

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**Ciclos de comutação de uma lâmpada até ao seu  
fim de vida - Investigação, construção e  
implementação de uma ferramenta de análise**

**Maxime Duarte Lopes Ferreira**

Dissertação realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Major Energia

Orientador: José Rui da Rocha Pinto Ferreira (Professor)

29/06/2015



A Dissertação intitulada

**“Ciclos de Comutação de uma Lâmpada até ao Seu Fim de Vida -  
Investigação, Construção e Implementação de uma Ferramenta de Análise”**

foi aprovada em provas realizadas em 21-07-2015

o júri



Presidente **Professor Doutor João Paulo Tomé Saraiva**

Professor Associado do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Professora Doutora Fernanda de Oliveira Resende**

Professora Auxiliar da Universidade Lusófona



**Professor Doutor José Rui da Rocha Pinto Ferreira**

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



**Autor - Maxime Duarte Lopes Ferreira**

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

© Maxime Duarte Lopes Ferreira, 2015

# Resumo

Com a veloz e profunda evolução tecnológica em que estamos inseridos nos dias de hoje, todas as empresas necessitam de evoluir a nível tecnológico, mas também a nível do tempo de resposta da avaliação de novas tecnologias. No setor da indústria, nomeadamente da iluminação, esta evolução é cada vez mais sentida, uma vez que o atravessar de uma crise económica fez com que as necessidades de tecnologias mais eficientes e economizadoras aumentassem, havendo uma pressão muito grande por parte de toda a comunidade para a investigação de novas tecnologias que fluam no sentido economizador. Por parte das empresas, essa evolução é um verdadeiro desafio, uma vez que ao não apostar em novas tecnologias, poderão tornar-se em empresas com lucros baixos ou até prejuízos devido à sua tecnologia poder estar a ser ultrapassada, exigindo então a rápida e eficaz resposta para as novas tecnologias. Assim, esta atuação torna-se um ponto muito importante para uma empresa onde única fonte de lucro é através da venda de material elétrico nomeadamente na área da iluminação.

Esta dissertação realizada em ambiente empresarial vem criar uma parceria entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a empresa Geonext, no âmbito de visualizar as necessidades sentidas no laboratório da empresa e desenvolver uma solução para tornar o mesmo mais eficaz e eficiente.

Durante o período de familiarização no laboratório constatou-se que havia necessidade de novos mecanismos autónomos para testar os equipamentos, contribuindo para confrontar com os dados do fabricante. Estes testes seriam executados no laboratório da empresa. Perante o levantamento do material já existente no laboratório e analisando as normas europeias que ditam as obrigações da empresa no que diz respeito às informações a transmitir ao consumidor final, constatou-se vários pontos de fragilidade existentes no laboratório, que foram convertidos em possíveis melhorias a implementar no laboratório. Após analisar todos os pontos de melhoria, o equipamento que tornaria o mesmo mais completo e competitivo seria a integração de uma máquina capaz de calcular o ciclo de comutação de uma lâmpada até ao seu fim de vida, libertando os operadores do laboratório, do teste de comutação permitindo assim executar outras tarefas controlando o teste remotamente.



# Abstract

*With the rapid and profound technological change in which we operate nowadays, all companies need to evolve in terms of technology, but also in the response time of assessment of new technologies. In the industrial sector such as lighting these developments are increasingly felt, since, by going through an economic crisis, the need for more efficient and economic technologies has increased, creating great pressure from the community to force research of new technologies in that direction.*

*For the companies, this evolution is a real challenge. Not investing in new technologies would affect sales and profit. When the only source of income is through the sale of electrical equipment (particularly in the lighting area), research and investment in new advanced technologies becomes essential.*

*This work in a business environment is to create a partnership between the Faculty of Engineering, University of Porto and the Geonext company to better visualize the needs felt in the labs and develop a solution to make the same product more effective and efficient.*

*During the familiarization period in the laboratory, it was found that the lab needs autonomous mechanisms to evaluate the characteristics of the equipment to confront the manufacturer's data.*

*Picking up of existing equipment in the lab, it was found that the equipment that would make the product more complete and competitive would be the integration of a machine to calculate the switching time of a lamp till the end of its life, freeing the lab workers of the switching test and, therefore, allowing them to perform other tasks and control the test remotely. This is the beginning of the abstract. The inclusion of an abstract in English is mandatory. ...*





# Agradecimentos

Este espaço está reservado para agradecer a todas as pessoas que ao longo da dissertação em ambiente empresarial prestaram toda a sua ajuda e apoio para a sua realização, às quais deixo aqui os meus sinceros agradecimentos.

Começo por agradecer aos meus orientadores, Doutor José Rui da Rocha Pinto Ferreira, orientador académico da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Gestor dos Recursos Humanos Jorge Ferreira, orientador por parte da empresa Geonext, e ao Engenheiro Helder Araújo responsável pelo laboratório do departamento de qualidade da empresa, pela disponibilidade, auxílio, motivação e transmissão de conhecimentos prestado, que sem eles seria impossível desenvolver a dissertação e atingir os padrões de qualidade.

Agradeço a todos os colaboradores da empresa Geonext que em muito contribuíram para o sucesso deste estágio, dando o seu contributo ao nível de transmissão de experiências, de conhecimentos e integração no ambiente e organização da empresa.

Estendo igualmente os meus agradecimentos a todos os que me apoiaram, seja através da sua amizade ou de aconselhamento, durante esta fase, sendo alguns anónimos e outros bons amigos.

Um agradecimento especial ao meu pai, Duarte ferreira, mãe, Cristina Ferreira e irmã, Dora Ferreira pelo apoio dado, sem o qual não seria possível ter êxito neste projeto.

Finalizo com um sincero muito obrigado a todos.



