o consumo energético, e com isso, diminuir a fatura elétrica. Os principais métodos utilizados pelos municípios são os seguintes:

- **Desligar parcialmente (duplo circuito)** – com este sistema consegue-se reduzir o consumo apagando parte das luminárias durante um período de tempo determinado, sendo a redução do consumo energético obtido diretamente proporcional ao número de luminárias apagadas.

Mesmo que o sistema seja efetivo, o seu maior inconveniente é perca da uniformidade luminosa. Nos casos onde sempre são desligadas as mesmas lâmpadas, é criada uma grande diferença no que diz respeito a vida útil da lâmpada. Por esses motivos, foram criados interruptores horários astronómicos com circuitos alternativos, de forma que cada dia se alterna o circuito a apagar.

- **Reatância de duplo nível** – Este sistema está baseado numa reatância que possibilita variar a impedância do circuito mediante um relé exterior, reduzindo a intensidade que circula nas lâmpadas e conseguindo uma redução de aproximadamente 40%. A ordem de ativação é dada por um fio de comando ou por um temporizador interno.

Apesar de evitar o problema da falta de uniformidade luminosa, a mudança brusca do regime normal ao regime reduzido provoca uma sensação de falta de luz no usuário. Nos sistemas que incorporam um temporizador para evitar a instalação da linha de comando, a redução não está sincronizada e produz-se com atraso nas lâmpadas. No caso da instalação da IP reacender quando está em situação de nível reduzido, o temporizador inicia um novo atraso ao voltar a tensão de rede, perdendo-se praticamente todo o ganho correspondente ao tempo de regime reduzido.

Nenhuns dos sistemas anteriormente descritos resolvem os problemas de sobretensão na rede que diminui fortemente a vida das lâmpadas e equipamentos, e que provocam um grande aumento no consumo de energia elétrica.

- **Estabilizadores de tensão e diminuidores de fluxo luminoso no posto de transformação** – A vantagem principal destes equipamentos frente as reatâncias de duplo nível é que soluciona os problemas produzidos pela instabilidade da rede já que durante as horas do regime normal estabilizam a tensão de alimentação em linha. Nas horas de regime reduzido diminuem a tensão a todas as luminárias, conseguindo uma diminuição de consumo adicional.

O feito de estar instalado no posto de transformação, faz que a sua incorporação, tanto em instalações de IP novas como nas existentes, seja fácil (não é preciso intervenção em cada um dos pontos de luz da IP) e facilita o acesso a sua manutenção.

A instalação dum estabilizador de tensão e redutor de fluxo (reductor de fluxo que será citado mais adiante) evita excessos de consumo nas luminárias, prolonga a vida das lâmpadas e diminui incidências de avarias.

Em resumo, as vantagens dos estabilizadores de tensão e redutores de fluxo luminoso no posto de transformação são:

- Prolonga a vida útil da lâmpada;
  - Diminui o custo de manutenção;
  - Mantem a uniformidade da IP;
  - Evita excessos de consumo (nível nominal);
  - Diminui o consumo até 40% (nível reduzido);
  - Rápida amortização.
- 
- **Funcionamento dos redutores de fluxo luminoso** – Os redutores de fluxo estão previstos para funcionar a regime contínuo. No entanto é aconselhável desconectar da rede durante as horas em que a iluminação não funciona, evitando de esta forma o seu reduzido consumo em vazio. A conexão e desconexão da rede realizam-se diariamente por um contador controlado por um interruptor crepuscular ou por um interruptor horário astronómico instalado no quadro da iluminação.

**Em regime normal de funcionamento** pode escolher-se uma pequena gama de tensões de saída, dependendo do grau de envelhecimento das lâmpadas, da sua tensão nominal e da redução do consumo adicional que se quer obter no caso de novas instalações. O processo é o seguinte:

- Quando todas as instalações têm lâmpadas novas, pode programar-se um regime normal à 210V;
- Passado o primeiro terço da vida útil, é possível mudar para 215V;
- Passado dois terços da vida útil da lâmpada pode voltar-se a mudar para a sua tensão normal.

Desta forma mantém-se praticamente uniforme o fluxo luminoso da instalação durante toda a vida das lâmpadas.

**Em regime reduzido** é gerada uma ordem externa por um elemento de controlo (interruptor crepuscular ou interruptor astronómico) que fixa o nível de iluminação em função das horas a regime normal ou regime reduzido. A velocidade de variação da tensão de saída, quando se muda de regime normal a regime reduzido ou vice-versa, realiza-se de forma lenta (à volta de 6V por minuto), de maneira linear nos equipamentos de variação contínua e com pequenos saltos nos modelos de variação gradual. Desta forma é garantido o perfeito comportamento das lâmpadas sem deterioração da mesma.

As tensões de regime reduzido oscilam entre 175V para VSAP e 195V para VM. O regime reduzido pode ser mantido até à hora de desligar da IP ou voltar ao regime normal nas primeiras horas da manhã. Estas tensões podem-se programar com um pequeno incremento (por exemplo 5V) a fim de corrigir uma iluminação escassa ou quedas de tensão importantes nas instalações de IP. A figura 4.10 mostra os ciclos dos redutores de fluxo luminoso.

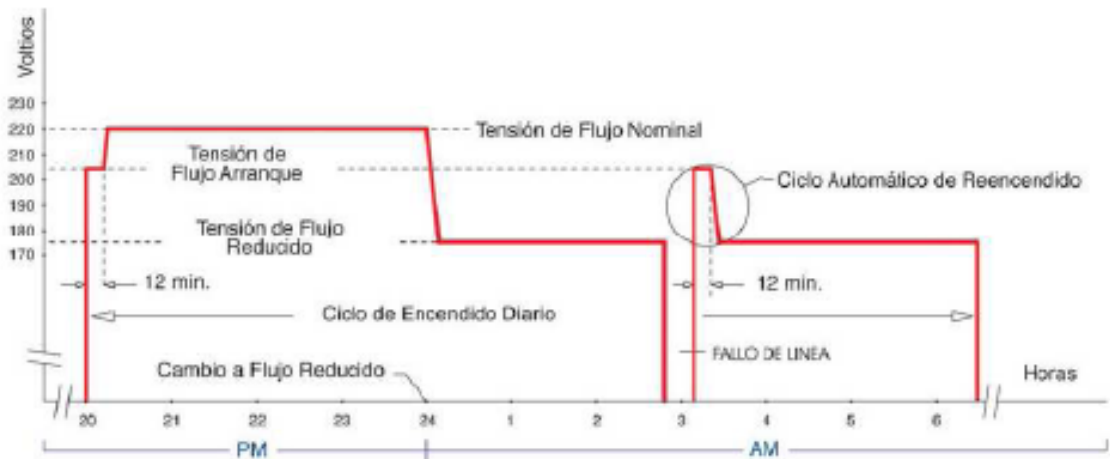


Fig. 4.10- Efeitos dos redutores de fluxo luminoso (Fenercom)

Resumidamente, as características básicas que deve cumprir qualquer redutor de fluxo são as seguintes:

- ✓ Rendimento superior à 95%;
- ✓ Gama de potência variável;
- ✓ Redução de consumo até 40% ;
- ✓ Fases totalmente independentes;
- ✓ Carga admissível de 0 a 100%;
- ✓ Manutenção do fator de potência;
- ✓ Não introduzir harmónicos na rede;
- ✓ Estabilização +/- 1%;
- ✓ Fluxo nominal configurável;
- ✓ Fluxo reduzido configurável;
- ✓ Tempo de arranque variável;
- ✓ Velocidade de mudança de nível: 6 V/minuto aproximadamente;

Pelo seu tipo de regulação, os redutores de fluxo podem-se classificar em reguladores de variação contínua e de variação escalonada.

#### **4.4.4 – Telegestão - Sistemas de controlo e gestão**

Os sistemas de telegestão permitem, por um lado, controlar desde do ponto de vista energético as instalações, supervisionando, em qualquer momento, os consumos energéticos que se estão produzindo podendo valorizar-se se são coerentes ou não e a eficiência que se esta a obter com a introdução de medidas de eficiência energética. Por outro lado, possibilita manter a correta gestão das instalações à distância, permitindo detetar pontos de luz fora de funcionamento ou problemas que gerem alertas.

Os sistemas de telegestão podem ser constituídos por equipamentos responsáveis pelas medições elétricas, oferecer informação direta e estabelecer as comunicações. Podem dispor também de vários nós secundários conectados às diversas linhas do quadro e que vigiam o perfeito funcionamento das manobras e proteções do mesmo, mandam a informação permanentemente do funcionamento e anomalias ao controlador principal.

Pode dispor-se de uma entrada de controlo de tensão, para indicar o estado de funcionamento da instalação de IP e para a sinalização do estado de redução de fluxo. Dispõem de alertas por falha das tensões nas saídas e na entrada geral, alertas de intrusão e abertura do quadro. Todos os alertas e medidas podem ser geridas através de aplicações informáticas, como também localmente ou por controlo remoto através de um modem, sistema telefónico ou GSM.

Assim, pode programar-se o envio de certos alertas por GSM a telefones através de mensagens SMS. Igualmente, desde o telefone GSM é possível enviar certos comandos através de mensagens SMS ao modem GSM instalado no quadro elétrico para receber informação das tensões de entrada-saída e alertas, ordenar a conexão ou desconexão do quadro, anular a redução de fluxo e conexão – desconexão do bypass. Estas últimas funcionalidades são muito úteis em trabalhos de manutenção.

As aplicações informáticas utilizadas no sistema de telegestão têm, entre outras, as seguintes possibilidades:

- ✓ Tensão de linha, intensidade de linha e fator de potência de cada fase;
- ✓ Tensão de saída do regulador-estabilizador em cada fase;
- ✓ Percentagem de eficiência por fase trifásica;
- ✓ Percentagem de eficiência total;
- ✓ Consumo energético por fase e total;



# Capítulo 5

## Caso Prático

### 5.1 – Apresentação

Como já referido, a presente dissertação teve por base o estudo desenvolvido no Agrupamento Europeu de Cooperação Territorial (AECT) Duero-Douro (Trabanca-Salamanca), como parte integrante do projeto “Eficiência Energética na Iluminação Pública Exterior do Centro Consumidor de Energia AECT Duero-Douro”.

Como foi referido atrás, tanto Espanha como Portugal têm um objetivo em comum no que diz respeito a eficiência energética, ou seja, atingir 20% do consumo energético final proveniente de FER até o final de 2020. Não só atingir as metas impostas pela UE, como também as metas estabelecidas pelos PANERs de cada país, e com isso surgiu a necessidade de se recorrer a várias entidades jurídicas de vários locais para ajudar a atingir esses valores e ajudar a média nacional para o alcance das respetivas quotas. E com isso, o AECT Duero-Douro tem o dever e a obrigação de ajudar não só a atingir os objetivos nacionais como zela pela investigação, inovação e desenvolvimento económico e local com carácter ambiental e sustentável.

#### 5.1.1 – AECT Duero-Douro

O AECT Duero-Douro é uma figura jurídica criada conforme o Regulamento (CE) 1082/2006, que lhe fornece poder jurídico na sua área de ação. É um agrupamento sem fins lucrativos e tem como objetivo, em conjunto com os seus membros, a cooperação transfronteiriça,



Fig. 5.1- Logótipo do AECT Duero Douro

transnacional e inter-regional com o fim de reforçar a coesão económica e social. A criação da AECT surge da necessidade de haver uma entidade capaz de gerir ações de cooperação territorial no quadro de legislações e procedimentos nacionais diferentes já que as entidades municipais, em particular as autoridades regionais e locais, têm dificuldade em lidar.

Foi então definido com a saída do Decreto-Lei nº376/2007, em Portugal, e com a saída Decreto Real 37/2008, em Espanha, a autorização da criação da figura do AECT entre Portugal e Espanha.

Assim a AECT Duero-Douro foi criada no dia 14 de março de 2009, tendo como área de ação Alto Trás-os-Montes, Douro e Beira Interior Norte em Portugal e a Província de Zamora e Salamanca em Espanha, representando 73.328 habitantes portugueses e 46.185 espanhóis o que faz um total de 120.143 habitantes.

O AECT Duero-Douro trata, entre outras funções, do desenvolvimento e implementação de programas ou projetos de cooperação territorial cofinanciados pela Comunidade, principalmente recorrendo ao Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional e Fundo de Coesão. Assim são desenvolvidos projetos e investimentos para todo o território. O AECT desenvolve programas e projetos nos seguintes âmbitos de ação:

- Igualdade de Oportunidades;
- Desenvolvimento Económico;
- Desenvolvimento Local;
- Transporte público acessível a todos os cidadãos;
- Novas Tecnologias, especialmente as da informação e comunicação;
- Ambiente;
- Desenvolvimento Sustentável;
- Educação, Formação e Emprego;
- Saúde, Serviços Sociais e Ação Social;
- Turismo, Cultura e Património;
- Administração local;
- Investigação, inovação e desenvolvimento;
- Transportes e Comunicações;
- Desportos, Lazer e Tempos livres.

## 5.1.2 – Eficiência Energética no Centro de Consumidor de Energia do AECT Duero-Douro

Como já foi referido anteriormente, a existência de uma IP eficiente representa uma poupança de energia, uma redução



de custos e uma redução de impactes ambientais. Neste sentido, os CCE do Plano 200 ESSE da comunidade de Castilha e Leão, propuseram inicialmente o projeto

Fig. 5.2- Logótipo do "Projeto de Eficiência Energética na Iluminação Pública"

da "Melhora da Iluminação Pública Exterior nos municípios espanhóis

pertencentes ao Agrupamento Europeu de Cooperação Territorial AECT Duero-Douro" e mais tarde foi criado o atual Projeto de Eficiência Energética na Iluminação Pública Exterior do Centro de Consumidores da AECT Duero-Douro

O Projeto foi aprovado pelo IDAE e a Junta de Castilha e Leão, para a execução das atuações de atividades de eficiência energética segundo o "Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4+)".

Os municípios pertencentes ao Centro de Consumidores da AECT estão registados no seguinte mapa:



Como foi referido anteriormente no subcapítulo do “Programa de ajudas na iluminação Pública” referente a Espanha, para realizar um projeto de IP tinham de contratar uma ESE. E foi através de um Concurso Público, que contrataram a empresa responsável pelo projeto, Elecnor S.A.

Com base na política estabelecida, no ano em que for realizado o projeto de eficiência energética e na sua respetiva legislação e normas, o projeto permitirá uma redução no mínimo de 40% no consumo energético com uma IP eficiente comparativamente ao sistema de iluminação tradicional.

### **5.1.3 – Metodologia Adotada**

Para a realização do estudo deste projeto, foi adotada a seguinte metodologia:

- Recompilação de toda a informação de ordem técnica e energética elementar da IP exterior de todos os municípios;
- Visita as instalações de IP de cada município para a sua análise e para a realização do levantamento da IP e registo de dados complementares;
- Compilação de todos os dados e realização dos cálculos necessários para obtenção de dados;
- Proposta de medidas de eficiência energética – Descrição, análise e elaboração de relatórios de diagnóstico energético;
- Elaboração de relatórios finais que servem de base para as especificações técnicas necessárias para o estudo da situação atual;
- Análise crítica dos resultados obtidos.

A realização do cálculo dos consumos energéticos e dos custos da iluminação anterior, foi facilitada já que foi possível obter os documentos do AECT com as faturas de 1 ano, em que foi calculada a média de consumo e do gasto económico.

Nas fichas técnicas do projeto estavam disponíveis as características de gestão e manutenção da IP, em que se consta que em nenhum dos municípios existia uma empresa de manutenção contratada, solicitando os serviços de manutenção da empresa em concreto segundo as necessidades. Posto isto, depois da implementação do projeto

foi estabelecido um plano de manutenção preventivo respeitando o ITC-EA-06, referido no subcapítulo 3.3.1.

Realizou-se uma visita às instalações da IP para levantamento e realização dos inventários, incluindo, os pontos de luz, as características das luminárias e lâmpadas, suportes, sistemas de acender/desligar, armários de distribuição e sistemas de regulação. Através dos inventários realizados anteriormente pelo AECT Duero-Douro, foram contabilizadas **251** armários de distribuição, **15603** pontos de luz e **17620** lâmpadas com uma potência instalada total de **1489,24** kW.

## **5.2 – Caracterização da rede de Iluminação Pública (situação anterior)**

Uns dos objetivos do projeto era melhorar o serviço público, cumprir as normas legais e a poupança energética e económica nas localidades que atualmente aderiram ao projeto, Salamanca e Zamora. O Projeto consiste na substituição da antiga iluminação que utilizava lâmpadas de VM, VSAP, fluorescente e outras com maior consumo energético, bem como também muitas das luminárias que se encontravam em mau estado ou danificadas, e na substituição, se necessária, dos armários de distribuição.

A antiga iluminação começou a ser substituída por tecnologia LED pela empresa instaladora autorizada neste Projeto, a Elecnor. A tecnologia LED foi a tecnologia escolhida pelo seu grande rendimento e capacidade de manter o mesmo nível de iluminação com menos consumo energético. Alguns dos modelos usados foram o Nano 2, Teceo e Hapiled.

Atualmente, aderiram ao projeto 63 municípios membros do AECT, com 155 localidades: 130 pertencente a Zamora e 25 pertencente a Salamanca.