# Índice

|   |           |
|---|-----------|
| Resumo.....   | v         |
| Abstract.....   | vii       |
| Agradecimentos.....                                   | ix        |
| Índice.....   | xi        |
| Lista de figuras.....                                 | xv        |
| Lista de tabelas.....                                 | xix       |
| Abreviaturas e Símbolos.....                          | xxi       |
| <b>Capítulo 1.....</b>                                | <b>1</b>  |
| Introdução.....                                       | 1         |
| 1.1 - Contextualização do tema.....                   | 2         |
| 1.2 - Objetivos do trabalho.....                      | 2         |
| 1.3 - Estrutura do trabalho.....                      | 3         |
| <b>Capítulo 2.....</b>                                | <b>5</b>  |
| A Empresa.....  | 5         |
| 2.1 Apresentação da empresa.....                      | 5         |
| 2.2 Mercado da Geonext.....                           | 6         |
| 2.3 Estrutura da empresa.....                         | 6         |
| 2.4 Diferentes departamentos.....                     | 7         |
| 2.5 Local de dissertação em ambiente empresarial..... | 9         |
| 2.6 Considerações a reter neste capítulo.....         | 9         |
| <b>Capítulo 3.....</b>                                | <b>11</b> |
| Luminotecnia.....                                     | 11        |
| 3.1 Evolução histórica da luminotecnia.....           | 11        |
| 3.2 Conceitos básicos da luminotecnia.....            | 13        |
| 3.2.1 O que é a Luz.....                              | 13        |
| 3.2.2 Luz e Cores.....                                | 13        |
| 3.3 Grandezas.....                                    | 14        |
| 3.3.1 Fluxo Luminoso.....                             | 14        |
| 3.3.2 Intensidade Luminosa.....                       | 14        |
| 3.3.3 Iluminância.....                                | 15        |
| 3.3.4 Luminância.....                                 | 15        |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 3.4  | Características das lâmpadas e acessórios .....  | 16        |
| 3.4.1  | Índice de Eficiência Energética .....  | 16        |
| 3.4.2  | Temperatura e Cor .....  | 19        |
| 3.4.3  | Índice de restituição de cores .....   | 20        |
| 3.5  | Tecnologias de iluminação .....  | 20        |
| 3.5.1  | Incandescência .....   | 21        |
| 3.5.1.1  | Lâmpada incandescente normal .....   | 21        |
| 3.5.1.2  | Lâmpada de halogéneo .....   | 22        |
| 3.5.2  | Descarga elétrica em gases .....   | 23        |
| 3.5.2.1  | Lâmpadas de vapor de mercúrio a alta pressão .....   | 24        |
| 3.5.2.2  | Lâmpadas de luz mista .....  | 25        |
| 3.5.2.3  | Lâmpadas de mercúrio com iodetos metálicos.....  | 26        |
| 3.5.2.4  | Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.....   | 26        |
| 3.5.2.5  | Lâmpada fluorescente .....   | 27        |
| 3.5.2.6  | Lâmpada fluorescente compacta.....   | 28        |
| 3.5.2.7  | Lâmpada de vapor de sódio a baixa pressão .....  | 29        |
| 3.5.3  | LED .....  | 30        |
| 3.5.3.1  | O funcionamento e constituição do LED .....  | 30        |
| 3.5.3.2  | Características da Luz .....   | 32        |
| 3.5.3.3  | Tecnologias LED atuais .....   | 33        |
| 3.5.3.4  | Outras considerações do Led.....   | 34        |
| 3.6  | Material de apoio à iluminação .....   | 35        |
| 3.6.1  | Casquilhos.....  | 35        |
| 3.6.2  | Balastros.....   | 35        |
| 3.6.3  | Arranadores .....  | 36        |
| 3.7  | Considerações .....  | 36        |
| <b>Capítulo 4</b>  | <b>.....</b>   | <b>37</b> |
| O laboratório .....  |  | 37        |
| 4.1  | Tarefas executadas pelo laboratório .....  | 37        |
| 4.2  | Testes executados na receção de mercadoria e aquisição de novos equipamentos ....                | 45        |
| 4.3  | Equipamentos de medida para a execução dos testes .....  | 47        |
| 4.4  | As informações necessárias a disponibilizar aos utilizadores finais.....                         | 49        |
| 4.5  | Possíveis melhorias a aplicar no laboratório .....   | 51        |
| 4.6  | Considerações .....  | 52        |
| <b>Capítulo 5</b>  | <b>.....</b>   | <b>53</b> |
| Desenvolvimento da solução consoante as necessidades da empresa..... |  | 53        |
| 5.1  | Objetivos que a máquina deve cumprir.....  | 53        |
| 5.2  | Normas a seguir .....  | 54        |
| 5.3  | Necessidades do laboratório .....  | 55        |
| 5.4  | Projeto.....   | 55        |
| 5.5  | Materiais a utilizar.....  | 57        |
| 5.6  | Orçamento .....  | 61        |
| 5.7  | Programação.....   | 62        |
| 5.8  | Interface .....  | 63        |
| 5.9  | Considerações .....  | 65        |
| <b>Capítulo 6</b>  | <b>.....</b>   | <b>67</b> |
| Caso de aplicação.....   |  | 67        |
| 6.1  | Características das lâmpadas utilizadas .....  | 67        |
| 6.2  | Verificação do ciclo de comutação na melhoria construída para as tecnologias<br>escolhidas. .... | 69        |
| 6.3  | Considerações .....  | 72        |
| <b>Capítulo 7</b>  | <b>.....</b>   | <b>73</b> |
| Conclusões .....   |  | 73        |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>Anexo A</b> .....              | <b>77</b> |
| Código do programa .....          | 77        |
| <b>Anexo B</b> .....              | <b>87</b> |
| Fichas técnicas das lâmpadas..... | 87        |
| <b>Referências</b> .....          | <b>93</b> |



## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Imagem de apresentação da empresa [1] .....                                      | 5  |
| Figura 2 : Cronograma da empresa Geonext [4].....  | 8  |
| Figura 3: <i>Layout</i> do Laboratório [5] .....   | 9  |
| Figura 4 : Lucerna [9] .....   | 12 |
| Figura 5 : Espectro da radiação eletromagnética [10].....                                  | 13 |
| Figura 6: Fluxo Luminoso [10] .....  | 14 |
| Figura 7: Intensidade Luminosa [10] .....  | 14 |
| Figura 8: Iluminância [10] .....   | 15 |
| Figura 9: Luminância versos Iluminância [10] .....   | 15 |
| Figura 10: Modelo de etiqueta energética de uma lâmpada e de uma luminária [12] .....      | 16 |
| Figura 11: Diferentes tonalidades das diferentes temperaturas de cor [13] .....            | 19 |
| Figura 12: Iluminação dos mesmos objetos com diferentes IRC [14] .....                     | 20 |
| Figura 13: Exemplo de uma lâmpada incandescente normal [15].....                           | 21 |
| Figura 14: Exemplo de lâmpadas de halogéneo [21] .....                                     | 22 |
| Figura 15: Princípio de funcionamento das lâmpadas de descarga de baixa pressão [22] ..... | 24 |
| Figura 16: Princípio de funcionamento das lâmpadas de descarga de alta pressão [23].....   | 24 |
| Figura 17: Lâmpada de vapor de mercúrio a alta pressão [24] .....                          | 25 |
| Figura 18: Lâmpada de luz mista [25] .....   | 26 |
| Figura 19: lâmpada fluorescente T8 [30] .....  | 28 |
| Figura 20: Lâmpadas fluorescentes compactas [32] .....                                     | 29 |
| Figura 21: Camadas de junção tipo P e N utilizados nos LED's [36] .....                    | 31 |
| Figura 22: Constituição de um LED [36] .....   | 31 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 23: Comprimentos de onda das diferentes cores na tecnologia LED [37] .....   | 33 |
| Figura 24: Aplicações dos LED's na iluminação artificial [38] .....   | 33 |
| Figura 25: diferentes casquilhos utilizados na iluminação artificial [40] .....   | 35 |
| Figura 26: Exemplo de um balastro [42] .....  | 36 |
| Figura 27: Exemplo de um arrancador [43] .....  | 36 |
| Figura 28: Diagrama utilizado na recepção de mercadoria [44] .....  | 38 |
| Figura 29: Processo de seleção de novos modelos [45] .....  | 41 |
| Figura 30: Diagrama de Equipamentos de Medição e Monotorização [46] .....   | 43 |
| Figura 31: Esquema de ligações para controlar a tensão da lâmpada. Tendo o pino A e C para a ligação da tensão da rede [56] ..... | 56 |
| Figura 32: Esquema de montagem para o controle da tensão da rede [56] .....   | 56 |
| Figura 33: Esquema de ligação para a contagem do ciclo de comutação [56] .....  | 56 |
| Figura 34: Esquema de montagem para a contagem do ciclo de comutação [56] .....   | 57 |
| Figura 35: Esquema de montagem da junção dos circuitos do controle da tensão e da contagem do ciclo de comutação. [56] .....      | 57 |
| Figura 36: Arduino Uno. [56] .....  | 57 |
| Figura 37: a) Resistência de 2,2K b) Resistencia de 10K [57] .....  | 58 |
| Figura 38: Díodo 1N4148 [57] .....  | 58 |
| Figura 39: Rele SRD-05VDC-SL-C [57] .....   | 58 |
| Figura 40: Tiristor BCD 546 [57] .....  | 58 |
| Figura 41: LDR 200V [57] .....  | 59 |
| Figura 42: Breadboard [57] .....  | 59 |
| Figura 43: Cabos de ligação [57] .....  | 59 |
| Figura 44: Tomada interruptora [58] .....   | 59 |
| Figura 45: Casquilho de ligação das lâmpadas T8 [58] .....  | 60 |
| Figura 46: a) Lâmpada T8 LED b) Lâmpada T8 fluorescente [59] .....  | 60 |
| Figura 47: Informação transmitida para o utilizador .....   | 63 |
| Figura 48: Local onde o utilizador deve introduzir a informação .....   | 63 |
| Figura 49: Informação sobre a opção escolhida .....   | 63 |
| Figura 50: Informação dada ao utilizador a cada ciclo do teste .....  | 64 |
| Figura 51: Informação dada pela máquina no fim do teste .....   | 64 |



|  |    |
|--|----|
| Figura 52: Utilização do Teamviewer .....  | 64 |
| Figura 53: Imagens das lâmpadas usadas para o teste, a) LED e b) fluorescente [59] ..... | 68 |
| Figura 54: Etiqueta energética da lâmpada a) T8 GLASS LED b) T8 fluorescente [59] .....  | 69 |



# Lista de tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 : Índice de eficiência energética .....   | 17 |
| Tabela 2 : Correção da potência caso o modelo exija um dispositivo de comando [12] .....       | 18 |
| Tabela 3 : Preço de cada componente adquirido para a construção da melhoria .....              | 61 |
| Tabela 4 : Características das lâmpadas [59].....  | 67 |
| Tabela 5 : Dados eléctricos da lâmpada T8 GLASS LED [59] .....                                 | 68 |
| Tabela 6 : Dados ópticos das lâmpadas [59] .....   | 69 |
| Tabela 7 : O intervalo temporal em dias necessário para os diferentes ciclos de comutação..... | 70 |



# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

|       |  |
|-------|--|
| AC    | Corrente Alternada                     |
| CLF   | <i>Compact Fluorescent Lamp</i>        |
| DCI   | Departamento de Comercio Internacional |
| DIR   | Diretor                                |
| EMA   | Erro Máximo Admissível                 |
| EMM   | Equipamentos de Medida e Monotorização |
| GP    | Gestor de produto                      |
| I     | Intensidade Luminosa                   |
| I & D | Investigação e Desenvolvimento         |
| IEE   | Índice Eficiência Energética           |
| INFOR | Informática                            |
| IRC   | Índice de Restituição Cromática        |
| L     | Luminância                             |
| LDR   | <i>Light Dependent Resistor</i>        |
| LED   | <i>Lighting Emitted Diodes</i>         |
| Max   | Máximo                                 |
| Min   | Mínimo                                 |
| MKT   | Marketing                              |
| REP   | Responsável                            |
| SI    | Sistema Internacional                  |
| SMN   | Seleção de Novos Modelos               |
| T     | Temperatura de cor                     |
| TA    | Temperatura Ambiente                   |
| UV    | Ultra Violeta                          |

## Lista de símbolos

|          |                      |
|----------|----------------------|
| $\Phi$   | Fluxo luminoso       |
| lm       | Lúmen                |
| I        | Intensidade luminosa |
| W        | Watt                 |
| cd       | Candela              |
| E        | Iluminância          |
| L        | Luminância           |
| lx       | Lux                  |
| h        | Hora                 |
| s        | Segundo              |
| min      | Minutos              |
| °C       | Graus Celcius        |
| K        | Kelvin               |
| m        | Metro                |
| V        | Voltes               |
| A        | Amperes              |
| $\Omega$ | Ohm                  |
| M        | Mega                 |
| K        | Kilo                 |
| Hz       | Hertz                |
| mg       | Miligrama            |
| €        | Euros                |
| Vac      | Tensão alternada     |

# Capítulo 1

## Introdução

A crescente competitividade do mercado, as alterações frequentes no custo das matérias-primas, a imposição de restrições ambientais e a constante procura pela redução de custos exigem respostas rápidas e rigorosas das indústrias e um melhor controlo das suas atividades. Com isto, torna-se necessário desenvolver novas estratégias e mecanismos para encontrar novas soluções que permitam, às empresas, uma maior otimização dos seus processos de resposta para que estas possam acompanhar a crescente competitividade do mercado em que se encontram inseridas.

Sendo assim, o desenvolvimento dos processos de testes e verificações de conformidade nos laboratórios de qualidade, estão diretamente relacionados com a velocidade em que essa resposta é obtida, colocando em espera todo o departamento de comercialização e venda dos produtos por parte dos fornecedores e por parte dos clientes.

Este projeto de Dissertação visa essencialmente desenvolver e implementar um sistema que seja capaz de medir o número de vezes que uma lâmpada acende até ao seu fim de vida, na empresa Geonext - Produtos Eléctricos S.A., com o intuito de melhorar os testes executados aos equipamentos e acelerar a resposta ao departamento comercial. Essa melhoria poderá ser alcançada através da aplicação deste sistema no laboratório de qualidade da empresa que é responsável pelos testes luminotécnicos aos equipamentos eléctricos nomeadamente as lâmpadas.

## 1.1 - Contextualização do tema

Com a veloz e profunda evolução tecnológica em que estamos inseridos nos dias de hoje, todas as empresas necessitam de evoluir a nível tecnológico, mas também, ao nível do tempo de resposta na avaliação de novas tecnologias.

No sector da indústria, nomeadamente na iluminação, esta evolução é cada vez mais sentida, uma vez que ao atravessar uma crise económica, as necessidades de tecnologias mais eficientes e economizadoras aumentam, criando assim uma pressão muito grande por parte de toda a comunidade para a investigação de novas tecnologias que fluam no sentido economizador. Por parte das empresas essa evolução é um verdadeiro desafio, uma vez que ao não apostar em novas tecnologias, tornar-se-ão empresas ultrapassadas e com poucas vendas, devido à tecnologia já estar ultrapassada, então a rápida e eficaz resposta para as novas tecnologias é um ponto muito importante para as empresas onde a sua fonte de lucro é através da venda de material elétrico nomeadamente na área da iluminação.

Esta dissertação em ambiente empresarial veio criar uma parceria entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a empresa Geonext com o intuito de analisar as necessidades sentidas no laboratório da empresa com o principal objetivo de desenvolver uma solução para o tornar mais eficaz e eficiente.

Durante o período de familiarização no laboratório constatou-se que necessitava de mecanismos autónomos para avaliar as características dos equipamentos, contribuindo para verificar os dados do fabricante. Perante o levantamento do material já existente no laboratório, verificou-se que o equipamento que tornaria o mesmo mais completo e competitivo era a integração de uma máquina capaz de calcular o ciclo de comutação de uma lâmpada até ao seu fim de vida, libertando os operadores do teste de comutação permitindo assim executar outras tarefas e controlar o teste remotamente.

## 1.2 - Objetivos do trabalho

O principal objetivo do trabalho em ambiente empresarial é utilizar os conhecimentos adquiridos na faculdade de forma a executar melhorias numa empresa, tornando o quotidiano de trabalho de uma empresa mais eficiente e eficaz, permitindo a empresa tornar-se mais competitiva e com processos mais rápidos e inteligentes.

Com o intuito de cumprir o objetivo atrás descrito, um outro conjunto de objetivos necessitam de ser cumpridos, e para tal concluiu-se que a construção e implementação de uma ferramenta de análise do ciclo de comutação de uma lâmpada até ao seu fim de vida, tornaria os testes executados, no laboratório, mais eficientes e os operadores ganhariam assim tempo para outras tarefas, uma vez que poderá ser controlado remotamente.



Com vista a uma melhor compreensão do trabalho executado na empresa estruturou-se os objetivos nos seguintes pontos:

- O sistema ser capaz executar os testes sem a supervisão contínua em toda a duração do teste;
- Armazenar a informação do número de vezes que a lâmpada ligue e desligue;
- Seja capaz de executar os testes para os diferentes tipos de casquilhos e tecnologias.

### **1.3 - Estrutura do trabalho**

Este documento está dividido em sete capítulos, iniciando o trabalho no capítulo um, a Introdução, dividido em três sob capítulos abordando a contextualização do tema, os objetivos do trabalho e a sua estrutura.

No capítulo dois, “A Geonext”, é efetuada a descrição da empresa, referindo o mercado em que a empresa opera, a estrutura da empresa a nível de submarcas, os diferentes departamentos e finalizando o capítulo com a descrição do local de estágio.

No capítulo três, “a Luminotecnia”, é descrita a evolução histórica da luminotecnia, os conceitos básicos, as grandezas associadas à iluminação, as principais características das lâmpadas e os principais acessórios para um bom funcionamento das lâmpadas, como balastros, arrancadores, e casquilhos.

No capítulo quatro, “o Laboratório”, são ilustradas as atividades executadas no laboratório, bem como os testes executados nas lâmpadas e luminárias, todo o material e salas de teste que o laboratório contém, e são descritas algumas exigências impostas pelas normas que obrigam a disponibilizar aos consumidores finais a informação dos produtos, perante estas informações são descritas possíveis melhorias nos testes executados.

O capítulo cinco, “Desenvolvimento da ferramenta de teste”, referencia os objetivos que a máquina deve cumprir, os materiais a utilizar para a sua construção, e a utilização das normas comparativamente com as necessidades da empresa, a programação utilizada, a interface criada, e as conclusões técnicas da máquina.

O capítulo seis, “Caso de aplicação”, faz referência às tecnologias utilizadas para teste e à verificação do teste comparativamente aos dados do fornecedor.

Por fim, o capítulo sete é reservado para as conclusões gerais da dissertação/tese em ambiente empresarial.