Lista de municípios pertencentes a província de Salamanca e do AECT Duero-Douro que vão beneficiar do Plano de Eficiência Energética na Iluminação Pública:

**Tabela 5.1- Municípios pertencentes a província de Salamanca e do AECT Duero-Douro**

|            |                               |                          |
|------------|-------------------------------|--------------------------|
| AGALLAS    | GALLEGOS DE ARGANÁN           | ROBLEDA                  |
| BAÑOBÁREZ  | HERGUIJUELA DE CIUDAD RODRIGO | SALDEANA                 |
| BOADA      | MIEZA                         | VILLASBUENAS             |
| EL MANZANO | MONLERAS                      | VILLASECO DE LOS GAMITOS |
| EL PAYO    | MORASVERDES                   | VILVESTRE                |
| EL SAHUGO  | PEÑAPARDA                     |                          |

Lista de municípios pertencentes a província de Zamora e do AECT Duero-Douro que vão beneficiar do Plano de Eficiência Energética na Iluminação Pública:

**Tabela 3.2 - Municípios pertencentes a província de Zamora e do AECT Duero-Douro**

|                                 |                         |                               |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| ABEZAMES                        | LUBIÁN                  | REQUEJO DE SANABRIA           |
| ALCAÑICES                       | MAHIDE                  | RIOFRÍO DE ALISTE             |
| ALMARAZ DE DUERO                | MALVA                   | ROBLEDA-CERVANTES             |
| ALMEIDA DE SAYAGO               | MANZANAL DE ARRIBA      | ROELOS DE SAYAGO              |
| ARCENILLAS                      | MAYALDE                 | SALCE DE SAYAGO               |
| BERMILLO DE SAYAGO              | MELGAR DE TERA          | SAMIR DE LOS CAÑOS            |
| CARBAJALES DE ALBA              | MOLACILLOS              | SAN PEDRO DE LA NAVE-ALMENDRA |
| CARBELLINO DE SAYAGO            | MONTAMARTA              | SANTA CROYA DE TERA           |
| CASTRILLO DE LA GUAREÑA         | MORALES DEL REY         | SANZOLES                      |
| CUBO DE LA TIERRA DEL VINO (EL) | PEDRALBA DE LA PRADERÍA | VEZDEMARBÁN                   |
| FERRERUELA DE TABARA            | PÍAS                    | VIDEMALA                      |
| FIGUERUELA DE ARRIBA            | PINO DEL ORO            | VILLALCAMPO                   |
| FONFRÍA                         | QUINTANILLA DE URZ      | VILLARDECIERVOS               |
| FRESNO DE LA RIBERA             | RABANALES               | VILLASECO DEL PAN             |
| FUENTESPREADAS                  | RÁBANO DE ALISTE        | VIÑAS                         |
| HERMISENDE                      |                         |                               |

Um dos aspetos importantes a terem conta é que o RD 1890/2008, na sua ITC EA-02, obriga, em instalações com potências superiores a 5 kW, à redução do nível luminoso, a menos que por razões de segurança não seja recomendável.

Dados da IP global das localidades:

- Consumo energético de 4.736,17 MW h/ano;
- Emissão de gases contaminantes de 3.073,78 tCO<sub>2e</sub>/ano;
- Custo económico em 546.089,42 €/ano;
- Os custos associados a manutenção atingiram aproximadamente 178.515 €/ano

A respeito do gasto total das IP, a distribuição de custos foi realizada da seguinte maneira:

**Tabela 5.3 - Gasto elétrico da IP**

| <b>Conceito</b> | <b>Custo (€/ano)</b> | <b>Percentagem</b> |
|-----------------|----------------------|--------------------|
| Fatura elétrica | 546.089              | 75,36%             |
| Manutenção      | 178.515              | 24,64%             |

### **5.2.1 – Lâmpadas e Luminárias**

Foi elaborada uma folha de cálculo que contém todos os dados recolhidos nos centros de comando (luminárias, tipologia da lâmpada, equipamento de regulação e controle, medições, etc) das localidades pertencentes ao projeto. Também foi realizado arquivos fotográficos dos mesmos, que se encontram em Anexo na forma digital.

Em cada fase, os parâmetros medidos foram :

- Tensão (V)
- Corrente (A)
- Potência Aparente (S), Ativa (P) e Reativa (Q)
- Fator de potência ( $\cos \phi$ )
- Taxa de distorção harmónica (THD)

A tabela seguinte mostra as tipologias e quantidades de lâmpadas no global das localidades, retiradas da auditoria do projeto do AECT:

**Tabela 5.4 - Tipologias das localidades inseridas no Projeto de Eficiência Energética na IP (AECT Duero-Douro)**

| <b>TIPO DE LÁMPARA</b>               | <b>UNIDADES</b> | <b>%</b> |
|--------------------------------------|-----------------|----------|
| Vapor de mercurio (VM)               | 10061           | 57,10%   |
| Vapor de sodio a alta presión (VSAP) | 2113            | 11,99%   |
| Halogenuros metálicos (HM)           | 449             | 2,55%    |
| Fluorescente (FLU)                   | 38              | 0,22%    |
| Compacta integrada (BC)              | 267             | 1,52%    |
| Compacta no integrada (PL)           | 46              | 0,26%    |
| Halógena (HAL)                       | 4638            | 26,32%   |
| Led (LED)                            | 5               | 0,03%    |
| Incandescente (INC)                  | 3               | 0,02%    |

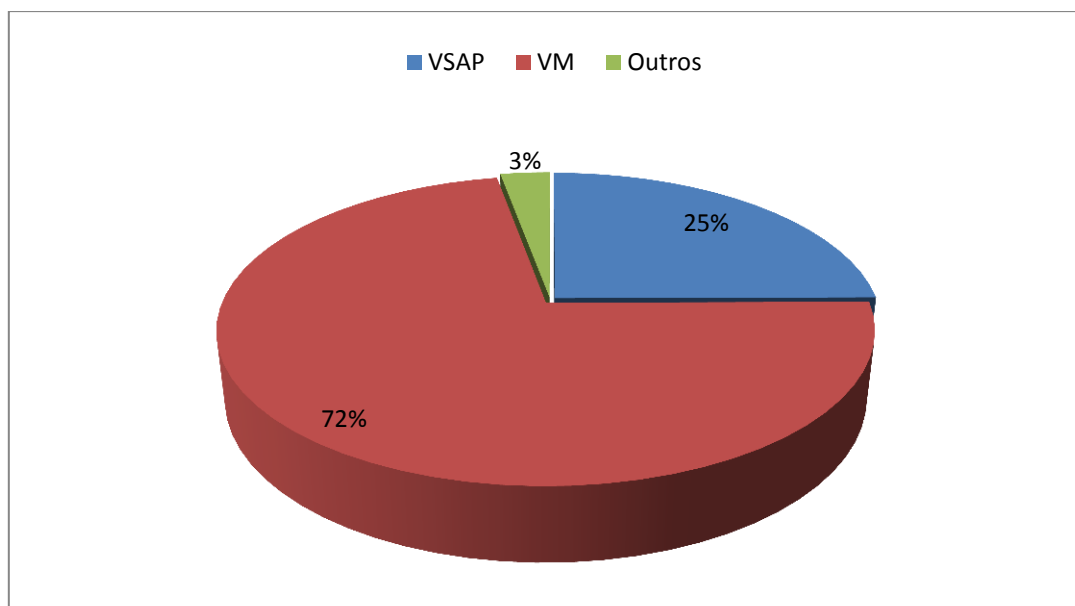
Através da tabela concluímos que mais de metade da IP das localidades são constituídas por lâmpadas de VM (57,1%). Os outros 40% são constituídos por lâmpadas HAL (26,32%) e VSAP (11,99%). Com estes dados consegue-se prever que a iluminação pública dos municípios era ineficiente e não sustentável devido à elevada utilização das lâmpadas VM que, como já foi anteriormente referido, são a tipologia que mais consomem energia elétrica.

Com os relatórios disponibilizados pelo Agrupamento, foi organizado a informação técnica e energética da IP exterior de todos os municípios que tinham disponível até à data. Analisou-se todos os inventários disponíveis dos municípios relativo a cada tipologia de lâmpada utilizada anteriormente na IP e dividiu-se os dados em 4 grupos:

- **Zamora Norte;**
- **Zamora Sul;**
- **Salamanca Norte;**
- **Salamanca Sul**

Com esta divisão pretende-se fazer uma comparação entre as duas províncias, Zamora e Salamanca, e o norte e sul de cada uma delas para analisar as diferentes tipologias de lâmpadas registada em cada zona. Posteriormente será apresentado o gráfico geral com todas as tipologias dos municípios em estudo.

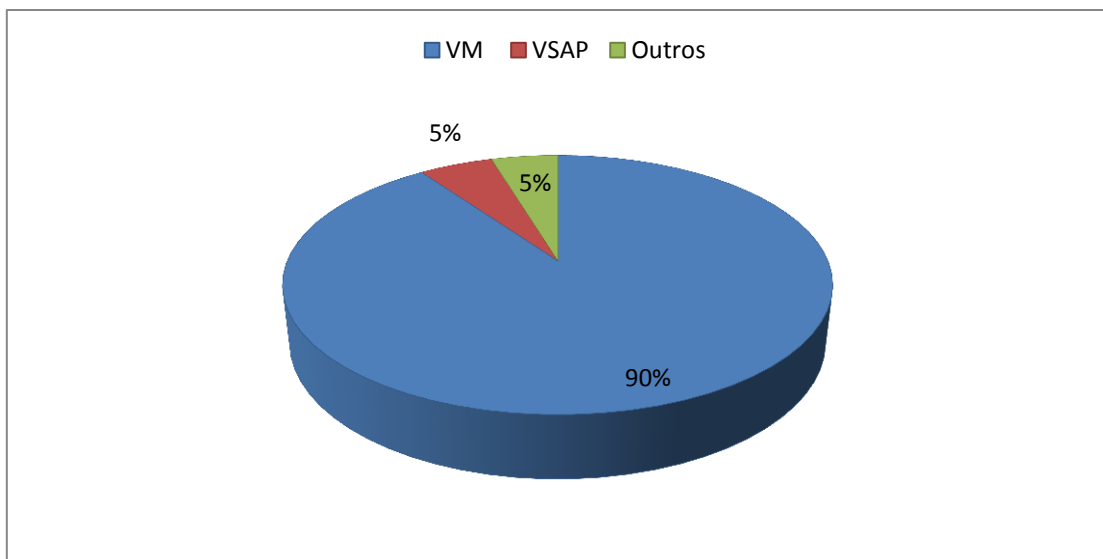
Os gráficos seguintes demonstram as tipologias de lâmpadas, em percentagem, dos 4 grupos referidos anteriormente:



**Fig. 5.4 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios de Zamora Norte**

Pela figura verificamos que a IP dos municípios de Zamora Norte são constituídas maioritariamente por lâmpadas de VM, 72%, a seguir com 25% das VSAP e 3% de restantes tipologias. Concluimos que nestes municípios não houve grande alteração na IP durante muitos anos, devido à sua maioria ser composta por lâmpadas de VM, que já não são distribuídas na Europa. Também a indicar que os 3% de outras tipologias destes municípios são lâmpadas halógenas, HM, CFL, indução, fluorescente, incandescente e LED.

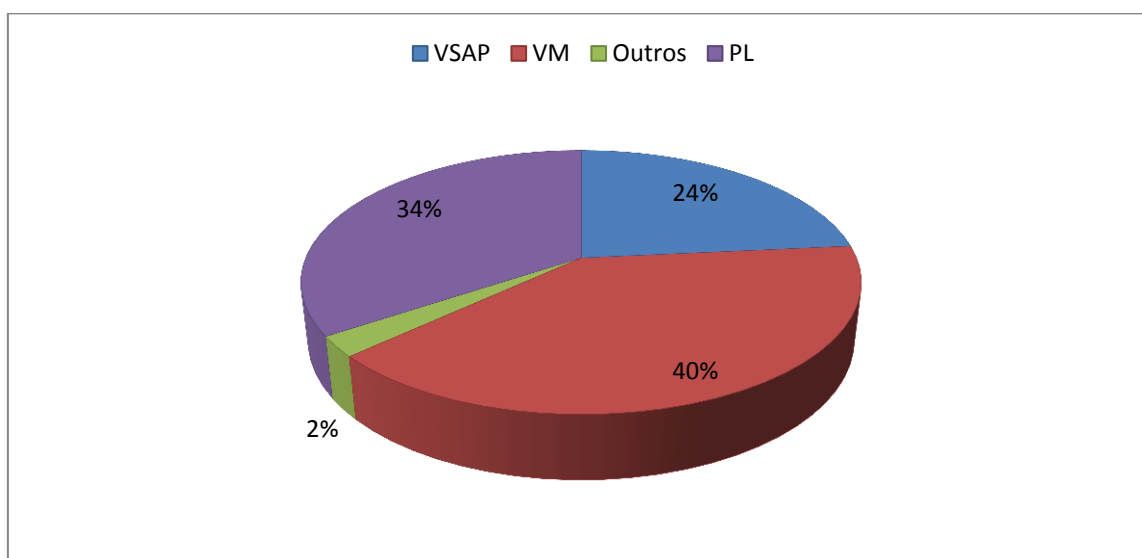
Na figura 5.5 é apresentado as diferentes tipologias de Zamora Sul:



**Fig. 5.5 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios de Zamora Sul**

Verificamos através do gráfico de Zamora Sul, que como o gráfico de Zamora Norte, a maioria da tipologia utilizada na IP é a lâmpada de VM, sendo superior nestes municípios, representando 90% da IP, ficando 5% de VSAP e 5% de outras tipologias. A semelhança do gráfico anterior, esta grande percentagem de VM significa que a IP não sofreu alteração durante muitos anos quanto as lâmpadas utilizadas. Os 5% de outras tipologias incluem lâmpadas halógenas, HM, indução e CFL.

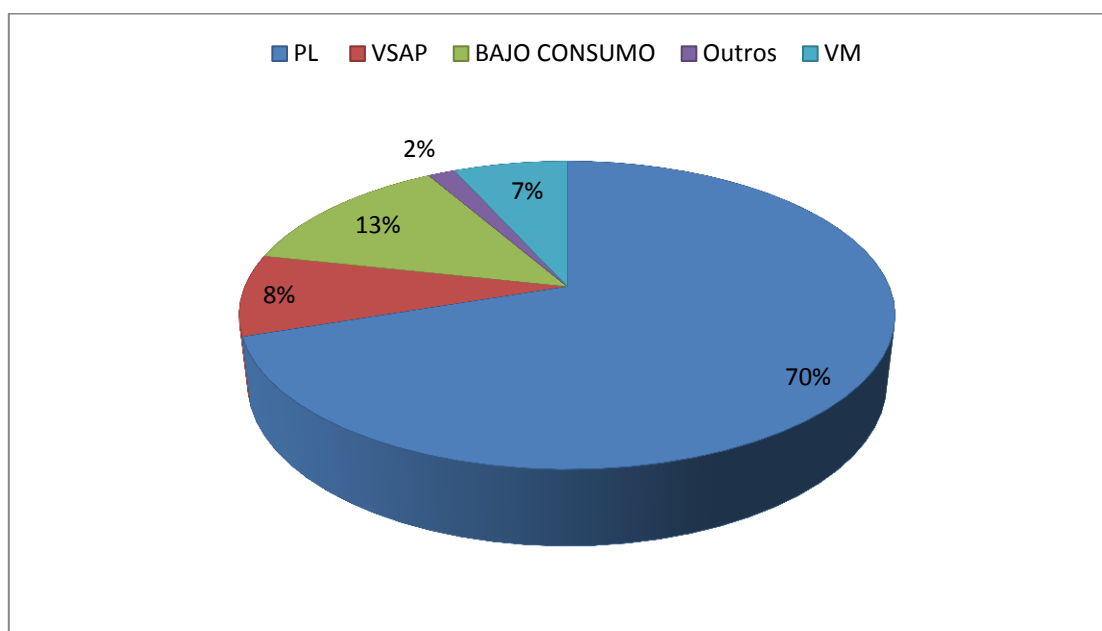
As figuras seguintes representam as tipologias, em percentagem, utilizadas na província de Salamanca:



**Fig. 5.6 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios de Salamanca Norte**

Nos municípios de Salamanca Norte verificamos uma maior variedade de tipologias de lâmpadas do que em Zamora. Ainda que a tipologia com maior percentagem seja a de VM, só representa 40%, sendo que 34% são de PL, uma tecnologia semelhante a lâmpada fluorescente, que não foi praticamente utilizada em Portugal mas foi implementada em algumas IPs de Espanha, e 24% de VSAP. Verificamos que os municípios de Salamanca Norte sofreram alterações na sua IP, contrariamente aos municípios de Zamora, em que foi implementado tecnologia mais eficiente como a PL e o VSAP. Ainda sobram 2% de outras tipologias que são de tipo halógena, HM e LED.