# Capítulo 2

## A Empresa

A Geonext é uma empresa portuguesa que desenvolve a sua atividade no setor de material elétrico e de iluminação. Fundada em 1982, a evolução da empresa reflete a ambição, visão e espírito empreendedor dos seus fundadores e o esforço e empenho profissional dos seus colaboradores. [1]

### 2.1 Apresentação da empresa



Figura 1: Imagem de apresentação da empresa [1]

A principal atividade da empresa Geonext - Produtos Eléctricos S.A. está ligada aos setores de material elétrico e de iluminação. O grupo Geonext orgulha-se dos 35 anos de história, crescimento e sustentabilidade, honrando e tornando férteis as relações de longo prazo. O compromisso inequívoco assumido pela empresa com a qualidade dos seus produtos

e serviços complementares associados são a sua principal força e fator de competitividade. O gabinete técnico da Geonext é qualificado para conceber estudos e soluções de iluminação enquadrando os conceitos arquitetónicos impostos pela legislação luminotécnica em vigor. Todos os seus produtos são fabricados de acordo com as Normas e Regulamentos europeus, a empresa é certificada através da Norma de Sistema de Qualidade ISSO 9001-2008. A empresa condiciona as suas infraestruturas de modo a que os seus processos possam originar a melhoria contínua do seu sistema de gestão de qualidade. [1]

## 2.2 Mercado da Geonext

Os atuais e principais continentes de destino de exportação da empresa Geonext são fruto de um forte investimento em recursos humanos e financeiros. Estes mercados são conquistados através de uma equipa constituída por comerciais e pelo departamento de comércio externo, que avaliam os mercados em crescimento e desenvolvimento, dirigindo-se a esses mesmos países e transmitindo as tecnologias de iluminação que a empresa oferece. Os pontos de contacto no mercado externo são desde o continente Europeu, o Asiático e o Africano, nomeadamente China, França, Angola, e Gabão. [2]

## 2.3 Estrutura da empresa

A empresa é detentora de três marcas: Blink, Lumitek e Luxtek, onde cada uma oferece um conjunto de características específicas para o utilizador final.

A Blink oferece aos profissionais do sector uma ampla gama de produtos elétricos para espaços e ambientes profissionais e decorativos. Através de processos de fabrico e testes laboratoriais intensivos qualificados e certificados, a Blink produz luminárias de construção robusta, *design* inovador e tecnologias avançadas dirigidas para a economia no consumo de energia participando ativamente no esforço para a diminuição de emissão de dióxido de carbono na atmosfera colaborando, deste modo, para um ambiente mais saudável.

A LUXTEK é uma marca de lâmpadas introduzida no mercado português em 1987, distinguindo-se pela elevada qualidade do produto e pelo seu baixo custo. A marca definiu como estratégia a participação ativa na promoção de utilização de lâmpadas de baixo consumo, desenvolvendo paralelo e intenso trabalho de investigação. Duas décadas após o seu lançamento a LUXTEK apresenta-se ao público como um produto de referência. Desde 2001 LUXTEK está presente nos principais mercados internacionais. A marca possui como cor dominante dos seus meios de comunicação o verde, querendo com essa escolha simbolizar o interesse e o esforço por um ambiente melhor e por isso pensando nas gerações futuras. LUXTEK está associada a eventos desportivos e outros de natureza social.

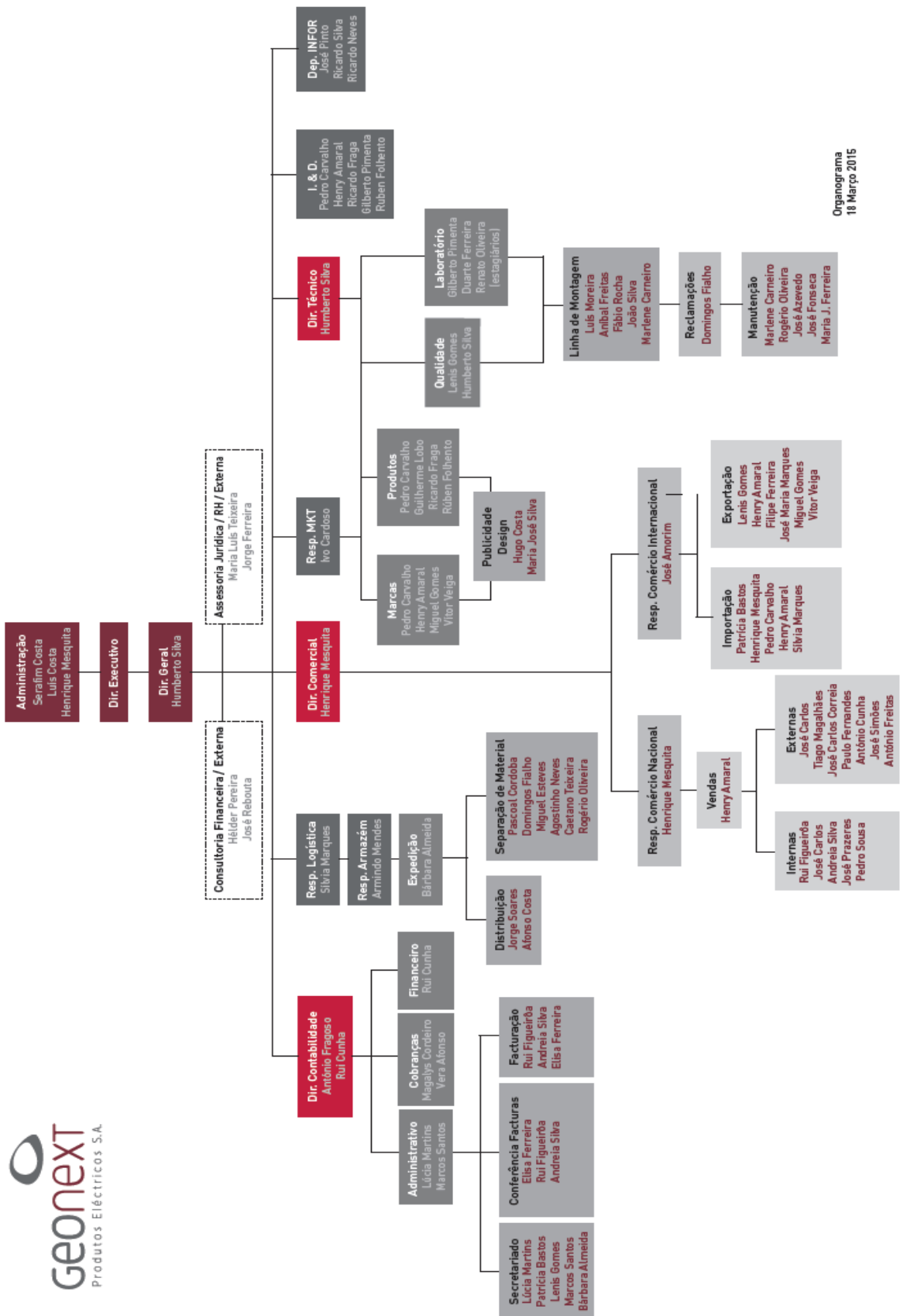
A Lumitek disponibiliza aos clientes uma vasta gama de produtos de iluminação, elaborados com elevado espírito de funcionalidade e inovação estética. Mediante um rigoroso

processo de fabrico e controlo de qualidade, os produtos apresentam alto teor de investigação e performance técnica às exigências que lhes são impostas. Oferece grande diversidade de soluções que permitem agradáveis efeitos de iluminação e cariz arquitetónico como ferramenta de trabalho e forma de partilha destes elementos com os clientes. [1, 3]

## 2.4 Diferentes departamentos

A empresa Geonext está dividida pelos departamentos representados na figura 2 iniciando o cronograma pela Administração, Diretor Executivo e Diretor Geral que com o auxílio de outros dois departamentos, o de Consultadoria Financeira e o de Assessoria Jurídica/ Recursos humanos coordenam toda a atividade da empresa. Estes departamentos servem de suporte para toda a estrutura da empresa encontrando-se esta dividida em outros sete departamentos, como o departamento da Informática, Investigação e Desenvolvimento, Armazém/Logística, Contabilidade, Comercial, Marketing e finalizando com o departamento Técnico.

O local para o desenvolvimento da dissertação em ambiente empresarial é o laboratório. Este está ligado ao departamento de Marketing e ao departamento Técnico, executando tarefas paralelamente com a Qualidade. [4]



Organograma  
18 Março 2015

Figura 2 : Cronograma da empresa Geonext [4]

## 2.5 Local de dissertação em ambiente empresarial

O local onde decorreu o projeto, que deu origem a esta dissertação em ambiente empresarial, foi o laboratório da empresa Geonext em parceria com o departamento da Qualidade da mesma empresa. O projeto decorreu revendo todos os processos e os testes executados aos equipamentos luminotécnicos no laboratório da empresa, avaliando assim as fragilidades existentes, de forma a criar possíveis melhorias no que diz respeito a novos testes aos equipamentos para a empresa Geonext. O laboratório está dividido em dois espaços físicos representados na figura 3.

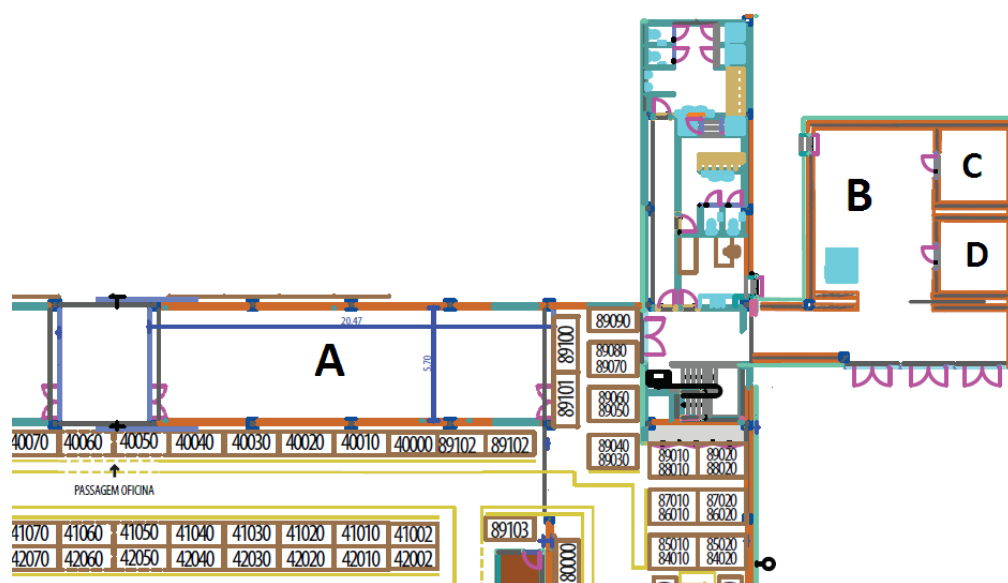


Figura 3: Layout do Laboratório [5]

Sendo o primeiro espaço (representado na figura 3 pela letra A), dedicado ao escritório e a testes elementares aos equipamentos, como a verificação dos parâmetros da embalagem testes funcionais, entre outros descritos detalhadamente mais à frente, e o segundo espaço (representado na figura 3 pela letra B), está reservado para os testes de aquecimento, de imersão e longevidade das lâmpadas e luminárias. O espaço representado na figura 3 pela letra D é o espaço cedido pela empresa para a implementação da melhoria do laboratório, o ciclo de comutação de lâmpadas até ao seu fim de vida.

## 2.6 Considerações a reter neste capítulo

Neste capítulo é apresentada a empresa GEONEXT, e as suas áreas de atuação no mercado, assim como as suas marcas e o que cada uma oferece aos consumidores finais. É também apresentado o Cronograma de empresa descrevendo os departamentos em que o laboratório, o local do trabalho que conduziu à dissertação, realiza interações. Este capítulo termina com a descrição do local da dissertação.





# Capítulo 3

## Luminotecnia

Este capítulo é destinado, à introdução teórica dos conhecimentos técnicos da linguagem luminotécnica e das suas tecnologias, com o âmbito de uma melhor percepção de todo o conteúdo descrito nos próximos capítulos. Iniciando o capítulo com a evolução histórica da luminotecnia, de seguida os principais conceitos, alargando para as grandezas utilizadas e finalizando com as diferentes tecnologias empregues na luminotecnia.

### 3.1 Evolução histórica da luminotecnia

A iluminação iniciou-se na época do homem primitivo, onde este utilizava as manifestações da natureza, através dos relâmpagos, que ao incidirem em árvores desencadeavam o fogo. O domínio do fogo veio mais tarde no período neolítico, onde o homem desenvolveu técnicas para obter o fogo usando pedras. Esta evolução nas ferramentas de iniciação do fogo produziu uma forte evolução na humanidade diminuindo a necessidade de se esconder ou lutar, e tornando a noite num período não tão perigoso. Acredita-se que com esta descoberta o homem passou a ter mais tempo para pensar, permitindo um desenvolvimento veloz das suas capacidades. [6]

O uso do fogo como principal meio de iluminação estendeu-se até ao século XIX, utilizando óleo de baleia e outros materiais para manter postes de iluminação pública e lampiões acessos.

Este foi o primeiro instrumento para a iluminação, porque após o homem verificar que ao cozinhar os alimentos sobre o fogo, a gordura escorrida destes mesmo alimentos, aumentava o fogo, apercebeu-se assim que tinha um tesouro em mãos. O homem após esta descoberta passou a armazenar essa gordura em recipientes, que através de uma trança vegetal se tornava condutor do combustível. Estes artefactos são chamados de lucernas e foram utilizados por milénios como forma de iluminação. [6]



**Figura 4 : Lucerna [9]**

Após o domínio de diversos materiais, nomeadamente, madeira, barro, cera, e posteriormente o metal, foi modernizado o conceito de lucernas para a inspiração das velas. Estes avanços permitiram a evolução da iluminação pública, que mesmo sem nenhum meio de estudo o homem descobriu que quanto mais alto se encontrava a tocha ou outro tipo de material para a utilização do fogo, maior era a área de iluminação. Criando assim os castiçais, e os candeeiros, que não passavam de suportes para as lucernas ou para as velas, pendurados ou fixos a paredes, a uma altura considerada do chão, permitindo a direccionalidade da luz. [6]

Várias descobertas foram realizadas e com isso desenvolveram-se vários artefactos para armazenar o fogo, mas sem nenhuma invenção revolucionária até o ano de 1783, onde o suíço Pierre Argand desenvolveu a lâmpada de dupla corrente de ar, a chamada lâmpada de Argand como ficou conhecida, que era composta por um pavio inserido no interior de uma chaminé de vidro, por onde passava uma corrente de ar ascendente que auxiliava a combustão, produzindo uma chama estável de forte intensidade e com pouco fumo.

Diversos cientistas contribuíram para a descoberta da primeira lâmpada elétrica, mas foi o norte-americano Tomas Edison o criador das lâmpadas. O grande desafio foi tentar manter o filamento incandescente intacto durante a transmissão da corrente elétrica, para isso, era preciso achar um material ideal. Tomas Edison superou assim o desafio da descoberta do material ideal para o filamento. Tentou vários materiais, desde ligas metálicas até ao bambu, o sucesso veio quando teve a ideia de utilizar um filamento fino de carvão a alto vácuo, em 1879. Embora a durabilidade fosse limitada, os filamentos das lâmpadas de hoje são elaborados a partir do tungsténio. [6, 7, 8]

E foi a partir desta descoberta que foram desenvolvidas todas as tecnologias usadas para a iluminação artificial, desde a tecnologia incandescente, a tecnologia de descarga elétrica em gases e por fim a tecnologia LED.