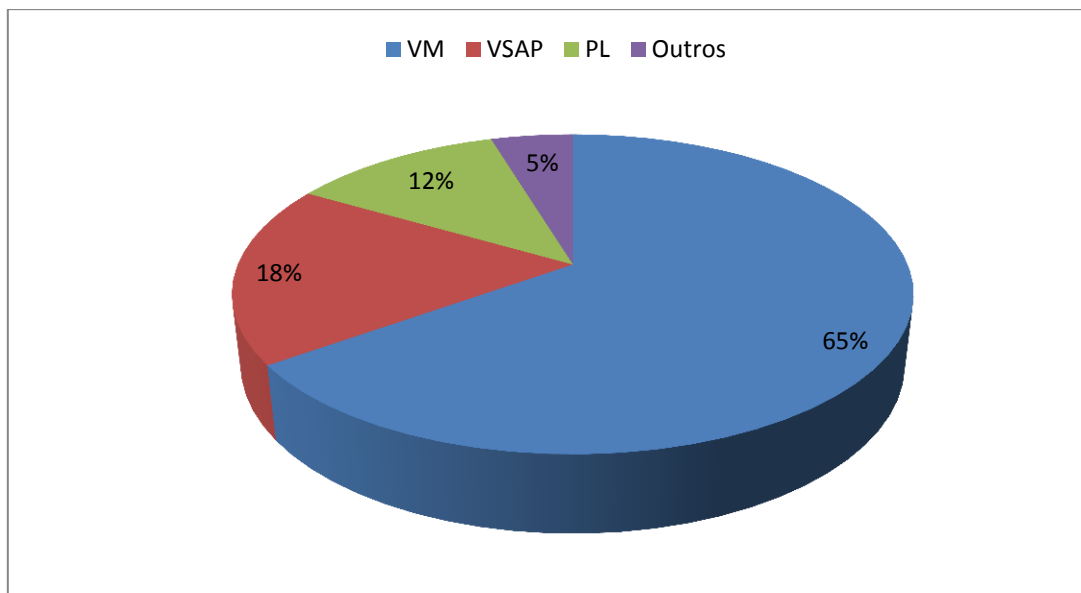
No gráfico seguinte apresenta-se a percentagem de tipologias utilizadas na IP nos municípios de Salamanca Sul:



**Fig. 5.7 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios de Salamanca Sul**

Em Salamanca Sul, verificamos que a composição da IP, quanto a tipologia de lâmpadas utilizadas, é diferente das outras estudadas. Nestes municípios, a IP é constituída por 70% de tecnologia PL, contrariando às tendências anteriores em que a maioria é de VM, a seguir de 13% de CFL, 8% de VSAP, 7% de VM e 2% de outras tipologias (halógenas e HM). Dos 4 grupos de municípios, este demonstra ser a mais sustentável por não utilizar quase nenhuma lâmpada VM e por toda a sua rede IP ser constituída, pela sua maioria, por tecnologia energeticamente mais eficiente.

Finalmente, apresenta-se o gráfico geral das tipologias de lâmpadas utilizadas nos municípios em estudo de Zamora e Salamanca:



**Fig. 5.8 - Percentagem das diferentes tipologias de lâmpadas registadas nos municípios em estudo de Zamora e Salamanca**

Conclui-se através deste gráfico que a tecnologia mais utilizada nas IPs dos municípios estudados das províncias de Zamora e Salamanca eram a de VM de alta pressão com 65%. As restantes tipologias eram 18% de VSAP, 12% PL e 5% de outras tipologias que foram identificadas nos gráficos anteriores. Conclui-se também, que as IPs desses municípios não eram eficientes, utilizando a tipologia menos eficiente de todas, a de VM. Através destas informações podemos prever que os municípios consumiam muita energia elétrica através de IPs não eficiente o que levava a facturas elétricas elevadas prejudicando o orçamento disponível dos municípios que, conseqüentemente, impedia o investimento para substituição das IPs. O máximo que conseguiam era alterar uma pequena parcela da IP, e por isso aparecem outras variedades de tipologias de lâmpadas nos municípios. Através dos outros gráficos, concluímos que Salamanca era a província com a IP mais eficiente, sendo Salamanca Sul o grupo pelo maior uso de tecnologia eficiente em termo de tipologias de lâmpadas.

## **5.2.2 – Balastros**

Os balastros são equipamentos que são responsáveis por iniciar a iluminação nas lâmpadas e manter estável a tensão nas lâmpadas. A maioria dos balastros do inventário é do tipo eletromagnético. A maior desvantagem deste sistema comparativamente ao eletrónico é que é menos eficiente por além de consumir mais energia reativa. No entanto, os balastros eletrónicos oferecem vantagens importantes como:

- 25% de eficiência no consumo de energia;
- Aumenta a vida da lâmpada até 40%;
- Geram menos calor pela sua temperatura de funcionamento ser mais baixa;
- Reduzem gastos de manutenção;
- Aumentem o conforto visual;
- São mais leves;
- Os modelos reguladores oferecem maior flexibilidade na iluminação.

Devido a estas vantagens proporcionadas, pelo balastro eletrónico, foi proposto a substituição dos balastros eletromagnéticos por balastros eletrónicos.

## **5.2.3 – Falhas e não conformidades**

As localidades demonstraram muitos problemas a nível de IP, tanto legais como técnicas. Uma grande parte da IP apresentava deficiência estrutural, como luminárias sem vidro ou com vidro partido, braços de suporte enferrujados ou danificados, condutores soltos sem proteção, quadros elétricos danificados e abertos ao público, etc. Também havia o incumprimento das normas de IP, nomeadamente a uniformidade da iluminação que se apresentava, como por exemplo em certos bicos, parques ou aforas da localidade, e mesmo zonas que não apresentavam qualquer tipo de iluminação. Daí surge a necessidade do projeto afim de:

- Melhorar do Serviço Público;
- Obter eficiência energética;
- Cumprir com as normativas;
- Redução de gastos económicos.

Nas imagens seguintes são apresentados exemplos da IP das localidades antes da regularização:



**Fig. 5.9 - Luminária partida - Boada**

A foto anterior é de uma luminária que aparece com o vidro partido na aldeia de Boada.



**Fig. 5.10 - Quadro elétrico sem nenhuma fechadura**

Ainda na aldeia de Boada, encontra-se os quadros elétricos sem nenhuma proteção e fechadura, sendo acessível a qualquer pessoa e representando um perigo para os mais jovens.



**Fig.5. 11 - Luminária suja - Vilvestre**

Esta luminária é um exemplo das más condições das luminárias nas localidades, em que a maioria, ou não tinha o vidro de proteção ou se encontravam sujas, que tem como consequência fraca luz e com isso fraca visibilidade.



**Fig. 5. 12- Globo com o vidro partido – Vilvestre**

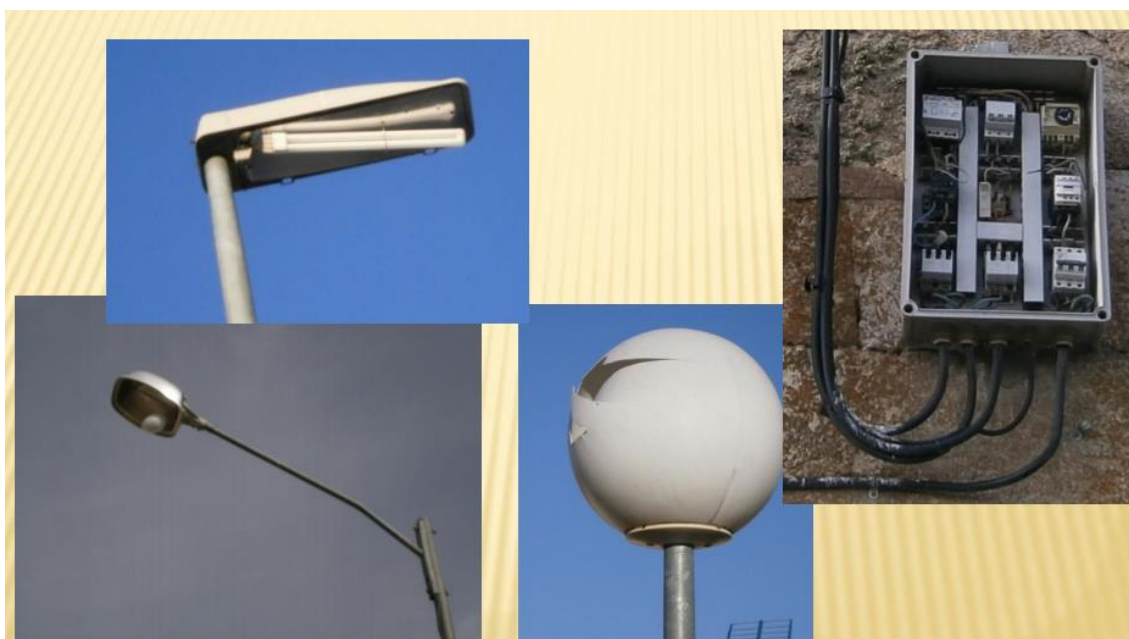
Nesta foto vemos um globo com o vidro partido e portanto impróprio para a sua função de iluminar o seu ambiente envolvente.



**Fig. 5.13 - Poste de luz com o sistema elétrico amostra – Alcanices**

Em Alcanices foram encontrados alguns postes de luz sem nenhum dispositivo luminoso e com o sistema elétrico à mostra, sendo um problema sério que pode provocar cortes de corrente e electrocuções.

Para finalizar esta apresentação de imagens, apresenta-se uma compilação de imagens que mostra alguns dos problemas mais graves encontrados nas IPs:



**Fig. 5.14 - Compilação de imagens de tecnologia deficiente ( AECT Duero-Douro)**

Verificamos através destas imagens o estado das luminárias de grande parte das localidades e mostrar a necessidade da sua substituição. As consequências destas iluminações obsoletas são graves, podendo provocar acidentes mortais como se pode constatar nos casos apontados pelo AECT.

#### **Acidentes - Casos 2014, Malhorca, Murcia e Galiza:**

- 32 de Agosto de 2014 – Um candeeiro causa a morte de um jovem de 18 anos em Bunyola (Malhorca)  
Razão – Péssimo estado de manutenção da instalação , sem fusível, cabos soltos, etc.
- 7 de Setembro de 2014 – Um rapaz de 13 anos sofre uma descarga elétrica ao tocar num candeeiro em Alcantarilha (Murcia)
- 14 de Setembro de 2014 – Morre uma menina de 14 anos em Santiago por electrocução ao tocar um candeeiro.

### **5.3 – Propostas de melhoria (situação atual)**

A tecnologia proposta para a melhoria da IP das localidades foi a tecnologia LED, que como vimos nos capítulos anteriores, é atualmente a melhor solução. A empresa responsável pelo projeto é a Elecnor S.A e estas foram as informações fornecidas quanto ao desenvolvimento do projeto:

- Tempo de duração do contrato oferecido: 15 anos.
- Redução no consumo energético: 5.149.775,59 kWh/ano
- Plano de execução P4: 9 meses
- Prestação P1 (Gestão Energética): 160.000,00€ + 33.600,00€ de I.V.A = 193.600,00€
- Prestação P2 (Manutenção): 509.902,75€ + 107.079,58€ de I.V.A = 616.982,33€
- Prestação P3 (Garantia Total): 46.000,00€ + 9.660,00 de I.V.A = 55.660,00€
- Prestação P4 (Obras de melhoras e renovação das Instalações): 4.433.603,00€ + 931.056,63€ de I.V.A = 5.364.659,63€
- Importe Total anual do Contrato (P1+P2+P3): 715.902,75€ + 150.339,58€ de I.V.A = 866.242,33

Segundo as informações da Elecnor S.A, no final do projeto será obtido uma redução de aproximadamente **5,15 GWh/ano** na IP. O investimento proposto de obras de renovação foi o seguinte: **P4 - 4.433.603,00€ + 21%IVA = 5.364.659,63€**

Para o desenvolvimento do projeto foram propostas medidas de eficiência energética em toda a IP que são as seguintes:

- Substituições dos balastos eletromagnéticos por balastos eletrônicos;
- Instalação de estabilizadores-redutores de fluxo no posto de transformação;
- Substituição dos interruptores crepusculares por interruptores horários astronómicos;
- Substituição das lâmpadas de VM e VSAP por LED;
- Instalação de um sistema de telegestão
- Substituição de luminária antigas. Inclui lâmpadas VSAP e balastos eletrônicos de duplo nível;
- Ajuste das tarifas de fornecimento.

### 5.3.1 – Lâmpadas e Luminárias

Neste ponto são apresentadas as soluções com tecnologia LED que substituiu a situação anterior:

#### TIPOLOGIA 1: NANO LED

- LUMINÁRIA: NANO - SOCELEC
- DRIVER: PHILIPS
- LED: CREE



Design: A. Galt

#### CARACTERÍSTICAS- LUMINARIA

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| Hermeticidad Bloque óptico: | IP66 (*)  |
| Resistencia a impactos:     | IK08 (**) |
| Tensión nominal:            | 230V-50Hz |
| Clase eléctrica:            | II (*)    |
| Peso (vacio):               | 2.7kg     |

(\*) Según norma CEI-EN 60598

(\*\*) Según norma CEI-EN 62262

## TIPOLOGIA 2: TECEO

- LUMINÁRIA: TECEO - SOCELEC
- DRIVER: PHILIPS
- LED: CREE



Diseño: Michel Tortel

### CARACTERÍSTICAS - LUMINARIA

|   |  |
|---|--|
| Hermeticidad bloque óptico:               | IP 66 <sup>(*)</sup>   |
| Hermeticidad compartimento de auxiliares: | IP 66 <sup>(*)</sup>   |
| Resistencia a los impactos (vidrio):      | IK 08 <sup>(**)</sup>  |
| Resistencia aerodinámica (CxS):           | Teceo 1 0,011 m <sup>2</sup><br>Teceo 2 0,014 m <sup>2</sup> |
| Tensión nominal:                          | 230 V - 50 Hz  |
| Clase eléctrica:                          | I ó II <sup>(*)</sup>  |
| Peso (completo):                          | Teceo 1 9,6 kg<br>Teceo 2 17,5 kg                            |
| Altura de instalación:                    | Teceo 1 4 - 8 m<br>Teceo 2 6 - 12 m                          |

## TIPOLOGIA 3: HAPILED

- LUMINÁRIA: HAPILED - SOCELEC
- DRIVER: PHILIPS
- LED: CREE



Diseño: Michel Tortel

### CARACTERÍSTICAS - LUMINARIAS

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Hermeticidad del bloque óptico: | IP 66 <sup>(*)</sup>  |
| Resistencia a los impactos PC:  | IK 10 <sup>(**)</sup>   |
| PMMA:                           | IK 06 <sup>(**)</sup>   |
| Resistencia aerodinámica (CxS): | 0,08 m <sup>2</sup>   |
| Tensión nominal:                | 230 V - 50 Hz   |
| Clase eléctrica:                | I ó II <sup>(*)</sup>   |
| Peso luminaria completa:        | 5kg   |
| Materiales:                     |   |
| Base y capó:                    | Aleación de aluminio inyectado pintado                                |
| Protector:                      | Polycarbonato SLX (anti-UV) o metacrilato                             |
| Color:                          | Grís AKZO 900 enarenado<br>Cualquier otro color RAL o AKZO a petición |

#### TIPOLOGIA 4: FAROL VILLA

- LUMINÁRIA: FAROL VILLA-LFH - SOCELEC
- DRIVER: PHILIPS
- LED: CREE



Para uma melhor compreensão da diferença de potências entre as tecnologias, segue o quadro que contém as substituições feitas por tipologia e potência. Os valores apresentados representam as equivalências de potência entre as duas tecnologias para obtenção do mesmo fluxo luminoso.

Tabela. 5.5 - Alterações de potência - Tecnologia tradicional vs Tecnologia atual (AECT Duero-Douro)

| PTENCIA ACTUAL |          | POTENCIA EN LED  |            |
|----------------|----------|--|------------|
| Tipo           | Potencia | Tipo   | Potencia   |
| VM             | 50 W     | Nano, Teceo, HapiLED: 16 LEDs@ 350mA 19w                     | 19 W       |
|                | 80 W     | Nano, Teceo, HapiLED: 16 LEDs@ 350mA 19w                     | 19 W       |
|                | 125 W    | Nano, Teceo, HapiLED: 16 LEDs@ 500mA 27w                     | 27 W       |
|                | 250 W    | Nano, Teceo, HapiLED: 32 LEDs@ 700mA 75w / 40 LED @500mA/65w | 75 W / 65W |
| HM             | 50 W     | Nano, Teceo, HapiLED: 16 LEDs@ 350mA 19w                     | 19 W       |
|                | 70 W     | Nano, Teceo, HapiLED: 16 LEDs@ 500mA 27w                     | 27 W       |
|                | 150 W    | Nano, Teceo, HapiLED: 24 LEDs@ 700mA 58w                     | 58 W       |
|                | 250 W    | Nano, Teceo, Neos: 40 LEDs@ 700mA 95w                        | 95 W       |
|                | 400 W    | Nano, Teceo, Neos: 64 LEDs@ 500mA 103w                       | 103 W      |
|                | 500 W    | Nano, Teceo, Neos: 64 LEDs@ 500mA 103w                       | 103 W      |
| VSAP           | 35 W     | Nano, Teceo, HapiLED: 16 LEDs@ 350mA 19w                     | 19 W       |
|                | 70 W     | Nano, Teceo, HapiLED: 16 LEDs@ 500mA 27w                     | 27 W       |
|                | 100 W    | Nano, Teceo, HapiLED, Neos: 24 LEDs@ 500mA 41w               | 41 W       |
|                | 150 W    | Nano, Teceo, HapiLED, Neos: 24 LEDs@ 700mA 58w               | 58 W       |
|                | 250 W    | Nano, Teceo, Neos: 40 LEDs@ 700mA 95w                        | 95 W       |
| HAL            | 150 W    | Nano, Teceo: 24 LEDs@ 700mA 58w                              | 58 W       |
| PL             | 18 W     | Nano, Teceo, HapiLED, Neos: 16 LEDs@ 350mA 19w               | 19 W       |
|                | 36 W     | Nano, Teceo, HapiLED, Neos: 16 LEDs@ 350mA 19w               | 19 W       |
|                | 22 W     | Nano, Teceo, HapiLED, Neos: 16 LEDs@ 350mA 19w               | 19 W       |
| BC             | 35 W     | Nano, Teceo: 16 LEDs@ 350mA 19w                              | 19 W       |
|                | 50 W     | Nano, Teceo: 16 LEDs@ 350mA 19w                              | 19 W       |
|                | 70 W     | Nano, Teceo: 16 LEDs@ 350mA 19w                              | 19 W       |
|                | 50 W     | Nano, Teceo: 16 LEDs@ 500mA 27w                              | 27 W       |
| FLU            | 58 W     | Nano, Teceo: 16 LEDs@ 500mA 27w                              | 27 W       |
| INCANDESCENTE  | 100 W    | Nano, Teceo: 16 LEDs@ 350mA 19w                              | 19 W       |

Como é demonstrado nesta tabela, as potências da tecnologia atual são muito inferiores às da tecnologia que foram substituídas, o que irá proporcionar um menor consumo energético.

### 5.3.2 - Telegestão

A implementação de controlo à distância – Telegestão – visa o controlo sobre a eficiência energética, a diminuição do consumo energético e as emissões de GEE na Iluminação Pública.

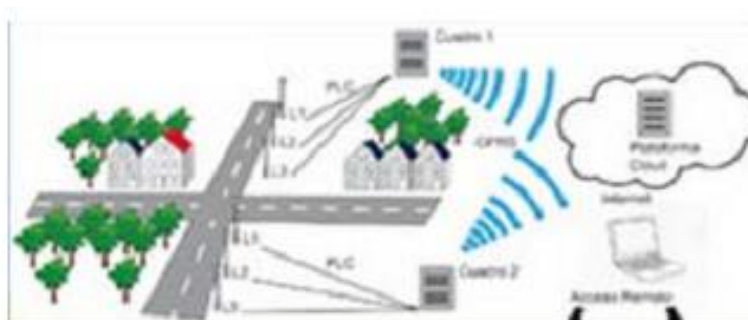


Fig. 5.15 - Sistema de telegestão Enersonne

O sistema implementado neste projeto foi desenvolvido pela Enersonne, com ajuda de empresas colaboradoras, como a Elecnor S.A, para a gestão energética das IPs. O sistema toma medidas energéticas e transmite, via GPRS, a uma base de dados central, os valores para a sua análise. Também se pode controlar a ativação/desativação direta dos contadores que controlam o funcionamento da IP, assim como configurações das funções de funcionamento como as tabelas astronómicas.

Ainda tem um duplo sistema de avisos ou alarmes que identificam situações extraordinárias de funcionamento que podem originar avarias e envia-las, se necessário, aos destinatários indicados via e-mail. Estes alarmes podem ser do tipo imediato, como por exemplo a saída da alimentação do quadro, ou do tipo analítico, como baixa de consumo ou sobre consumos relativos a um perfil teórico determinado. Estas avarias

baseiam-se em análises de horários de consumos e o seu envio não é imediato já que depende da receção de dados suficientes para realizar diagnósticos.

Os três passos importantes são o Controlo, a Monitorização e o Seguimento, em que com este sistema, é possível um controlo instantâneo, sobre o estado dos componentes da instalação da IP exterior, e como otimizar o seu funcionamento.

Vantagens do sistema de controlo à distância de Elecnor:

- Criação de gráficos e relatórios com dados de consumo histórico e instantâneo para cada quadro elétrico ou conjunto de quadros;
- Monitorização da eficiência obtida;
- Detecção de falhos em lâmpadas e informação ao pessoal técnico de manutenção;
- Melhor qualidade no serviço público;
- Identificação de ligações não autorizados na rede elétrica;
- Arquitetura aberta e independente do fabricante;
- Seguimento e controlo do bom funcionamento dos meios disponíveis para a eficiência energética (reguladores, controlo de acesos e interruptores.)

Os Gráficos que são produzidos pelo serviço de Telegestão são:

- Gráfico de potências;
- Gráfico de consumo energético horário;
- Gráfico de consumo energético diário;
- Gráfico de consumo energético diário/mensal;
- Gráfico de Tensão;
- Gráfico de entradas.

## 5.4 – Análise de resultados

No caso de estudo, aqui apresentado, foram analisados 42 municípios de Zamora e Salamanca nomeadamente os seguintes:

- **Zamora Norte** (Alcanices, Carbajales de Alba, Ferrerueta de Tabara, Fonfria, Hermisende, Lubián, Malva, Manzanal de Arriba, Montamarta, Pías, Pino del Oro, Rabanales, Rabano de Aliste, Requejos, Riofrio de Aliste, Samir de los Caños, San Pedro de la Nave-Almendra, Videmala, Vilardeciervos,Viñas de Aliste);
- **Zamora Sul** (Almaraz del Duero, Almeida de Sayago, Bermillo de Sayago, Carbellino de Sayago, Fuentespreadas, Mayalde, Roelos de Sayago, Villalcampo, Villaseco del Pan);
- **Salamanca Norte** (Boada, El Manzano, Mieza, Monleras Saldeana, Villasbuenas, Villaseco de los Gamitos, Vilvestre);
- **Salamanca Sul** (Agallas, Gallegos de Argañan, Herguijuela de Ciudad Rodrigo, Morasverdes, Peñaparda)

Os indicadores utilizados para a comparação foram os seguintes:

- **Potência instalada (kW)** – através dos inventários disponibilizados pelo AECT Duero-Douro, foram obtidos os dados das tipologias e das potências instaladas de cada ponto de luz para no final obter a potência instalada na IP da localidade;
- **Consumo (kWh/ano)** – A IP anterior foi calculada pela média da soma das faturas de um ano a fim de obter o consumo anual. A IP atual foi calculada com a potência instalada multiplicada pela percentagem de perdas do balastro e por 4120h, correspondente às horas de funcionamento. O valor da perda considerado para um balastro eletrónico é de 5% e para um balastro eletromagnético é de 15% ou 20% dependendo da potência da lâmpada;
- **Custos (€)** – Os custos da IP anterior também foram calculados pela média da soma das faturas de um ano. Na IP atual foi calculado pelo produto entre o consumo energético e o preço do kWh. Assume-se o custo de energia de 2016 da Iberdrola que é 0,134 €/kWh;

- Emissões de CO<sub>2e</sub> – As emissões de gases foram calculadas através do produto do valor indicado nas fichas técnicas do Agrupamento, que é de 0,649 kgCO<sub>2e</sub>/kWh, e o consumo energético.

O processo de análise foi primeiramente compilar todos os dados fornecidos da instalação anterior dos vários municípios numa tabela a fim de criar os respetivos gráficos para cada indicador. Depois compilar a informação dos modelos e potências instalada da tecnologia LED na instalação atual e calcular os vários outros indicadores e foram elaborados os respetivos gráficos. Finalmente, cruzar os dados das tabelas para cada indicador a fim de obter uma comparação entre os dados e retirar as respetivas conclusões. As tabelas criadas com os valores utilizados para os gráficos encontram-se no Anexo 12 e 13 para consulta.

### 5.4.1-Consumos de energia

Os primeiros indicadores a serem analisados são a potência instalada, em kW, e o consumo energético, em kWh/ano. No gráfico seguinte apresentam-se os dados da Potência Instalada nos municípios em estudo, antes e depois:

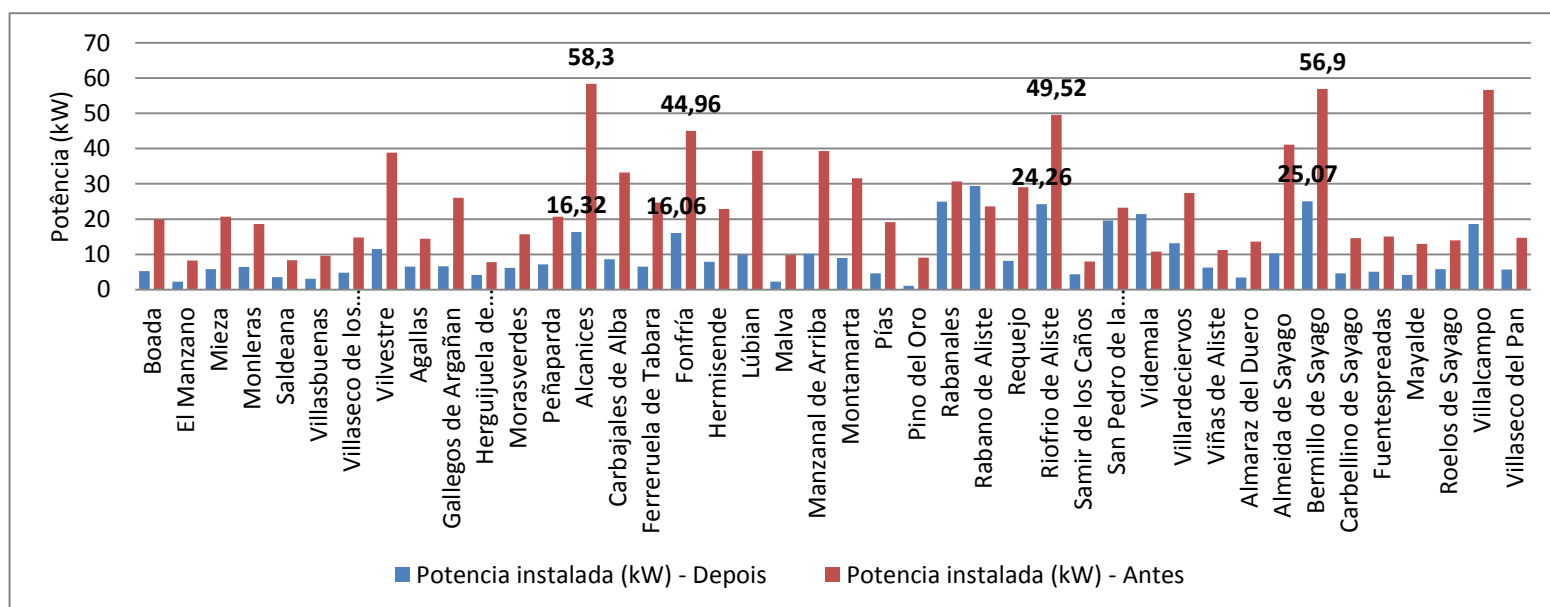


Fig. 5.16 - Potência Instalada - Antes vs Potência Instalada - Depois

É possível verificar que a Potência Instalada – Depois é muito menor do que a Potência Instalada – Antes, isto devido à tecnologia atual ser de potência muito inferior como foi confirmado pela tabela das alterações de potência apresentado anteriormente.

Dependendo da localidade em questão, pode-se constatar uma maior ou menor diferença positiva dessa alteração. Isso deve-se ao facto de que algumas localidades tinham falta de iluminação, e que muitos locais nem sequer tinham iluminação instalada, ou tinham problemas de uniformidade. No sentido de resolver essa situação foram adicionadas pontos de luz ao sistema de IP, levando ao aumento de potência instalada, mas permitindo que a localidade ficasse devidamente iluminada. Rabano de Aliste e Videmala são os únicos municípios em que a Potência Instalada - Depois é superior a Potência Instalada - Antes, e isso deve-se à situação referida onde foram adicionados pontos de luz em vários locais das localidades dos municípios. Estes municípios também eram os municípios que tinham a IP mais eficiente, em que a sua maioria era constituída por VSAP. Como a Potência Instalada – Depois tem em análise mais pontos de luz que a Potência Instalada – Antes, esta é superior.

Para a análise dos gráficos recorreu-se quatro localidades – Alcanices, Riofrio de Aliste, Bermillo de Sayago e Foinfria – por serem as localidades de maior dimensão e portanto com redes de IP maior. Assim, é possível uma melhor análise dos valores em questão. No caso das potências instaladas, Alcanices obteve a maior redução com uma diferença de **72%** (58,3 kW vs 16,32 kW), Fonfria verificou uma diminuição no valor de **64%** (16,06 kW vs. 44,96 kW), Riofrio de Aliste obteve uma redução de **51%** (49,52 kW vs. 24,26 kW) e finalmente Bermillo de Sayago atingiu **56%** de redução de potência instalada (25,07 kW vs 56,9 kW). As diminuições são notórias, e este indicador é o nosso ponto de partida para avaliar os próximos parâmetros, em que podemos concluir desde já que irão ser positivos.

Depois da análise da Potência Instalada, será então possível proceder a análise dos Consumos Energéticos. Nos Consumo Energéticos – Antes foram calculadas com a soma das faturas de 12 meses (1 ano) disponibilizadas pelos municípios do AECT Duero-Douro. O Consumo energético – Depois foi calculada através do produto da Potência Instalada pelo consumo do balastro eletrónico de 5% (1,05) e pelo número de horas da IP num ano, que foi considerado o valor de 4120 horas, sendo este valor o que está registado nas auditorias do AECT Duero-Douro como o número de horas mínimo obrigatórias que tem que estar a IP funcional. Na Fig. 5.17 estão registadas as comparações dos Consumos energéticos:

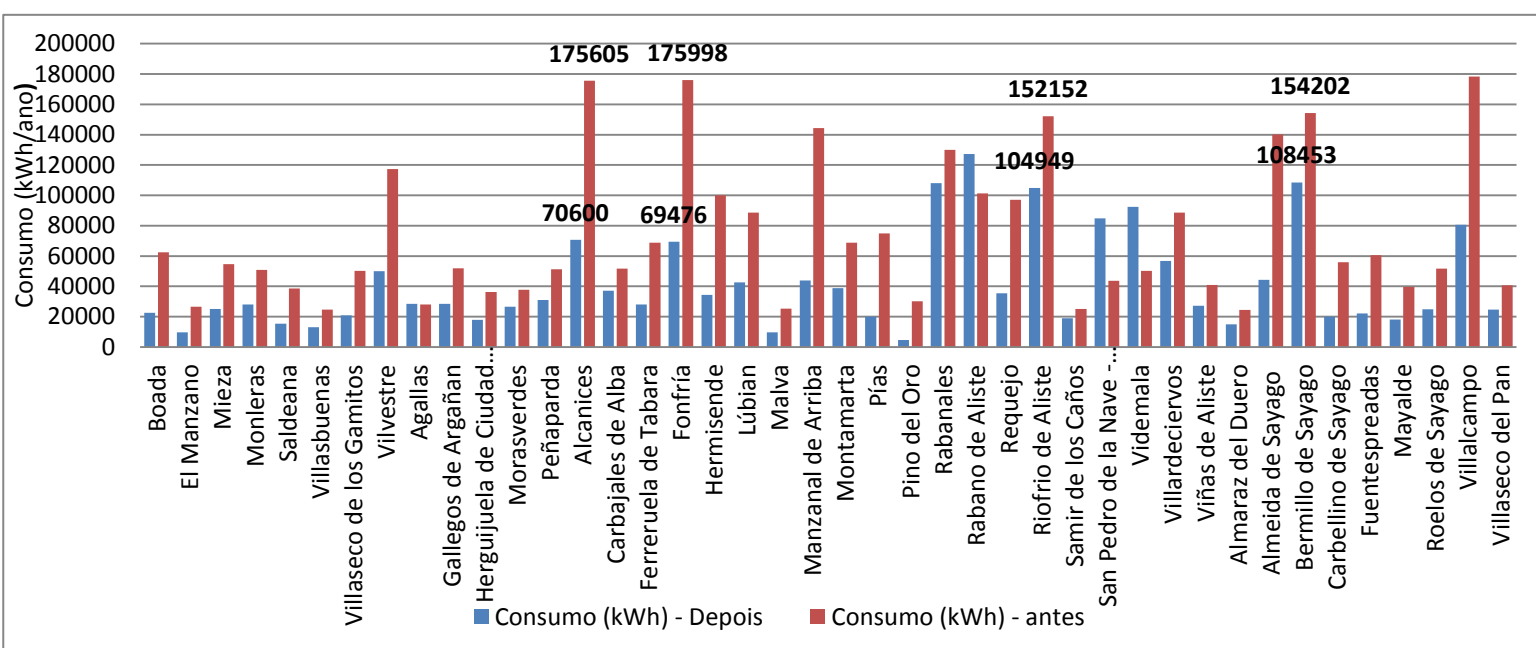


Fig. 5.17 - Consumo Energético - antes vs Consumo Energético - Depois

No gráfico comparativo de Consumos Energéticos, a diminuição é notória e muito relevante para os municípios. Um dos principais objetivos do projeto, e com o qual os municípios mais se interessavam, era sobre a diminuição dos consumos energéticos, que levará depois à redução dos custos, como forma de resolver em parte um dos problemas que mais afeta os municípios.

Para a análise dos gráficos vai-se considerar as quatro localidades anteriormente referidas. As conclusões da diminuição no consumo são as seguintes:

- Alcanices – Diminuição no Consumo (kWh/ano) em **60%** (70600 kWh/ano vs 175605 kWh/ano);
- Fonfria – Diminuição no Consumo (kWh/ano) em **60%** (69476 kWh/ano vs 175998 kWh/ano);
- Riofrio de Aliste – Diminuição no Consumo (kWh/ano) em **30%** (104949 kWh/ano vs 152152 kWh/ano);
- Bermillo de Sayago - Diminuição no Consumo (kWh/ano) em **30%** (108453 kWh/ano vs 154102 kWh/ano);

Com a diminuição das potências instaladas, foram obtidas umas reduções no consumo energético satisfatórias. Também a diminuição do consumo energético deve-se à substituição do balastro eletromagnético (consumo de 15% e 20%) pelo balastro eletrónico (consumo de 5%).