## 3.2 Conceitos básicos da luminotecnia

### 3.2.10 que é a Luz

A luz é a radiação eletromagnética que a olho humano é possível ser interpretado, isto é, uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas, elas possuem diferentes comprimentos de onda, e somente uma pequena gama é perceptível pelo olho humano, como podemos verificar na figura 5. A percepção ou sensibilidade visual para a luz varia não só com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade. As radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) produzem uma intensidade de sensação luminosa maior, enquanto as radiações com maior comprimento de onda se comportam ao contrário, quando perceptíveis a olho humano. [10]

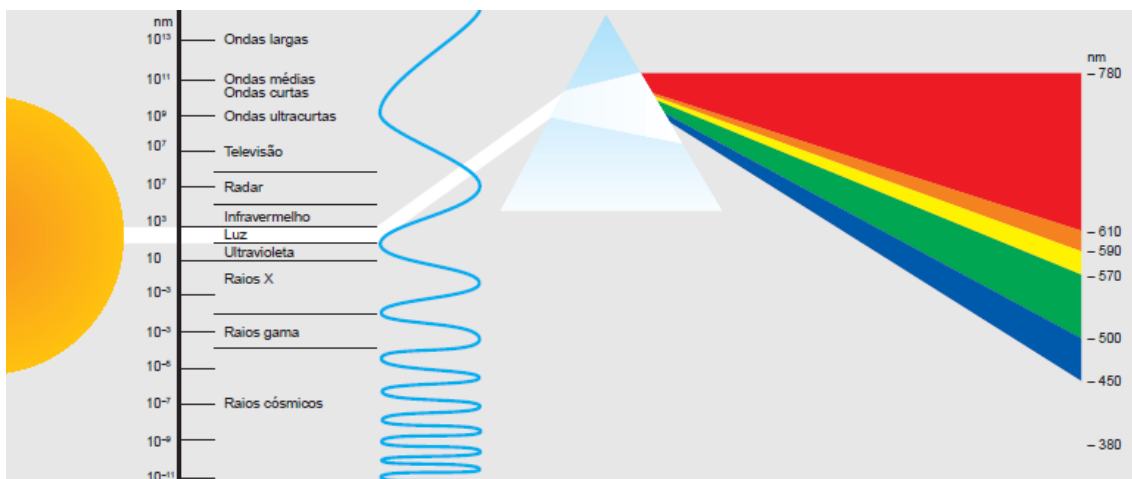


Figura 5 : Espectro da radiação eletromagnética [10]

### 3.2.2 Luz e Cores

Como foi explicado anteriormente só uma certa gama das radiações eletromagnéticas são perceptíveis pelo olho humano, e com este acontecimento a tendência é pensar que os objetos já possuem cor, mas na verdade a aparência do objeto é resultado da iluminação incidente sobre o mesmo. Expondo uma maçã a uma luz branca, a maçã apresentar-se-á com a cor vermelha, este facto deve-se a que a maçã absorve todas as radiações nos outros comprimentos de onda e reflete a radiação correspondente ao vermelho. Se colocarmos a mesma maçã sobre a mesma luz, mas com um filtro que remova a radiação com o comprimento de onda correspondente ao vermelho, a maçã não terá essa gama de radiação para refletir, e apresentar-se-á com uma cor negra.

A luz é composta por três cores primárias, o vermelho, azul e amarelo, a combinação das três cores primárias dão origem as cores secundárias, obtendo assim todas as cores do espectro visível. Este conceito é importante pois ao longo do dia o nível de radiações emitido pela luz natural é inconstante, o que difere também nas cores apresentadas nos objetos. Com as fontes de luz artificiais este fenómeno também acontece, pois as lâmpadas incandescentes, tendem a reproduzir com maior facilidade as cores vermelha e amarela, do que as cores verde a azul, criando a sensação de uma luz mais “quente”. [10]

### 3.3 Grandezas

#### 3.3.1 Fluxo Luminoso

O fluxo luminoso ( $\Phi$ ) é a quantidade de luz total emitida por segundo por uma fonte luminosa, a sua unidade é o lúmen (lm), ou seja, é a energia radiada sob a forma de luz visível ao olho humano por segundo. A radiação ou energia de 1 watt luminoso corresponde a um fluxo luminoso de 683 lúmen, correspondente á máxima eficácia espectral perceptível pelo olho humano. [10, 11]



Figura 6: Fluxo Luminoso [10]

#### 3.3.2 Intensidade Luminosa

Intensidade luminosa ( $I$ ) é o quociente entre o fluxo luminoso emitido pela fonte com um comprimento de onda padronizado e propagado no elemento numa determinada direção por unidade de ângulo sólido, a unidade SI é a candela (cd). [10, 11]

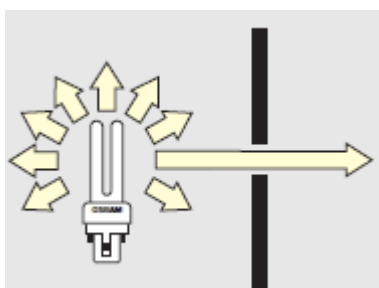


Figura 7: Intensidade Luminosa [10]

### 3.3.3 Iluminância

Iluminância (E) relaciona a luz que a fonte irradia, o fluxo luminoso e a superfície na qual incide, situada a uma certa distância da fonte de luz. É expressa em lux (lx). É também a relação entre intensidade luminosa e o quadrado da distância ( $l/d^2$ ). Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro. Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão. Considera-se por isso a iluminância média ( $E_m$ ). Existem normas que especificam o valor mínimo de  $E_m$ , para ambientes diferenciados pela atividade exercida relacionados ao conforto visual. [10, 11]

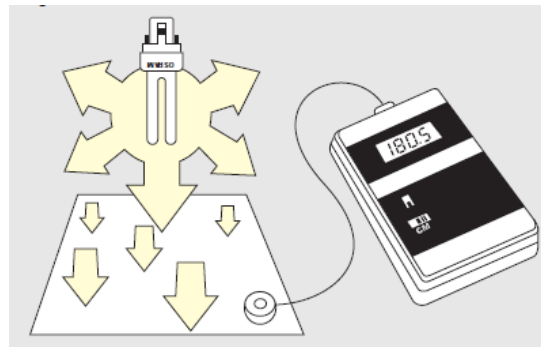


Figura 8: Iluminância [10]

### 3.3.4 Luminância

Luminância (L) é portanto o Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto, isto é se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o Fluxo Luminoso distribuir-se-ia na forma de uma esfera. Tal fato é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujo comprimento indica a Intensidade Luminosa. [10, 11]

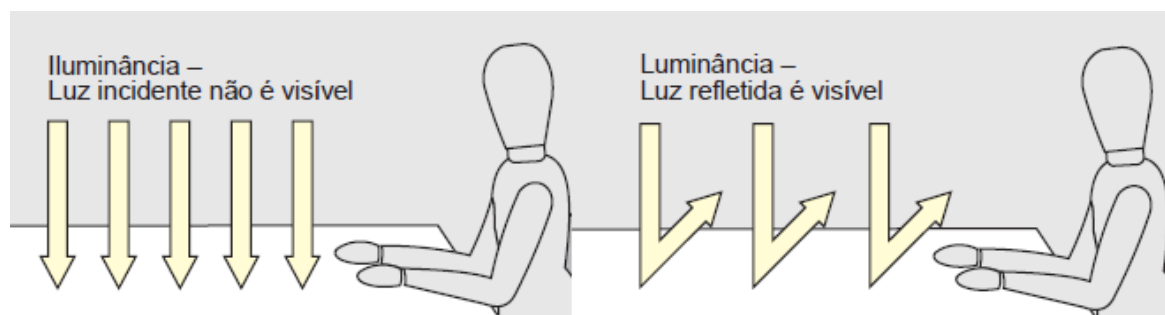


Figura 9: Luminância versus Iluminância [10]

## 3.4 Características das lâmpadas e acessórios

### 3.4.1 Índice de Eficiência Energética

As lâmpadas não são todas iguais não só pelos diferentes Fluxos Luminosos que emitem, mas também pelas diferentes potências que consomem. Uma maneira de as poder comparar é utilizando o Índice de Eficiência Energética (IEE), que compara quantos lumens são gerados por watt absorvido. [12]

O IEE permite-nos comparar as lâmpadas e luminárias, essa informação é dada através das etiquetas energéticas ilustradas nas imagens 10 a) e b), sendo a primeira para lâmpadas e a segunda para luminárias.

Etiqueta energética das lâmpadas e das luminárias:

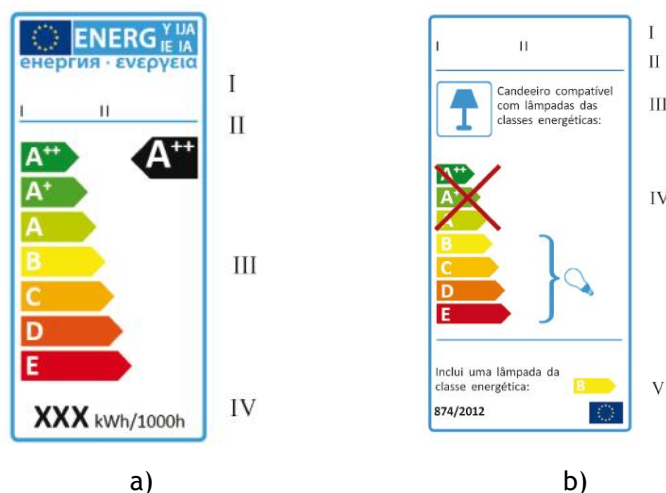


Figura 10: Modelo de etiqueta energética de uma lâmpada e de uma luminária [12]

A etiqueta energética das lâmpadas deve conter as seguintes informações:

- I - Nome do fornecedor ou marca comercial;
- II - Identificador do modelo, atribuído pelo fornecedor, ou seja, o código;
- III - Classe de eficiência energética determinada em conformidade;
- IV - Consumo de energia ponderado em kWh por 1 000 horas, calculado e arredondado às unidades.