## **5.4.2 – Impacte Ambiental**

Depois da análise dos consumos energéticos far-se-á a abordagem às emissões de CO<sub>2e</sub> equivalente (CO<sub>2e</sub>) e do impacte ambiental que estas têm em termos de alterações climáticas. Como foi explicado nos capítulos anteriores, a instalação IP tradicional tinha aspetos negativos para ambiente, os ecossistemas e até para os seres, e grande parte pelo seu conteúdo de mercúrio e pelas emissões de gases. As emissões de CO<sub>2e</sub> são resultantes da transformação de energia na produção correspondente à energia consumida pela IP, nomeadamente em centrais elétricas com combustíveis fósseis.

Para determinar as emissões de CO<sub>2e</sub> de ambas as situações, foi utilizado o fator de emissões de **0,649kg CO<sub>2e</sub> /kWh**, que é o valor indicado nas fichas técnicas sobre as emissões do AECT Duero – Douro que se encontra no Anexo 9. O Gráfico 5.8 representa as emissões de CO<sub>2e</sub> libertada em ambas as situações:

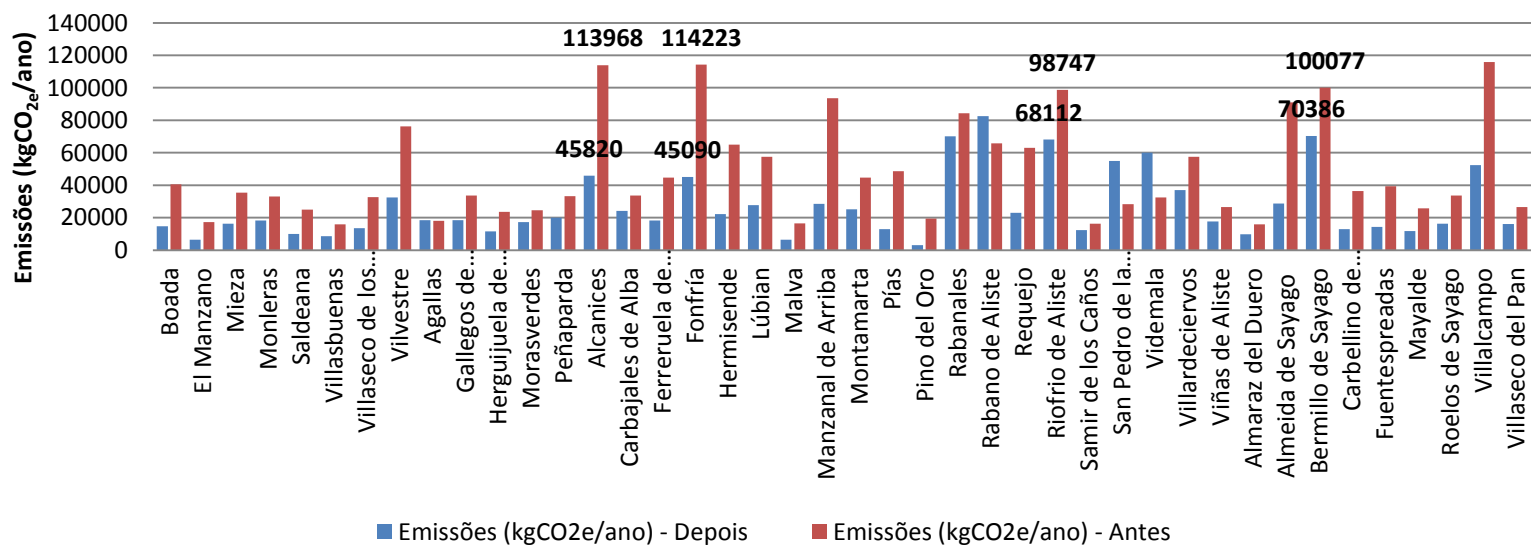


Fig. 51.8 - Emissões de CO<sub>2e</sub> - Antes vs Emissões de CO<sub>2e</sub> - Depois

Como se pode verificar, as diminuições de emissões de CO<sub>2e</sub> estão diretamente relacionadas com os valores do consumo energético, as reduções de CO<sub>2e</sub> acompanham a redução do consumo, ou seja, as percentagens de redução das emissões de CO<sub>2e</sub> vão ser idênticas, usando como exemplo as 5 localidades escolhidas anteriormente:

- Alcanices obteve uma redução de **60%** nas emissões de CO<sub>2e</sub> (45820 kg CO<sub>2e</sub>/ano vs 113966 kg CO<sub>2e</sub>/ano);
- Fonfria obteve uma redução de **60%** nas emissões de CO<sub>2e</sub> (45090 kg CO<sub>2e</sub>/ano vs 114223 kg CO<sub>2e</sub>/ano);
- Riofrio de Aliste obteve uma redução de **30%** nas emissões de CO<sub>2e</sub> (68112 kg CO<sub>2e</sub>/ano vs 98747 kg CO<sub>2e</sub>/ano);
- Bermillo de Sayago obteve uma redução de **30%** nas emissões de CO<sub>2e</sub> (70386 kg CO<sub>2e</sub>/ano vs 100077 kg CO<sub>2e</sub>/ano);

Pode ainda calcular-se a diferença dos valores entre as duas situações para averiguar a diminuição das emissões nas localidades. Nas localidades usadas como exemplo, a IP de Alcanices vai emitir menos 68146 kg CO<sub>2e</sub>/ano por ano, Fonfria vai emitir menos 69133 kg CO<sub>2e</sub>/ano, Riofrio de Aliste vai emitir menos 30635 kg CO<sub>2e</sub>/ano e Bermillo de Sayago vai reduzir a sua emissão em 29631 kg CO<sub>2e</sub>/ano. Conclui-se que as instalações atuais são benéficas para o ambiente quanto a grande diminuição proporcionada das emissões de CO<sub>2e</sub> na sua utilização.

### 5.4.3 – Viabilidade económica

O último indicador a ser analisado é o custo (€) para determinar a viabilidade económica da utilização desta IP e se é sustentável para os municípios. Este é um indicador essencial visto que o grande problema pela má qualidade das instalações de IP anteriores era por causa dos custos elevados associados às mesmas, fazendo com que os municípios não tivessem possibilidades de a poder substituir ou manter.

A Fig. 5.19 demonstra a diferença dos custos elétricos anuais, em que para a instalação anterior foram determinados através da soma das faturas de um ano disponibilizado pelo AECT, e das instalações atuais foram calculadas utilizando o valor da Iberdrola do ano 2016 que é 0,134€/kW.

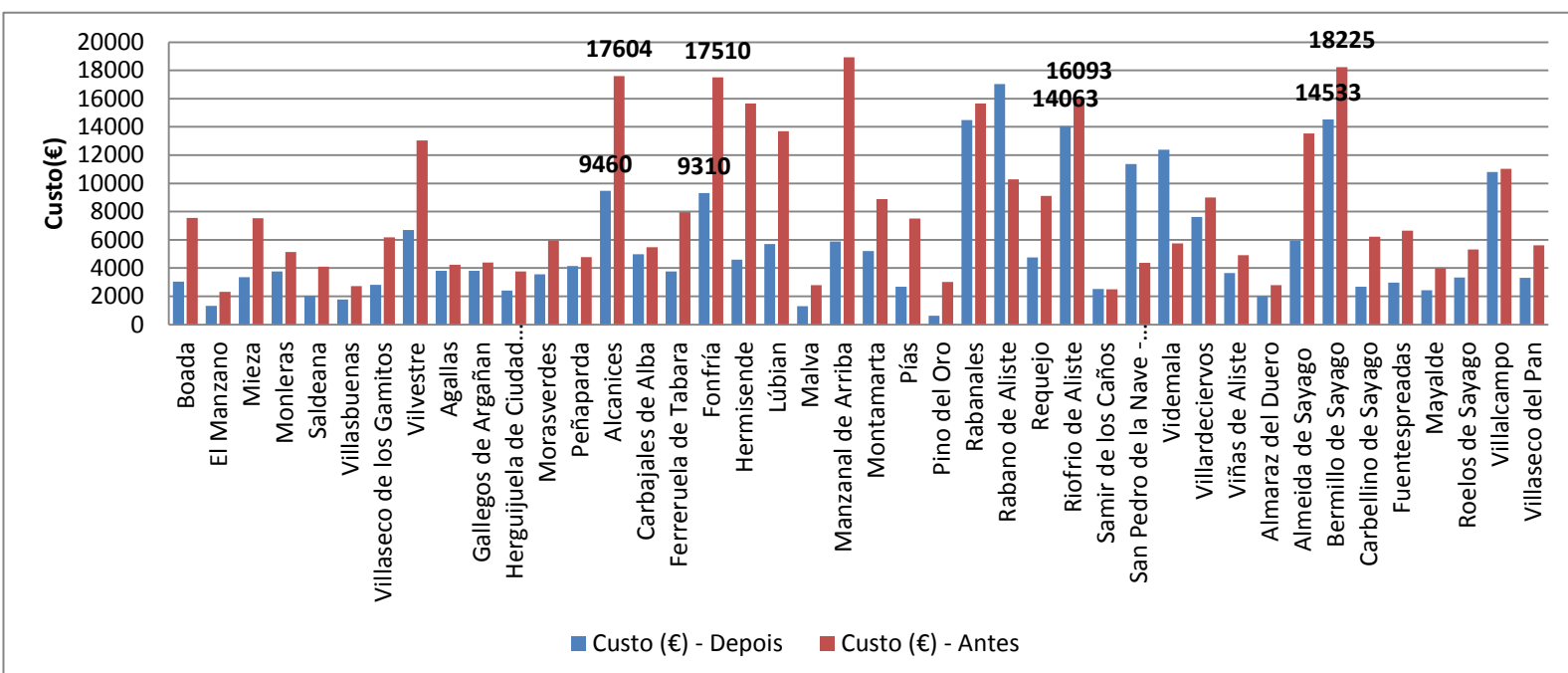


Fig. 5.19 - Custos - Antes vs Custos - Depois

Utilizando as mesmas localidades de exemplo, será mostrada a redução dos custos energéticos:

- Alcanices – Diminuição de 46% de custos (9460 €/ano vs 17604 €/ano);
- Fronfria – Diminuição de 46% de custos (9310 €/ano vs 17510 €/ano);
- Riofrio de Aliste - Diminuição de 13% de custos (14063 €/ano vs 16093 €/ano);
- Bermillo de Sayago - Diminuição de 20% de custos (14533 €/ano vs 18225 €/ano);

Com estes resultados podemos concluir que uma IP eficiente diminui os gastos elétricos excessivos resultantes da tecnologia tradicional. A vantagem é visível e positiva.

#### 5.4.4 – Conclusão da Análise de Dados

Através da análise efetuada, conseguimos concluir que a instalação atual é muito mais vantajosa, tanto a nível energético, como a nível económico e ambiental, no sentido em que as emissões de gases de estufa são diminuídas.

Para uma melhor compreensão dos resultados, apresentam-se no gráfico da Fig. 5.20 os indicadores estudados de todos os municípios referentes à instalação anterior e à atual.

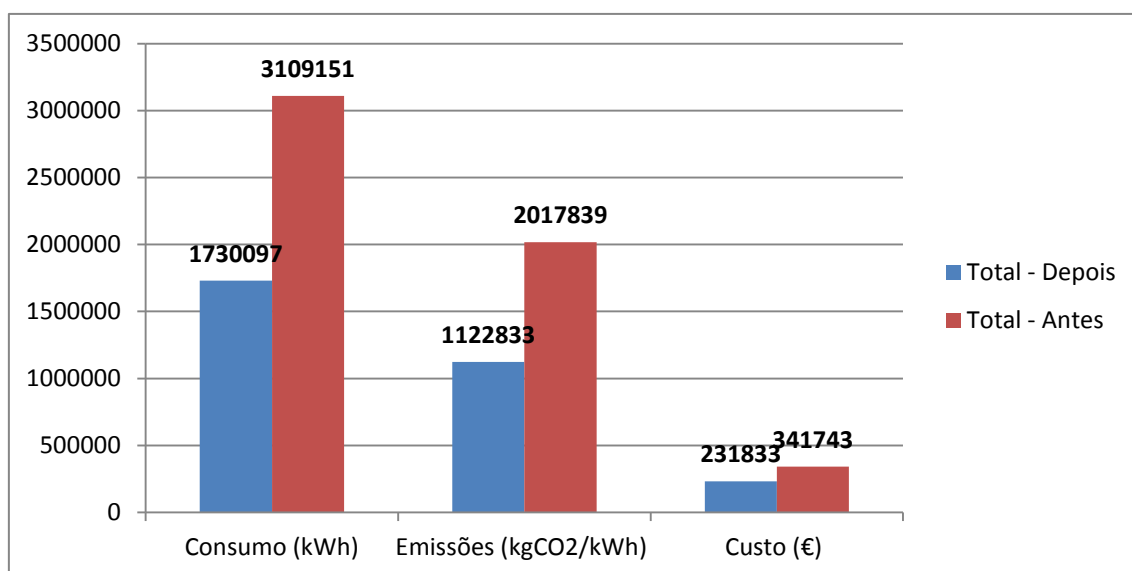


Fig. 5.20 – Total Antes vs Total Depois

Podemos concluir através deste gráfico que as reduções são visíveis e muito importante para determinarmos a média de poupança obtido para cada indicador:

- **Potência instalada (kW)** – A potência total instalada na instalação anterior foi de 1.008,8 kW e na instalação atual será instalada uma potência total de 399,9 kW, resultando numa diminuição de potência instalada em **60%** (os dados totais da Potência Instalada não foram inseridos neste gráfico por ter valores muito baixos comparados aos restantes, mas encontram-se no Anexo 10 na tabela dos totais);
- **Consumo (kWh/ano)** – O total do consumo da instalação antiga era de 3.109 MWh/ano, atualmente o consumo previsto é de 1.730 MWh/ano o que corresponde a uma redução de **45%** de consumo energético;
- **Emissões (tCO<sub>2e</sub>/ano)** – O total de emissões da instalação antiga é de 2.017,8 tCO<sub>2e</sub>/ano, enquanto que as emissões previstas são de 1.122,8 tCO<sub>2e</sub>/ano o que corresponde a uma diminuição de **45%**;
- **Custos (€/ano)** – Os custos da instalação anterior eram de 341.743 €/ano e atualmente está previsto um gasto anual de 231.833 €/ano obtendo-se uma redução nos gastos elétricos de **32%**.

#### 5.4.5 – Legalização

Depois de todo o desenvolvimento do projeto, a AECT Duero-Douro em conjunto com a empresa responsável Elecnor S.A tem a obrigação de fazerem cumprir as normativas e legalidades aplicáveis a IP.

A AECT é constituída atualmente por 125 localidades de Salamanca e Zamora que fazem parte deste projeto. A 30 de setembro de 2014, todas elas se encontravam legalizadas e o processo foi o seguinte:

- Elaboração de documentação técnica que define as características da instalação;
- Obras de renovação das instalações de IP do CCE do AECT Duero-Douro, por uma Empresa instaladora autorizada;
- Realização das verificações pertinentes;
- Emissão do certificado de instalação, onde consta que foi realizado conforme está estabelecido no Regulamento e as suas ITC;

As Inspeções que as instalações do CCE AECT Duero-Douro são sujeitas devem ser efetuadas por uma Instaladora Autorizada, já que todas elas têm uma potência instalada superior a 5kW:

- Segundo o Regulamento Eletrotécnico de Baixa Tensão (RD 842/2002) – Verificações periódicas a cada 5 anos das instalações elétricas;
- Segundo o Regulamento de Eficiência energética (RD 1890/2009) – Verificações a cada 5 anos de eficiência energética

Caso não seja cumprido todas as normas da IP, as entidades responsáveis podem estar sujeitas às respetivas sanções. As infrações e respetivas sanções são as seguintes:

- a) Infrações leves – multa até 3.000,00€;
- b) Infração graves – multa desde 3.000,00€ até 90.000,00€;
- c) Infrações muito graves – multa desde 90.000,00€ até 600.000,00€

O AECT Duero-Douro zela pelo cumprimento de todas as normas de IP e pelo melhor funcionamento possível das mesmas, para manter a qualidade, eficácia e segurança nas localidades pertencentes ao projeto. A seguir são apresentadas as imagens da IP disponibilizada pelo AECT, depois da implementação do projeto e da respetiva legalização.



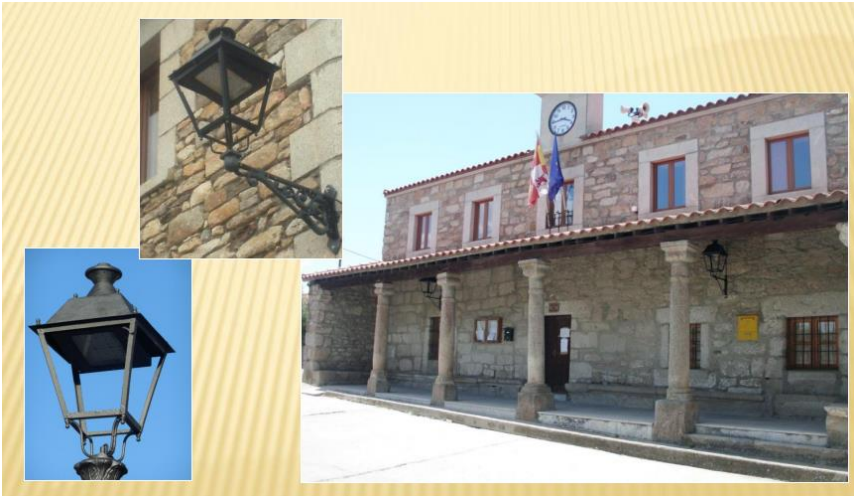
**Fig. 5.21 - Luminárias LED da Iluminação Pública depois do Projeto**



**Fig. 5.22 - Luminárias LED e quadros elétricos substituídos**



**Fig. 5.23 - Projetores LED para a iluminação ornamental e pública**



**Fig. 5.24 - Luminárias LED**

# Capítulo 6

## Conclusão

Na nossa sociedade atual, torna-se cada vez mais evidente a necessidade de diminuir o consumo de energia, nomeadamente a elétrica, devido ao seu uso abusivo através dos vários equipamentos elétricos que temos ao nosso dispor. A UE impôs objetivos aos seus EMs, no sentido de promover a sustentabilidade e eficiência energética, que passam pela utilização de soluções energeticamente e economicamente mais viáveis, como também que contribuam para a diminuição de emissões de GEE para a atmosfera.

Quanto ao consumo energético da IP, Portugal está no bom caminho, apresentando descidas significativas do consumo energético, ao contrário de Espanha que têm vindo a reduzir muito pouco o seu consumo. A nível europeu, Portugal está muito bem posicionado no que diz respeito a produção de energia primária através de FER, mas tanto Portugal como Espanha tem de fazer mais esforços para atingir as metas europeias até 2020.

Através desta dissertação, sensibiliza-se para a utilização racional da energia e consciencialização dos cidadãos para a importância e impacte das suas atitudes e comportamentos. O facto de se optar por componentes que consumam menos energia, como é o caso de estudo neste documento, é imperativo visto que é uma área em que o cidadão pode ter uma contribuição directa. O consumo de um habitante pode não parecer relevante, mas essa ideia muda totalmente, quando a análise passa para uma escala nacional.

Através da análise feita das tipologias de lâmpadas, conclui-se que a tecnologia LED é atualmente a tecnologia mais vantajosa, económica, eficaz e amiga do ambiente para os sistemas de IP.

A iluminação de ruas e estradas é necessária para garantir a segurança para o público em geral e para os serviços públicos. Atualmente sabemos que é possível adaptar a iluminação pública às necessidades de cada utilizador e de cada momento. Um sistema de gestão de iluminação adequado para as necessidades dos utilizadores também pode alcançar as poupanças financeiras exigidas pelas autoridades públicas.

Simplesmente desligar os equipamentos existentes não é a solução a longo prazo. O progresso tecnológico oferece a possibilidade de, neste período de crise económica, conseguir poupanças estruturais no sector da iluminação pública.

Também se conclui neste documento que para atingir a otimização desejada de um projeto de IP é obrigatório o seu enquadramento com as características do local em estudo e tem que obedecer à legislação aplicável.

Com o meu estágio realizado no AECT Duero-Douro, tive a oportunidade de acompanhar o projeto de "Eficiência Energética na Iluminação Pública Exterior do Centro Consumidor de Energia AECT Duero-Douro", que serviu para o meu caso de estudo nesta dissertação sobre a vantagem de uma IP eficiente.

Através da análise de dados, foi possível concluir que um sistema de IP eficiente é muito vantajoso, tanto para o ambiente, em que o consumo elétrico e as emissões de GEE são reduzidos entre 30% e 60%, como também para os vários municípios, reduzindo o custo de 15% a 50%, resolvendo a parte dos problemas dos municípios associados aos gastos excessivos na IP.

Com isto espero ter aberto oportunidades para trabalhos futuros, no âmbito da melhoria da eficiência da iluminação pública e sustentabilidade energética.

# Glossário/Definições

- 1) **Energia** - todas as formas de produtos energéticos, combustíveis, calor, energia renovável, eletricidade ou qualquer outra forma de energia, definidas no artigo 2.o, alíneas d), do Regulamento (CE) n.o 1099/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de outubro de 2008, relativo às estatísticas da energia (1);
- 2) **Consumo de energia primária** - o consumo interno bruto, excluindo as utilizações não energéticas;
- 3) **Consumo de energia final** - toda a energia fornecida à indústria, transportes, agregados familiares, serviços e agricultura, com exceção dos fornecimentos ao sector da transformação de energia e às indústrias da energia propriamente ditas;
- 4) **Eficiência energética** - o rácio entre o resultado em termos do desempenho, serviços, bens ou energia gerados e a energia utilizada para o efeito;
- 5) **Melhoria da eficiência energética** - o aumento de eficiência energética resultante de mudanças tecnológicas, comportamentais e/ou económicas;
- 6) **Serviço energético** - os benefícios tangíveis, a utilidade ou as vantagens resultantes de uma combinação de energia com tecnologias e/ou ações energeticamente eficientes – incluindo as operações, a manutenção e o controlo necessários para a prestação do serviço – que seja realizado com base num contrato e que, em condições normais, tenha dado provas de conduzir a uma melhoria verificável e mensurável ou estimável da eficiência energética ou da economia de energia primária;
- 7) **Fonte de Energia Renovável** - Fonte de energia não fóssil e não mineral, renovável a partir dos ciclos naturais. As fontes de energia renováveis incluem a biomassa, a energia hidráulica, a energia geotérmica, a energia eólica e a energia solar.
- 8) **Produção de Energia Primária** - A produção de energia primária inclui a obtenção de energia a partir de recursos naturais, como é o caso da extração de carvão, de petróleo, de gás natural e da operação de barragens. Qualquer tipo de extração de produtos energéticos a partir de fontes naturais para obter uma forma utilizável. A produção primária ocorre quando são exploradas fontes naturais, por exemplo, em minas de carvão, campos petrolíferos, centrais hidroelétricas ou fabrico de biocombustíveis. Não se considera produção primária a

transformação de energia de uma forma em outra, como a geração de eletricidade ou de calor em centrais térmicas, ou a produção de coque em fornos de coque. (Eurostat)

- 9) **Dióxido de Carbono Equivalente (CO<sub>2e</sub>)** – É a redução das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), mas também das emissões dos outros gases do efeito estufa: metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), perfluorcarbonetos (PFCs), hidrofluorcarbonetos (HFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).
- 10) **Rendimento Luminoso** - Indica o quociente entre o fluxo luminoso emitido pela lâmpada e a potência eléctrica absorvida. Exprime-se em lm/W (lumen/Watt).
- 11) **Restituição de Cores** – Indica a capacidade de uma fonte luminosa restituir fielmente as cores de um objecto ou de uma superfície iluminada. É expressa por um índice chamado “índice de restituição de cores” (IRC). Este índice vem expresso por um número compreendido entre 0 e 100.

# Referências

ADENE – Agência para a energia. Disponível em <http://www.adene.pt/>. Acesso em 28 de Maio de 2016.

Agência Europeia do Ambiente. Disponível em <http://www.eea.europa.eu/pt>. Acesso em Agosto de 2016

*Agrupación Europea de Cooperación Territorial DUERO-DOURO*. Disponível em <http://duero-douro.com>. Acesso em 20 de Abril de 2016.

*Ahorro y eficiencia energética*, IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Disponível em <http://www.idae.es/index.php/idpag.17/reلمenu.329/mod.pags/mem.detalle>. Acesso em Junho de 2016.

APREN - Associação de Energias Renováveis, Roteiro Nacional das Energias Renováveis - Aplicação da Directiva 2009/28/CE, (2010). Disponível em [http://www.apren.pt/fotos/editor2/projectos/sumario\\_executivo\\_repap.pdf](http://www.apren.pt/fotos/editor2/projectos/sumario_executivo_repap.pdf). Acesso em 25 de Setembro de 2016.

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia. Disponível em <http://www.dgeg.pt/>. Acesso em 15 de Junho de 2016.

Eco.AP – Programa de Eficiência Energética na Administração Pública. Disponível em <http://ecoap.pnaee.pt/>. Acesso em 21 de Junho de 2016

Eficiência Energética, Adene – Agência para a energia. Disponível em <http://www.adene.pt/eficiencia-energetica>. Acesso em 18 de maio de 2016.

*EUROSTAT – European statistics, “Energy indicators 2014”*. Disponível em de <http://ec.europa.eu/eurostat/>. Acesso em 16 de Julho de 2016.

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Disponível em <http://www.erse.pt>. Acesso em 14 de Agosto de 2016.

Fenercom - Fundación de la Energía. Disponível em <http://www.fenercom.com/>. Acesso em Setembro de 2016

*Fondo Nacional de Eficiencia Energética*, IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Disponível em **<http://www.idae.es/index.php/relcategoria.4037/id.871/relmenu.449/mod.pags/mem.detalle>**. Acesso em Junho de 2016

Fundo de Eficiência Energética, Plano Nacional Ação de Eficinência Energética. Disponível em **<http://www.pnaee.pt/fee>**. Acesso em Maio de 2016.

INE – Instituto Nacional de Estadística. Disponível em **<http://ine.pt>**. Acesso em 10 de Outubro de 2016

*Las empresas recurren a la iluminación LED para reducir su huella de carbono*, Ledia Group, de 11 de Fevereiro de 2013. Disponível em **<http://lediagroup.com/compromiso-responsable/reducir-la-huella-de-carbono-con-iluminacion-led/>**. Acesso em Agosto de 2016.

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Balance Energético Nacional, (2014). Disponível em **<http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/11/Balance-Enege%CC%81tico-2014-web.pdf>**. Acesso em Outubro de 2016.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Disponível em **<http://www.nasa.gov/>**. Acesso em 2 de Outubro de 2016.

PLAN DE ACCIÓN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA 2011-2020, Ministério de Indústria, Turismo y Comércio. Disponível em : **[http://www.minetur.gob.es/energia/es-ES/Novidades/Documents/PAAEE2011\\_2020.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/es-ES/Novidades/Documents/PAAEE2011_2020.pdf)**. Acesso em Junho de 2106.

Plano Nacional para a Eficiência Energética 2016. Disponível em **<http://www.pnaee.pt/pnaee>**. Acesso em 25 de Junho de 2016.

Política energética, Adene – Agêncai para a energia, Maio de 2016. Disponível em **<http://www.adene.pt/politica-energetica>**. Acesso em 20 de Junho de 2016.

Programa de ayudas alumbrado exterior municipal, de IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Disponível em

<http://www.idae.es/index.php/relcategoria.4037/id.855/relmenu.449/mod.pags/mem.detalle>. Acesso em Agosto de 2016.

Sostenibilidad para todos, *Bombillas LED vs. bombillas de bajo consumo*. Disponível em <http://www.sostenibilidad.com/bombillas-led-vs-bombillas-de-bajo-consumo>. Acesso em Agosto de 2016.

UCM group of Extragalactic astrophysics and astronomical instrumentation, Departamento de Astrofísica y CC de la Atmósfera, Universidad Complutense de Madrid. Disponível em <https://guaix.fis.ucm.es/>. Acesso em 22 de Outubro de 2016.

Armínio Teixeira, “Norma Europeia de Iluminação Pública 13201”, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%e7%e3o%20P%fablica/Relat%f3rios%20e%20Normas/norma\\_europeia\\_de\\_iluminacao\\_publica\\_en\\_13201.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%e7%e3o%20P%fablica/Relat%f3rios%20e%20Normas/norma_europeia_de_iluminacao_publica_en_13201.pdf). Acesso em 30 de Julho de 2016

BARGHINI, A; Antes que os vaga-lumes desapareçam ou Influencia da Iluminação artificial sobre o ambiente, São Paulo, Annablume, 2010

Cristiana Raquel Aragão Santos, “Iluminação Pública e Sustentabilidade Energética”, Repositório Aberto da Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Junho de 2011.

*Diputación de Cádiz*, Estrategia Energética en la Unión Europea, (26 de Março de 2015). Disponível em [http://www.dipucadiz.es/export/sites/default/galeria\\_de\\_ficheros/agencia\\_provincial\\_de\\_la\\_energia/destacados/150326\\_Jornada\\_FV\\_Autoconsumo/150326\\_Jornada\\_FV\\_Autoconsumo-RENDER\\_202020.pdf](http://www.dipucadiz.es/export/sites/default/galeria_de_ficheros/agencia_provincial_de_la_energia/destacados/150326_Jornada_FV_Autoconsumo/150326_Jornada_FV_Autoconsumo-RENDER_202020.pdf). Acesso em 21 de Setembro de 2016.

Direção Geral de indústrias, *Guía sobre tecnología LED en el Alumbrado*, Madrid, 2015

D. Rafael Guzmán Sepúlveda, “*Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2*”, Escuela Politécnica Superior, Departamento Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos, Universidade de Málaga, Málaga, Espanha,

Eficiência Energética na Iluminação Pública - Documento de Referência, Secretaria de Estado da Energia e da Inovação do Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento (SEEI/MEID), Janeiro de 2011. Disponível em

[http://www.adene.pt/sites/default/files/Documentos/rnae\\_docreferencia\\_eficienciae\\_nergetica\\_iluminacao.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/Documentos/rnae_docreferencia_eficienciae_nergetica_iluminacao.pdf). Acesso em Setembro de 2016.

Eficiencia Energética na Iluminação Pública Exterior do Centro Consumidor de Energia AECT Duero-Douro , AECT Duero-Douro, Salamanca, Castela e Leão, Espanha, 17 de Setembro de 2013.

*Equipos y eficiencia en alumbrado exterior , Eficiencia Energética*, EOI - Escuela de Organización Industrial, 4 de Julho de 2012. Disponível em <https://www.eoi.es/>. Acesso em Outubro de 2016

Emanuel Loureiro Garrido, “*Concepção e certificação de nova geração de candeeiros de iluminação pública*”, Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, Junho de 2010.

Disponível em [http://paginas.fe.up.pt/~ee03096/Dissertacao\\_vprov2.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~ee03096/Dissertacao_vprov2.pdf)

Hertwich, E. G., & Peters, G. P, Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis, *Environmental science & technology*, 43(16), 6414-6420, 2009. Disponível em <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es803496a>

Oliveira, F. A., & Langhi, R, Uma proposta de ensino de astronomia por meio da abordagem temática: poluição luminosa como tema, 2010. Disponível em

[https://scholar.google.com/scholar\\_url?url=http://snea2011.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2011\\_TCP17.pdf&hl=pt-PT&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&ei=WORuWJcKEYiXmAGtu6bABw&scisig=AAGBfm2vfDA D447-ItQgEESqK7AIInoQsg](https://scholar.google.com/scholar_url?url=http://snea2011.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2011_TCP17.pdf&hl=pt-PT&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&ei=WORuWJcKEYiXmAGtu6bABw&scisig=AAGBfm2vfDA D447-ItQgEESqK7AIInoQsg)

Livro Verde Sobre as Parcerias Público-Privadas e o Direito Comunitário em Matéria de Contratos Públicos e Concessões, Comissão das Comunidades Europeias, Bruxelas, Bélgica, 30 de Abril de 2004.

Luís Braga da Cruz, “Estratégia Nacional de Energia – Barragens e Mini-Hídricas”, Encontro Nacional de Engenharia Civil, Ordem dos Engenheiros, Porto, 21 de Maio de 2011. Disponível em [http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier\\_artigo/bragacruz7165143534ddf7709de3a0.pdf](http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/bragacruz7165143534ddf7709de3a0.pdf) .

Luís Silva, *Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020)*, Plataforma do Empreendedor, 01 de Julho de 2010. Disponível em [http://www.empreender.aip.pt/irj/go/km/docs/site-manager/www\\_empreender\\_aip\\_pt/conteudos/pt/centrodocumentacao/Centro%20de%20Documenta%C3%A7%C3%A3o/Apresenta%C3%A7%C3%B5es%20dos%20Workshops%202010/6%C2%BA%20Workshop%20-%20Sector%20da%20Energia!/6%C2%BA%20](http://www.empreender.aip.pt/irj/go/km/docs/site-manager/www_empreender_aip_pt/conteudos/pt/centrodocumentacao/Centro%20de%20Documenta%C3%A7%C3%A3o/Apresenta%C3%A7%C3%B5es%20dos%20Workshops%202010/6%C2%BA%20Workshop%20-%20Sector%20da%20Energia!/6%C2%BA%20). Acesso em 21 de Maio de 2016

Raoul Lorphèvre, *Public Lighting: Switch Off or Smarter Lighting?*, Schréder, 2014. Disponível em <http://www.schreder.com/globalassets/sitecollectiondocuments/additional-content/schreder-dossier-public-lighting-switch-off-or-smarter-lighting-po.pdf>. Acesso em 10 de Agosto de 2016.

Balázs Mellár, *Fichas Técnicas sobre a União Europeia - Eficiência energética*. Disponível em [http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/pt/displayFtu.html?ftuId=FTU\\_5.7.3.html](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/pt/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html). Acesso em 06 de Outubro de 2016

Ministério da Economia e da Inovação, *Decreto-Lei n.º 319/2009 de 3 de Novembro*. Disponível em <http://www.adene.pt/sites/default/files/0832008329.pdf>. Acesso em 15 de Julho de 2016.

Ministério da Economia e da Inovação, *Decreto-Lei n.º 50/2010 de 20 de Maio*. Disponível em <http://www.adene.pt/sites/default/files/0173901740.pdf>. Acesso em 30 de Julho de 2016.