A etiqueta energética das luminárias deve conter as seguintes informações:

- I - Nome do fornecedor ou marca comercial;
- II - Identificador do modelo, atribuído pelo fornecedor, ou seja, o código;
- III - A frase apresentada no exemplo ou uma das frases alternativas;
- IV - A gama de classes de eficiência energética;
- V - Uma das seguintes opções, consoante as circunstâncias:

- a) Caso a luminária funcione com lâmpadas substituíveis pelo utilizador final e essas lâmpadas estejam incluídas na embalagem da luminária, a frase apresentada no exemplo, com indicação das respectivas classes de eficiência energética;
- b) Caso a luminária contenha apenas módulos LED não destinados a ser retirados pelo utilizador final;
- c) Caso a luminária contenha módulos LED não destinados a ser retirados pelo utilizador final e suportes de lâmpadas substituíveis e essas lâmpadas não acompanhem a luminária;
- d) Caso a luminária funcione unicamente com lâmpadas substituíveis pelo utilizador final, mas não incluídas na luminária, o espaço deve ficar vazio.

Para o cálculo da classe energética existem duas considerações distintas, as lâmpadas ou as Luminárias. Para o procedimento de verificação de lâmpadas elétricas e módulos LED comercializados como produtos individuais consideramos, uma amostra de no mínimo, vinte lâmpadas do mesmo modelo e do mesmo fabricante, se possível obtidas em partes iguais em quatro fontes selecionadas aleatoriamente, tomando em conta os parâmetros técnicos estabelecidos na documentação técnica. Para as luminárias consideramos que a luminária cumpre os requisitos estabelecidos se for acompanhada da necessária informação relativa ao produto e se revelar ser compatível com as lâmpadas alegadamente compatíveis.

A classe de eficiência energética das lâmpadas é determinada com base no seu índice de eficiência energética (IEE), como indicado na tabela 1. [12]

**Tabela 1: Índice de eficiência energética**

| <b>Classe de eficiência energética</b> | <b>Índice de eficiência energética (IEE) das lâmpadas não direcionais</b> | <b>Índice de eficiência energética (IEE) das lâmpadas direcionais</b> |
|--|---|---|
| A ++                                   | $IEE \leq 0,11$   | $IEE \leq 0,13$   |
| A +                                    | $0,11 < IEE \leq 0,17$  | $0,13 < IEE \leq 0,18$  |
| A                                      | $0,17 < IEE \leq 0,24$  | $0,18 < IEE \leq 0,40$  |
| B                                      | $0,24 < IEE \leq 0,60$  | $0,40 < IEE \leq 0,95$  |
| C                                      | $0,60 < IEE \leq 0,80$  | $0,95 < IEE \leq 1,20$  |
| D                                      | $0,80 < IEE \leq 0,95$  | $1,20 < IEE \leq 1,75$  |
| E (menor eficiência)                   | $IEE > 0,95$  | $IEE > 1,75$  |

Para calcular o IEE de um modelo, compara-se a sua potência, corrigida em função das eventuais perdas nos dispositivos de comando, com a sua potência de referência. A potência de referência é obtida a partir do fluxo luminoso útil, que é o fluxo total no caso das lâmpadas não direcionais e o fluxo num cone de 90° ou 120° no caso das lâmpadas direcionais. [12]

O IEE é calculado do seguinte modo e arredondado às centésimas:

$$IEE = \frac{P_{cor}}{P_{ref}} \quad (1.1)$$

Em que:

$P_{cor}$  - Potência corrigida é a potência efetiva ( $P_{ef}$ ) nos modelos sem dispositivo externo de comando e a potência efetiva ( $P_{ef}$ ) corrigida, como indicado na tabela 2, nos modelos com dispositivo externo de comando. A potência efetiva das lâmpadas é medida à sua tensão de entrada nominal.

$P_{ref}$  - potência de referência obtida através do fluxo útil.

**Tabela 2: Correção da potência caso o modelo exija um dispositivo de comando [12]**

| Âmbito da correção   | Potencia corrigida em função das perdas no dispositivo de comando ( $P_{cor}$ )                            |
|--|--|
| Lâmpadas que funcionam com dispositivos externos de comando de lâmpadas halogéneas.  | $P_{ref} \times 1,06$  |
| Lâmpadas que funcionam com dispositivos externos de comando de lâmpadas LED.   | $P_{ref} \times 1,10$  |
| Lâmpadas fluorescentes com 16 mm de diâmetro (lâmpadas T5) e lâmpadas fluorescentes de casquilho simples de quatro pinos que funcionam com dispositivos externos de comando de lâmpadas fluorescentes. | $P_{ref} \times 1,10$  |
| Outras lâmpadas que funcionam com dispositivos externos de comando de lâmpadas fluorescentes.  | $P_{ref} \times \frac{0,24 \sqrt{\Phi_{ut}} + 0,0103 \Phi_{ut}}{0,15 \sqrt{\Phi_{ut}} + 0,0097 \Phi_{ut}}$ |
| Lâmpadas que funcionam com dispositivos com dispositivos externos de comando de lâmpadas de descarga de alta intensidade.  | $P_{ref} \times 1,10$  |
| Lâmpadas que funcionam com dispositivos externos de comando de lâmpadas de sódio de baixa pressão.   | $P_{ref} \times 1,15$  |



### 3.4.2 Temperatura e Cor

A temperatura de cor da lâmpada está diretamente relacionada com a cor da mesma. No que diz respeito ao espectro visual, é bastante difícil a avaliação comparativa entre a sensação da tonalidade de cor de diversas lâmpadas. Uma forma para combater este problema foi estabelecer um critério de temperatura de cor Kelvin (k) para classificar a luz. Como um corpo metálico que, quando esta sujeito a um aumento de temperatura, passa desde o vermelho até o branco. Quanto mais claro o branco, mais se assemelha à luz do meio-dia, maior é a temperatura de cor, aproximadamente 6500K. A luz amarelada está em torno de 2700K. É importante salientar que a cor da luz não influencia o IEE da lâmpada, mas influencia a sensação de luz visível pelos nossos olhos, uma vez que para determinadas tarefas necessitamos de diferentes tonalidades de luz para não fatigar a nossa visão.

Do ponto de vista físico, quando se diz que um sistema de iluminação apresenta uma luz “quente” não significa que a luz apresente uma maior temperatura de cor, mas sim que a luz tem uma tonalidade mais amarelada. Este tipo de iluminação é utilizada em salas de estar, quartos ou locais onde o desejado é tornar o ambiente mais aconchegante. Da mesma forma que quanto maior for a temperatura da luz mais “fria” ou branca será a luz emitida, esta tonalidade de iluminação é utilizada em escritórios, cozinhas ou locais onde se deseje executar alguma tarefa, uma vez que este tipo de iluminação estimula a concentração. Esta característica é muito importante no ato de aquisição de uma lâmpada pois a sua temperatura de cor irá determinar um ambiente, ou mais quente ou mais frio isto é mais amarelo ou branco.

A unidade utilizada para a temperatura de cor é o Kelvin (K), e o símbolo a utilizar é o (T). [10]



Figura 11: Diferentes tonalidades das diferentes temperaturas de cor [13]

### 3.4.3 Índice de restituição de cores

O índice de restituição de cores IRC, não é mais do que a escala na aparência cromática dos objetos, isto é, os objetos iluminados muitas vezes parecem-nos diferentes, mesmo que as fontes de iluminação contenham a mesma tonalidade. As variações de cor dos objetos iluminados sob fontes de luz diferentes são identificadas através da reprodução de cores de um metal sólido quando aquecido. O mesmo metal, aquecido, até irradiar luz, foi utilizado como referência para se estabelecer níveis de reprodução de cor. A classificação dada ao IRC varia de 0 até ao ideal, de número 100.