Parlamento Europeu e do Conselho, *Jornal Oficial da União europeia, Diretiva 2006/32/CE* de 05 de Abril. Disponível em

[http://www.adene.pt/sites/default/files/l\\_11420060427pt00640085.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/l_11420060427pt00640085.pdf). Acesso em Junho de 2016.

Parlamento Europeu e do Conselho, Jornal Oficial da União europeia, *Diretiva 2009/125/CE* de 21 de Outubro. Disponível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:pt:PDF>. Acesso em Julho de 2016.

Parlamento Europeu e do Conselho, Jornal Oficial da União europeia, *Diretiva 2009/28/CE* de 23 de Abril. Disponível em <http://marcianos.com/40invitaciones-boda-las-no-puedes-decir-no/>. Acesso em Junho de 2016.

Parlamento Europeu e do Conselho, Jornal Oficial da União europeia, *Diretiva 2012/27/UE* de 25 de Outubro. Disponível em [https://www.portugal2020.pt/Portal2020/Media/Default/Docs/Legislacao/Nacional/DiretivaUE2012\\_27.pdf](https://www.portugal2020.pt/Portal2020/Media/Default/Docs/Legislacao/Nacional/DiretivaUE2012_27.pdf). Acesso em Julho de 2016.

Presidência do Conselho de Ministros, Programa do XIX Governo Constitucional, Federação Académica do Porto. Disponível em <http://www.fap.pt/fotos/editor2/programagovernocons.pdf>. Acesso em 14 de Julho de 2016.

Presidência do Conselho de Ministros, Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011 de Janeiro de 2011. Disponível em : <http://www.adene.pt/sites/default/files/0027000271.pdf>. Acesso em 04 de Agosto de 2016.

Presidência do Conselho de Ministros, Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de Junho de 2013. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/260476>. Acesso em 04 de Agosto de 2016.

Presidência do Conselho de Ministros, Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010 de 17 de Abril. Disponível em <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2010/04/07300/0128901296.pdf>. Acesso em 04 de Agosto de 2016

Presidência do Conselho de Ministros, Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008 de 24 de Outubro. Disponível em <https://dre.pt/application/file/249160>. Acesso em 05 de Agosto de 2016

*Real Decreto 1890/2008*, Ministerio de Indústria, Turismo y Cultura, 14 de Novembro de 2008. Disponível em <https://www.boe.es/boe/dias/2008/11/19/pdfs/A45988-46057.pdf>. Acesso em 03 de Agosto de 2016.

*Real Decreto 42/2002*, Ministerio de Indústria, Turismo y Cultura, de 2 de Agosto de 2002. Disponível em <https://www.boe.es/boe/dias/2002/09/18/pdfs/C00001-00211.pdf>. Acesso em 03 de Agosto de 2016.

# Anexos

## Norma europeia EN 13201:

Anexo 1 - Tipo e categoria de via:

| Categoria da via | Tabela                                      | Tipo de via   |
|------------------|---|---|
| Interurbana      | 1   | Autoestrada<br>Estrada nacional<br>Estrada secundária                                   |
|                  |   | Urbana  |
| 3                | Avenida<br>Via secundária<br>Via de serviço |   |
|                  | 4   |   |
| Rural            | 5   | Via de acesso a localidade<br>Rua principal<br>Via transversal<br>Loteamento<br>Rotunda |

Anexo 2 – Factores de manutenção:

| Grau de Poluição  | Horas de funcionamento antes de manutenção (h) | Factor de manutenção da instalação |                        |                |                |
|-------------------|--|------------------------------------|------------------------|----------------|----------------|
|                   |  | Tipo de Lâmpada                    | IP55<br>Tampa plástica | IP65           |                |
|                   |  |                                    |                        | Tampa plástica | Tampa em vidro |
| Fraco<br>Grau 1   | 8000   | SAP<br>Tubular                     | 0,74 a 0,78            | 0,76 a 0,80    | 0,81 a 0,86    |
|                   | 12000  |                                    | 0,61 a 0,72            | 0,63 a 0,72    | 0,68 a 0,78    |
| Forte<br>Grau 2-3 | 8000   |                                    | 0,63 a 0,66            | 0,68 a 0,72    | 0,76 a 0,80    |
|                   | 12000  |                                    | 0,50 a 0,57            | 0,55 a 0,63    | 0,63 a 0,72    |
| Fraco<br>Grau 1   | 8000   | Iodetos<br>metálicos               | 0,59 a 0,70            | 0,60 a 0,71    | 0,66 a 0,76    |
|                   | 12000  |                                    | 0,44 a 0,59            | 0,46 a 0,60    | 0,49 a 0,66    |
| Forte<br>Grau 2-3 | 8000   |                                    | 0,50 a 0,60            | 0,55 a 0,65    | 0,60 a 0,71    |
|                   | 12000  |                                    | 0,36 a 0,48            | 0,40 a 0,61    | 0,46 a 0,61    |

| Grau de Poluição  | Horas de funcionamento antes de manutenção (h) | Factor de manutenção da luminária |                |                |
|-------------------|--|-----------------------------------|----------------|----------------|
|                   |  | IP55<br>Tampa plástica            | IP65           |                |
|                   |  |                                   | Tampa plástica | Tampa em vidro |
| Fraco<br>Grau 1   | 8000   | 0,82                              | 0,84           | 0,9            |
|                   | 12000  | 0,74                              | 0,76           | 0,82           |
| Forte<br>Grau 2-3 | 8000   | 0,7                               | 0,76           | 0,84           |
|                   | 12000  | 0,66                              | 0,66           | 0,76           |

### Anexo 3 - Vias Interurbanas – Nível de luminância média (cd/m<sup>2</sup>)

| Quadro | Tipo de via   | Características  | Luminância média (cd/m <sup>2</sup> ) |         | Norma EN 13201.1                |                |
|--------|---|--|---------------------------------------|---------|---------------------------------|----------------|
|        |   |  | Fraca                                 | Elevada | Classe Ilum.                    | Situações      |
| 1      | <b>AUTESTRADA INTERURBANA</b><br>Vias separadas<br>Velocidade <= 130 km/h<br>Apenas veículos motorizados                                      | Complexidade: normal<br>Densidade de tráfego: elevada<br>Distância entre acessos: >= 3 km                                    |                                       |         |                                 | A <sub>1</sub> |
|        |   | 15000 <= Densidade tráfego <= 25000  | 1                                     | 1,5     | ME <sub>3</sub>                 |                |
|        |   | Densidade tráfego >= 25000   | 1,5                                   | 2       | ME <sub>2</sub> ME <sub>1</sub> |                |
| 3      | <b>ESTRADA NACIONAL INTERURBANA</b><br>Via única<br>Velocidade <= 90 km/h<br>Veículos motorizados<br>Veículos motorizados lentos<br>Ciclistas | Complexidade: normal<br>Veículos em estacionamento: não<br>Densidade de tráfego: elevada<br>distância entre acessos: <= 3 km |                                       |         |                                 | A <sub>2</sub> |
|        |   | Densidade de tráfego <= 7000   | 1                                     | 1,5     | ME <sub>3</sub>                 |                |
|        |   | Densidade de tráfego <= 25000  | 1,5                                   | 2       | ME <sub>2</sub>                 |                |
|        |   | Densidade de tráfego >= 25000  | 1,5                                   | 2       | ME <sub>2</sub> ME <sub>1</sub> |                |
| 4      | <b>ESTRADA SECUNDÁRIA INTERURBANA</b><br>Velocidade <= 90 km/h<br>Veículos motorizados<br>Veículos motorizados lentos<br>Ciclistas            | Complexidade: normal<br>Densidade de tráfego: normal<br>distância entre acessos: <= 3 por km                                 |                                       |         |                                 | B <sub>2</sub> |
|        |   |  | 0,75                                  |         | ME <sub>4</sub>                 |                |
|        |   |  |                                       | 1       | ME <sub>3</sub>                 |                |

### Anexo 4 - Vias Urbanas – Nível de luminância média (cd/m<sup>2</sup>)

| Quadro | Tipo de via   | Características   | Luminância média (cd/m <sup>2</sup> ) |         | Norma EN 13201.1                |                |
|--------|---|---|---------------------------------------|---------|---------------------------------|----------------|
|        |   |   | Fraca                                 | Elevada | Classe Ilum.                    | Situações      |
| 2      | <b>CIRCUNVALAÇÃO AUTOESTRADA URBANA</b><br>Vias separadas<br>Velocidade <= 110 km/h<br>Apenas veículos motorizados  | Complexidade: elevada<br>Densidade de tráfego: elevada<br>Distância entre acessos: >= 3 km  |                                       |         |                                 | A <sub>1</sub> |
|        |   | 15000 <= Densidade tráfego <= 25000   | -                                     | 1,5     | CE <sub>2</sub>                 |                |
|        |   | Densidade tráfego >= 25000  | -                                     | 2       | CE <sub>2</sub>                 |                |
| 5      | <b>ESTRADA DE ENTRADA EM CIDADE</b><br>Via única<br>Velocidade <= 70 km/h<br>Zona sem habitações<br>Zona industrial<br>Veículos motorizados<br>Ciclistas<br>Peões | Complexidade: elevada<br>Veículos em estacionamento: não<br>Tráfego de ciclistas: existente<br>Cruzamentos >= 3 por km<br>Densidade de tráfego: elevada |                                       |         |                                 | B <sub>1</sub> |
|        |   |   | 1                                     | 1,5     | ME <sub>3</sub> ME <sub>2</sub> |                |
| 6      | <b>ESTRADA DE ENTRADA EM LOCALIDADE</b><br>Velocidade <= 70 km/h<br>Zona habitada<br>Veículos motorizados<br>Veículos motorizados lentos<br>Ciclistas<br>Peões    | Complexidade: elevada<br>Veículos em estacionamento: sim<br>Tráfego de ciclistas: normal<br>Cruzamentos >= 3 por km<br>Densidade de tráfego: elevada    |                                       |         |                                 | B <sub>2</sub> |
|        |   |   | -                                     | 1,5     | ME <sub>2</sub>                 |                |

## Anexo 5 - Vias Urbanas – Nível de iluminância média (lux)

| Quadro | Tipo de via   | Características  | Iluminância média (lux) |         | Norma EN 13201.1                  |  |
|--------|---|--|-------------------------|---------|-----------------------------------|--|
|        |   |  | Fraca                   | Elevada | Classe Ilum.                      | Situações  |
| 7      | <b>VIA URBANA IMPORTANTE (PRAÇA, AVENIDA)</b><br><br>Velocidade <= 50 km/h<br>Veículos motorizados<br>Veículos lentos<br>Ciclistas<br>Peões | Complexidade: elevada<br>Veículos em estacionamento: sim<br>Tráfego de ciclistas: normal<br>Cruzamentos >= 3 por km<br>Densidade de tráfego: elevada   | -                       | 20      | CE <sub>2</sub>                   | B2   |
|        |   |  |                         |         |                                   |  |
| 8      | <b>VIA URBANA SECUNDARIA (RUA, AVENIDA)</b><br><br>Velocidade <= 50 km/h<br>Veículos motorizados<br>Veículos lentos<br>Ciclistas<br>Peões   | Complexidade: normal a elevada<br>Veículos em estacionamento: sim<br>Tráfego de ciclistas: normal<br>Cruzamentos <= 3 por km<br>Densidade de tráfego normal  | 10                      | 15      | CE <sub>4</sub> . CE <sub>3</sub> | B2   |
|        |   |  |                         |         |                                   |  |
| 9      | <b>SERVIÇO RODOVIÁRIO (RUA)</b><br><br>Velocidade <= 30 km/h<br>Veículos motorizados<br>Veículos lentos<br>Ciclistas                        | Complexidade: normal ou elevada<br>Veículos em estacionamento: sim<br>Tráfego de ciclistas ou peões: normal ou elevado<br>Tráfego automóvel: normal ou elevado<br>Risco de agressão: normal ou elevado<br>Reconhecimento da face: necessário | 10                      | 15      | CE <sub>4</sub> . CE <sub>3</sub> | D <sub>1</sub> D <sub>2</sub><br>D <sub>3</sub> D <sub>4</sub> |
|        |   |  |                         |         |                                   |  |

## Anexo 6 - Vias Urbanas – Nível de iluminância média (lux)

| Quadro | Tipo de via   | Características   | Iluminância média (lux)      |                          | Norma EN 13201.1  |                                  |
|--------|---|---|------------------------------|--------------------------|---|----------------------------------|
|        |   |   | Fraca                        | Elevada                  | Classe Ilum.  | Situações                        |
| 10     | <b>VIA ZONA COMERCIAL</b><br><br>Velocidade <= 30 km/h<br>Veículos motorizados<br>Veículos lentos<br>Ciclistas<br>Peões | Risco de agressão: elevado<br>Reconhecimento da face: necessário<br>Dificuldade de circulação: elevada<br>Densidade de peões: normal a elevada  | -                            | 20                       | CE <sub>2</sub>   | D2                               |
|        |   |   |                              |                          |   |                                  |
| 11     | <b>VIA PEDONAL ISOLADA DA ESTRADA</b><br><br>Apenas peões   | Risco de agressão: elevado<br>Reconhecimento da face: necessário<br>Densidade de peões: normal a elevada  | 7,5 a 10                     | 15 a 20                  | S <sub>3</sub> a S <sub>2</sub><br>S <sub>2</sub> a S <sub>1</sub><br>CE <sub>2</sub> | E <sub>1</sub>                   |
|        |   |   |                              |                          |   |                                  |
| 12     | <b>VIAS DE PEÕES PISTA PARA CICLISTAS ADJACENTE A UMA ESTRADA</b>   | Risco de agressão: normal<br>Reconhecimento da face: necessário<br>Densidade de peões: normal a elevada   | 7,5 a 10                     | 15                       | S <sub>3</sub> a S <sub>2</sub><br>S <sub>2</sub> a S <sub>1</sub>                    | E <sub>2</sub><br>C <sub>1</sub> |
|        |   |   |                              |                          |   |                                  |
| 13     | <b>PRAÇAS, ROTUNDAS</b><br><br>Veículos motorizados<br>Veículos lentos<br>Ciclistas<br>Peões                            | Múltiplas intercepções<br>Densidade de tráfego: elevada<br>Complexidade: elevada<br>Veículos em estacionamento: sim ou não<br>Reconhecimento da face: necessário<br>Risco de agressão: normal | Via de acesso mais iluminada | Praça ou rot. respectiva |   |                                  |
|        |   |   | 20                           | 30                       | CE <sub>1</sub>   |                                  |
|        |   |   | 15                           | 20                       | CE <sub>2</sub>   |                                  |
|        |   |   | 10                           | 15                       | CE <sub>3</sub>   |                                  |
|        |   |   | 7,5                          | 10                       | CE <sub>4</sub>   |                                  |

## Anexo 7 - Vias Rurais – Nível de iluminância média (lux)

| Quadro | Tipo de via  | Características   | Iluminância média (lux)      |                          | Norma EN 13201.1   |                |
|--------|--|---|------------------------------|--------------------------|--|----------------|
|        |  |   | Fraca                        | Elevada                  | Classe Ilum.   | Situações      |
| 14     | VIA DE ACESSO A LOCALIDADE<br>Velocidade <= 70 km/h<br>Veículos motorizados<br>Veículos lentos<br>Ciclistas, Peões     | Complexidade: normal<br>Veículos em estacionamento: sim<br>Tráfego ciclista: normal<br>Cruzamentos >= 3 por km  | 15                           | 20                       | CE <sub>3</sub>  | B <sub>1</sub> |
|        |  |   |                              |                          |  |                |
| 15     | VIA DE TRAVESSIA RUA PRINCIPAL<br>Velocidade <= 50 km/h<br>Veículos motorizados<br>Veículos lentos<br>Ciclistas, Peões | Complexidade: normal<br>Veículos em estacionamento: sim<br>Tráfego ciclista: normal<br>Cruzamentos >= 3 por km  | -                            | 15 a 20                  | CE <sub>3</sub>  | B <sub>2</sub> |
|        |  |   |                              |                          |  |                |
| 16     | VIAS TRANSVERSAL<br>Velocidade <= 50 km/h<br>Veículos motorizados<br>Veículos lentos<br>Ciclistas, Peões               | Complexidade: normal<br>Veículos em estacionamento: sim<br>Tráfego ciclista: normal<br>Cruzamentos >= 3 por km  | 7,5 a 10                     | 10                       | CE <sub>3</sub><br>CE <sub>4</sub>                                       | D <sub>2</sub> |
|        |  |   |                              |                          |  |                |
| 17     | LOTEAMENTO<br>Velocidade <= 30 km/h<br>Veículos motorizados<br>Ciclistas, Peões  | Risco de agressão: normal<br>Reconhecimento da face: necessário<br>Dificuldade de tráfego: normal   | 10                           | 15                       | CE <sub>4</sub><br>CE <sub>2</sub>                                       | D <sub>2</sub> |
|        |  |   |                              |                          |  |                |
| 13     | PRAÇAS, ROTUNDAS<br>Veículos motorizados<br>Veículos lentos<br>Ciclistas<br>Peões                                      | Múltiplas intercepções<br>Densidade de tráfego: elevada<br>Complexidade: elevada<br>Veículos em estacionamento: sim ou não<br>Reconhecimento da face: necessário<br>Risco de agressão: normal | Via de acesso mais iluminada | Praça ou rot. respectiva | CE <sub>1</sub><br>CE <sub>2</sub><br>CE <sub>3</sub><br>CE <sub>4</sub> |                |
|        |  |   | 20                           | 30                       |  |                |
|        |  |   | 15                           | 20                       |  |                |
|        |  |   | 10                           | 15                       |  |                |
|        |  |   | 7,5                          | 10                       |  |                |

## Anexo 8 - Parâmetro de luminância e iluminâncias:

| Quadro | Luminâncias |         |              |                                | Iluminâncias   |                         |                      |
|--------|-------------|---------|--------------|--------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|
|        | Geral       | Longit. | Encand. TI % | E <sub>m</sub> (min) % SR Mini | Uniform. geral | Unif. Geral mín.        | Ilum. mínima pontual |
|        |             |         |              |                                |                | Nível luminoso ambiente |                      |
|        |             |         |              |                                |                | Fraco a méd.            | Elevado              |
| 1      | 0,4         | 0,7     | 10           | 50                             |                |                         |                      |
| 2      | 0,4         | 0,7     | 10           | 50                             |                |                         |                      |
| 3      | 0,4         | 0,7     | 10           | 50                             |                |                         |                      |
| 4      | 0,4         | 0,7     | 15           | 50                             |                |                         |                      |
| 5      | 0,4         | 0,7     | 15           |                                |                |                         |                      |
| 6      | 0,4         | 0,7     | 10           | 50                             |                |                         |                      |
| 7      |             |         |              |                                | 0,4            |                         |                      |
| 8      |             |         |              |                                | 0,4            |                         |                      |
| 9      |             |         |              |                                | 0,4            |                         |                      |
| 10     |             |         |              |                                | 0,4            |                         |                      |
| 11     |             |         |              |                                |                | 1,5 a 3 lux             | 3 a 5 lux            |
| 12     |             |         |              |                                |                | 1,5 a 3 lux             | 3 a 5 lux            |
| 13     |             |         |              |                                | 0,4            |                         |                      |
| 14     |             |         |              |                                | 0,4            |                         |                      |
| 15     |             |         |              |                                | 0,4            |                         |                      |
| 16     |             |         |              |                                | 0,4            |                         |                      |
| 17     |             |         |              |                                | 0,4            |                         |                      |

## Dados do caso de estudo:

**Anexo 9-** Fontes de energias e as respetivas emissões de CO<sub>2e</sub> segundo as fichas técnicas do AECT Duero-Douro:

| <b>FUENTE DE ENERGÍA</b> | <b>EMISIONES</b><br><i>(kg CO<sub>2</sub>/kWh)</i> |
|--------------------------|--|
| Electricidad             | 0,649  |
| Fuelóleo                 | 0,280  |
| Gas natural              | 0,204  |
| Gasóleo                  | 0,287  |
| GLP                      | 0,244  |
| Carbón                   | 0,347  |
| Biomasa                  | 0,000  |

**Anexo10** - Tabela com os valores totais utilizados no gráfico final:

|                       | <b>Potencia instalada</b><br>(kW) | <b>Consumo</b><br>(kWh/ano) | <b>Custo (€)</b> | <b>Emissões</b><br>(kgCO <sub>2e</sub> /kWh) |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|--|
| <b>Total - Antes</b>  | <b>1008,81</b>                    | <b>3109151</b>              | <b>341743</b>    | <b>2017839</b>                               |
| <b>Total - Depois</b> | <b>399,93</b>                     | <b>1730097</b>              | <b>231833</b>    | <b>1122833</b>                               |

**Anexa 11-** Todos os municípios pertencentes ao Projeto de Eficiência Energética na Iluminação Pública Exterior do Centro Consumidor de Energia AECT Duero-Douro e os respectivos números de habitantes e superfície:

| MUNICIPIO                     | HABITANTES | SUPERFICIE<br>(km <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|------------|----------------------------------|
| AGALLAS                       | 157        | 45                               |
| BAÑOBAREZ                     | 362        | 50                               |
| BOADA                         | 317        | 30                               |
| EL BODON                      | 288        | 61                               |
| EL MANZANO                    | 76         | 37                               |
| EL PAYO                       | 394        | 62                               |
| EL SAHUGO                     | 235        | 59                               |
| ENCINA DE SAN SILVESTRE       | 121        | 24                               |
| GALLEGOS DE ARGANAN           | 47         | 3                                |
| HERGUIJUELA DE CIUDAD RODRIGO | 103        | 23                               |
| ITUERO DE AZABA               | 238        | 27                               |
| LA ENCINA                     | 130        | 31                               |
| LUMBRALES                     | 1924       | 70                               |
| MIEZA                         | 261        | 35                               |
| MONLERAS                      | 275        | 33                               |
| MONSAGRO                      | 275        | 33                               |
| MORASVERDES                   | 328        | 52                               |
| PEÑAPARDA                     | 413        | 62                               |
| ROBLEDA                       | 509        | 79                               |
| SALDEANA                      | 142        | 21                               |
| SERRADILLA DEL ARROYO         | 344        | 81                               |
| VILLASBUENAS                  | 236        | 40                               |
| VILLASECO DE LOS GAMITOS      | 172        | 12                               |
| VILLASECO DE LOS REYES        | 405        | 136                              |
| VILLASRUBIAS                  | 245        | 40                               |
| VILVESTRE                     | 487        | 47                               |
| ALCAÑICES                     | 1159       | 55                               |
| ALMARAZ DE DUERO              | 418        | 46                               |
| ALMEIDA DE SAYAGO             | 554        | 76                               |
| BERMILLO DE SAYAGO            | 1252       | 190                              |
| CARBAJALES DE ALBA            | 668        | 53                               |
| CARBELLINO                    | 215        | 33                               |
| FERRERUELA DE TABARA          | 531        | 94                               |
| FIGUERUELA DE ARRIBA          | 414        | 153                              |
| FONFRIA                       | 923        | 132                              |
| FUENTESPREADAS                | 329        | 20                               |
| HERMISENDE                    | 313        | 109                              |
| LUBIAN                        | 362        | 94                               |
| MAHIDE                        | 415        | 109                              |
| MALVA                         | 170        | 27                               |
| MANZANAL DE ARRIBA            | 412        | 130                              |
| MAYALDE                       | 226        | 44                               |
| MONTAMARTA                    | 616        | 57                               |
| MORALEJA DE SAYAGO            | 247        | 34                               |
| MUGA DE SAYAGO                | 400        | 36                               |
| PEDRALBA DE LA PRADERIA       | 298        | 105                              |
| PIAS                          | 157        | 44                               |
| PINO DEL ORO                  | 202        | 30                               |
| RABANALES                     | 679        | 80                               |
| RABANO DE ALISTE              | 414        | 56                               |
| REQUEJO                       | 171        | 46                               |
| RIOFRIO DE ALISTE             | 866        | 111                              |
| ROELOS DE SAYAGO              | 174        | 55                               |
| SALCE                         | 113        | 35                               |
| SAMIR DE LOS CAÑOS            | 210        | 37                               |
| SAN PEDRO DE LA NAVE-ALMENDRA | 395        | 23                               |
| TORREGAMONES                  | 303        | 37                               |
| VIDEMALA                      | 165        | 26                               |
| VILLALCAMPO                   | 551        | 65                               |
| VILLARDECIERVOS               | 479        | 84                               |
| VILLASECO DEL PAN             | 254        | 10                               |
| VINAS DE ALISTE               | 242        | 40                               |

Anexo 12 - Tabela de dados utilizados na criação dos gráficos – Situação Anterior:

| Situação anterior |  |                                 |                       |                   |                              |
|-------------------|--|---------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|
|                   | Municípios                             | Potencia instalada (kW) - Antes | Consumo (kWh) - antes | Custo (€) - Antes | Emissões (kgCO2/kWh) - Antes |
| Salamanca Norte   | <b>Boada</b>                           | 19,9                            | 62410                 | 7562              | 40504                        |
|                   | <b>El Manzano</b>                      | 8,29                            | 26634                 | 2308              | 17285                        |
|                   | <b>Mieza</b>                           | 20,68                           | 54634                 | 7521              | 35457                        |
|                   | <b>Monletras</b>                       | 18,63                           | 50846                 | 5126              | 32999                        |
|                   | <b>Saldeana</b>                        | 8,31                            | 38562                 | 4107              | 25027                        |
|                   | <b>Villasbuenas</b>                    | 9,62                            | 24601                 | 2727              | 15966                        |
|                   | <b>Villaseco de los Gamitos</b>        | 14,75                           | 50284                 | 6165              | 32634                        |
|                   | <b>Vilvestre</b>                       | 38,8                            | 117302                | 13036             | 76129                        |
| Salamanca Sul     | <b>Agallas</b>                         | 14,43                           | 27933                 | 4237              | 18129                        |
|                   | <b>Gallegos de Argañan</b>             | 26,02                           | 51858                 | 4396              | 33656                        |
|                   | <b>Herguñuela de Ciudad Rodrigo</b>    | 7,77                            | 36213                 | 3757              | 23502                        |
|                   | <b>Morasverdes</b>                     | 15,73                           | 37836                 | 5959              | 24556                        |
|                   | <b>Peñaparda</b>                       | 20,65                           | 51323                 | 4767              | 33309                        |
| Zamora Norte      | <b>Alcanices</b>                       | 58,3                            | 175605                | 17604             | 113968                       |
|                   | <b>Carbajales de Alba</b>              | 33,19                           | 51718                 | 5480              | 33565                        |
|                   | <b>Ferreñuela de Tabara</b>            | 24,71                           | 68714                 | 7959              | 44595                        |
|                   | <b>Fonfría</b>                         | 44,96                           | 175998                | 17510             | 114223                       |
|                   | <b>Hermisende</b>                      | 22,83                           | 100013                | 15657             | 64908                        |
|                   | <b>Lúbian</b>                          | 39,4                            | 88598                 | 13699             | 57500                        |
|                   | <b>Malva</b>                           | 9,75                            | 25312                 | 2779              | 16427                        |
|                   | <b>Manzanal de Arriba</b>              | 39,26                           | 144266                | 18928             | 93629                        |
|                   | <b>Montamarta</b>                      | 31,59                           | 68804                 | 8893              | 44654                        |
|                   | <b>Pías</b>                            | 19,1                            | 74964                 | 7512              | 48652                        |
|                   | <b>Pino del Oro</b>                    | 9,1                             | 30044                 | 3020              | 19499                        |
|                   | <b>Rabanales</b>                       | 30,64                           | 129934                | 15662             | 84327                        |
|                   | <b>Rabano de Aliste</b>                | 23,62                           | 101350                | 10291             | 65776                        |
|                   | <b>Requejo</b>                         | 29,06                           | 97129                 | 9117              | 63037                        |
|                   | <b>Riofrio de Aliste</b>               | 49,52                           | 152152                | 16093             | 98747                        |
|                   | <b>Samir de los Caños</b>              | 7,94                            | 25065                 | 2491              | 16267                        |
|                   | <b>San Pedro de la Nave - Almendra</b> | 23,21                           | 43747                 | 4369              | 28392                        |
|                   | <b>Videmala</b>                        | 10,75                           | 50127                 | 5748              | 32532                        |
|                   | <b>Villardeciervos</b>                 | 27,4                            | 88597                 | 8999              | 57499                        |
|                   | <b>Viñas de Aliste</b>                 | 11,28                           | 40936                 | 4899              | 26567                        |
| Zamora Sul        | <b>Almaraz del Duero</b>               | 13,6                            | 24374                 | 2782              | 15819                        |
|                   | <b>Almeida de Sayago</b>               | 41,09                           | 140101                | 13525             | 90926                        |
|                   | <b>Bermillo de Sayago</b>              | 56,9                            | 154202                | 18225             | 100077                       |
|                   | <b>Carbellino de Sayago</b>            | 14,63                           | 55936                 | 6229              | 36302                        |
|                   | <b>Fuentespreadas</b>                  | 15,08                           | 60606                 | 6657              | 39333                        |
|                   | <b>Mayalde</b>                         | 12,96                           | 39655                 | 3995              | 25736                        |
|                   | <b>Roelos de Sayago</b>                | 14,01                           | 51669                 | 5308              | 33533                        |
|                   | <b>Villalcampo</b>                     | 56,63                           | 178375                | 11035             | 115765                       |
|                   | <b>Villaseco del Pan</b>               | 14,72                           | 40724                 | 5612              | 26430                        |

**Anexo 13** - Tabela de dados utilizados na criação dos gráficos – Situação Atual:

| Situação actual |  |                                  |                        |                    |                               |
|-----------------|--|----------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                 | Municípios                             | Potencia instalada (kW) - Depois | Consumo (kWh) - Depois | Custo (€) - Depois | Emissões (kgCO2/kWh) - Depois |
| Salamanca Norte | <b>Boada</b>                           | 5,23                             | 22625                  | 3032               | 14684                         |
|                 | <b>El Manzano</b>                      | 2,26                             | 9777                   | 1310               | 6345                          |
|                 | <b>Mieza</b>                           | 5,8                              | 25091                  | 3362               | 16284                         |
|                 | <b>Monleras</b>                        | 6,47                             | 27989                  | 3751               | 18165                         |
|                 | <b>Saldeana</b>                        | 3,54                             | 15314                  | 2052               | 9939                          |
|                 | <b>Villasbuenas</b>                    | 3,04                             | 13151                  | 1762               | 8535                          |
|                 | <b>Villaseco de los Gamitos</b>        | 4,84                             | 20938                  | 2806               | 13589                         |
|                 | <b>Vilvestre</b>                       | 11,56                            | 50009                  | 6701               | 32456                         |
| Salamanca Sul   | <b>Agallas</b>                         | 6,57                             | 28422                  | 3809               | 18446                         |
|                 | <b>Gallegos de Argañan</b>             | 6,58                             | 28465                  | 3814               | 18474                         |
|                 | <b>Herguijuela de Ciudad Rodrigo</b>   | 4,14                             | 17910                  | 2400               | 11623                         |
|                 | <b>Morasverdes</b>                     | 6,13                             | 26518                  | 3553               | 17210                         |
|                 | <b>Peñaparda</b>                       | 7,16                             | 30974                  | 4151               | 20102                         |
| Zamora Norte    | <b>Alcanices</b>                       | 16,32                            | 70600                  | 9460               | 45820                         |
|                 | <b>Carbajales de Alba</b>              | 8,57                             | 37074                  | 4968               | 24061                         |
|                 | <b>Ferreuela de Tabara</b>             | 6,5                              | 28119                  | 3768               | 18249                         |
|                 | <b>Fonfría</b>                         | 16,06                            | 69476                  | 9310               | 45090                         |
|                 | <b>Hermisende</b>                      | 7,93                             | 34305                  | 4597               | 22264                         |
|                 | <b>Lúbian</b>                          | 9,85                             | 42611                  | 5710               | 27655                         |
|                 | <b>Malva</b>                           | 2,25                             | 9734                   | 1304               | 6317                          |
|                 | <b>Manzanal de Arriba</b>              | 10,13                            | 43822                  | 5872               | 28441                         |
|                 | <b>Montamarta</b>                      | 8,98                             | 38847                  | 5206               | 25212                         |
|                 | <b>Pías</b>                            | 4,61                             | 19943                  | 2672               | 12943                         |
|                 | <b>Pino del Oro</b>                    | 1,06                             | 4586                   | 614                | 2976                          |
|                 | <b>Rabanales</b>                       | 24,99                            | 108107                 | 14486              | 70161                         |
|                 | <b>Rabano de Aliste</b>                | 29,39                            | 127141                 | 17037              | 82515                         |
|                 | <b>Requejo</b>                         | 8,2                              | 35473                  | 4753               | 23022                         |
|                 | <b>Riofrio de Aliste</b>               | 24,26                            | 104949                 | 14063              | 68112                         |
|                 | <b>Samir de los Caños</b>              | 4,36                             | 18861                  | 2527               | 12241                         |
|                 | <b>San Pedro de la Nave - Almendra</b> | 19,59                            | 84746                  | 11356              | 55000                         |
|                 | <b>Vide mala</b>                       | 21,37                            | 92447                  | 12388              | 59998                         |
|                 | <b>Villardecervos</b>                  | 13,14                            | 56844                  | 7617               | 36892                         |
|                 | <b>Viñas de Aliste</b>                 | 6,28                             | 27167                  | 3640               | 17632                         |
| Zamora Sul      | <b>Almaraz del Duero</b>               | 3,46                             | 14968                  | 2006               | 9714                          |
|                 | <b>Almeida de Sayago</b>               | 10,24                            | 44298                  | 5936               | 28750                         |
|                 | <b>Bermillo de Sayago</b>              | 25,07                            | 108453                 | 14533              | 70386                         |
|                 | <b>Carbellino de Sayago</b>            | 4,62                             | 19986                  | 2678               | 12971                         |
|                 | <b>Fuentespreadas</b>                  | 5,11                             | 22106                  | 2962               | 14347                         |
|                 | <b>Mayalde</b>                         | 4,18                             | 18083                  | 2423               | 11736                         |
|                 | <b>Roelos de Sayago</b>                | 5,76                             | 24918                  | 3339               | 16172                         |
|                 | <b>Villalcampo</b>                     | 18,64                            | 80637                  | 10805              | 52333                         |
|                 | <b>Villaseco del Pan</b>               | 5,69                             | 24615                  | 3298               | 15975                         |

## Arquivo fotográficos Duero-Douro:

Anexo 14 –Arquivo fotográfico das instalações anteriores:







**Anexo 15** – Arquivo fotográfico da instalação actual :