Na figura 14 está representado um exemplo de dois diferentes IRC ou CRI *Color rendering index*, na iluminação. E podemos verificar que a imagem da esquerda, com um IRC mais próximo do ideal, reflete melhor as cores naturais dos objetos. [10]

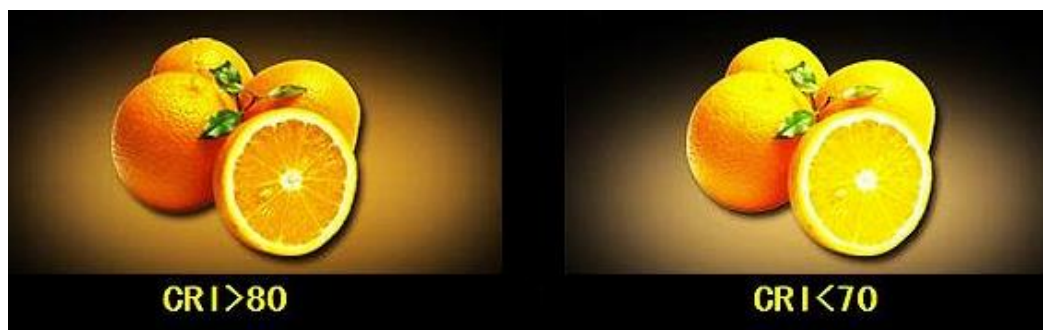


Figura 12: Iluminação dos mesmos objetos com diferentes IRC [14]

## 3.5 Tecnologias de iluminação

Neste tópico é feita uma pequena descrição das tecnologias utilizadas na iluminação, descrevendo algumas características de cada tecnologia dividindo as tecnologias de iluminação pelas seguintes categorias:

- Incandescência
  - Lâmpada incandescente normal
  - Lâmpada de halogéneo
  - Lâmpada de incandescência refletora
- Descarga elétrica em gases
  - Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão
  - Lâmpadas de luz mista
  - Lâmpadas de mercúrio com iodetos metálicos
  - Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão
  - Lâmpada fluorescente
  - Lâmpada fluorescente compacta
  - Lâmpada de vapor de sódio a baixa pressão

## LED

- O funcionamento e constituição LED
- Características da luz
- Tecnologias LED
- Outras considerações do LED

### 3.5.1 Incandescência

#### 3.5.1.1 Lâmpada incandescente normal

A lâmpada incandescente tradicional é constituída por um filamento, ampola, gás de enchimento, suporte de vidro e casquilho como mostra a figura 13, a sua utilização é cada vez menos frequente, uma vez que o seu consumo é elevado.

O filamento é a parte constituinte da lâmpada responsável por imitar a luz visível, o mesmo deve ser capaz de aguentar temperaturas o mais alto possível, visto que quanto maior a temperatura do filamento maior será a luz produzida e maior será o rendimento da lâmpada. Por um outro lado, a temperatura à qual se consegue elevar o material, pela passagem de corrente elétrica, é tanto maior quanto a resistência pelo que são necessários materiais com elevada resistividade. Hoje em dia é usual a utilização de tungsténio.

A ampola da lâmpada não é mais do que a parte envolvente da mesma, o involucro de vidro. É responsável pelo armazenamento do gás de enchimento e também pela distribuição do fluxo luminoso, podendo este ser transparente ou opalino, e com diversas formas. O gás de enchimento é responsável por reduzir a vaporização do filamento, este é colocado dentro da ampola envolvendo o filamento. Os gases mais usados são o Azoto, Árgon ou o Crip-ton, conseguindo-se maiores temperaturas de funcionamento e consequentemente maiores rendimentos. A base ou casquilho da lâmpada tem como função a ligação ao suporte. É a partir do casquilho que se montam os suportes de vidro que por sua vez contêm os fios condutores que transportam a corrente elétrica. [16]



Figura 13: Exemplo de uma lâmpada incandescente normal [15]

O valor do rendimento das lâmpadas incandescentes varia entre os 9 a 20 lm/W, com a agravante de ao longo do seu percurso de vida o seu rendimento baixar devido ao desgaste do filamento. O tempo médio de vida das lâmpadas de incandescência variam aproximadamente entre 1000 e 2500 horas, é conveniente que as condições de alimentação das lâmpadas se mantenham aproximadamente constantes, especialmente a tensão de alimentação devido a causar uma redução significativa no tempo de vida da lâmpada. [16]

A luz emitida por estas lâmpadas é dotada de níveis de luminância aproximadamente entre os 500 e os 2000 cd/m<sup>2</sup>, valores demasiadamente elevados para se poder olhar diretamente para a lâmpada, causando encadeamento e prejudicando a visão. Para evitar este acontecimento devem ser usados acessórios adicionais como difusores, ampolas com acabamento opalino, ou outras condições especiais de instalação que permitam apresentar níveis de luminância adequados e que sejam seguros para os seus utilizadores.

A temperatura de cor emitida por estas lâmpadas é aproximadamente 2700K, emitindo uma tonalidade quente. A sua emissão de luz abrange grande parte do espectro visível, emitindo em todos os comprimentos de onda, contendo assim um bom índice de restituição de cores, aproximadamente 100. [16, 17]

### 3.5.1.2 Lâmpada de halogéneo

A lâmpada de halogéneo é igual à lâmpada incandescente no seu princípio de funcionamento e nos seus componentes, mas com uma inovação, o gás que envolve o filamento, contem halogéneo ou compostos de halogenados [18]. Esta evolução permite que o ciclo de halogéneo regenerativo atue, e o desgaste do filamento seja mais lento, uma vez que as moléculas do filamento de tungsténio que se desprendem com o uso, são capturadas pelo composto halogéneo e quando esse composto fornecido pelo halogéneo e tungsténio se aproxima do filamento, é decomposto pela alta temperatura do filamento, restituindo a molécula de tungsténio, sobre o filamento da lâmpada, promovendo a sua regeneração. [19]

O rendimento desta lâmpada varia em torno dos 25lm/W e apresenta uma muito boa restituição de cores. A duração de vida média da lâmpada de halogéneo varia entre as 2000 a 4000 horas e a temperatura de cor mais comum é de 3000°K. [20]



Figura 14: Exemplo de lâmpadas de halogéneo [21]

### 3.5.2 Descarga elétrica em gases

Um outro tipo de tecnologia usada nas lâmpadas é a descarga elétrica em gases ou vapores metálicos. Esta tecnologia baseia-se em colocar um gás ou vapores metálicos num tubo de descarga, e através de dois elétrodos, colocados nos extremos do tubo, aplicar uma tensão que dará origem á descarga elétrica produzindo a excitação dos eletrões, o que leva á ionização do gás, e por sua vez dá origem á emissão de luz.

A ionização do gás só é alcançada quando a descarga elétrica é elevada, o que faz esta tecnologia necessitar de um arrancador que gere uma sobretensão no arranque da lâmpada. Para ajudar neste processo os elétrodos podem também previamente ser aquecidos, reduzindo a sobretensão necessária para o arranque da lâmpada. Um outro equipamento necessário para o bom funcionamento desta tecnologia é o balastro. A sua função é limitar a corrente fornecida à lâmpada após o arranque, uma vez que após a formação do arco a impedância da lâmpada desce drasticamente, e o balastro impede que ocorra um curto-circuito.

Dentro da tecnologia das lâmpadas de descarga em gases, existe ainda uma divisão, em função da pressão do gás. Esta divisão é feita de acordo com a pressão do gás, designando a categoria das lâmpadas de descarga de baixa pressão, e a categoria das lâmpadas de alta pressão. A diferença na pressão do gás faz com que as lâmpadas de alta pressão possuam maior poder luminoso, visto que nos tubos com o gás a baixa pressão mais dificilmente ocorrem interações entre a corrente elétrica e as moléculas do gás. Este facto tem como resultado, as lâmpadas de descarga a baixa pressão produzirem linhas espectrais, ao invés das de alta pressão que produzem faixas espectrais largas, propiciando um IRC mais elevado. [20]

#### Lâmpadas de descarga de gases a baixa pressão:

O tubo de vidro nas lâmpadas de descarga de gás de baixa pressão é enchido com um gás nobre a baixa pressão e uma pequena quantidade de mercúrio. Dentro do tubo desenvolve-se um campo elétrico entre dois elétrodos e a descarga no gás ocorre. A parede de vidro do tubo é revestida com uma substância fluorescente. O processo de descarga faz com que o vapor de mercúrio emita raios UV. A luz visível é emitida assim que a radiação UV faz contacto com a camada de fluorescência. A cor da luz gerada pode variar usando a mistura fluorescente adequada. [22]

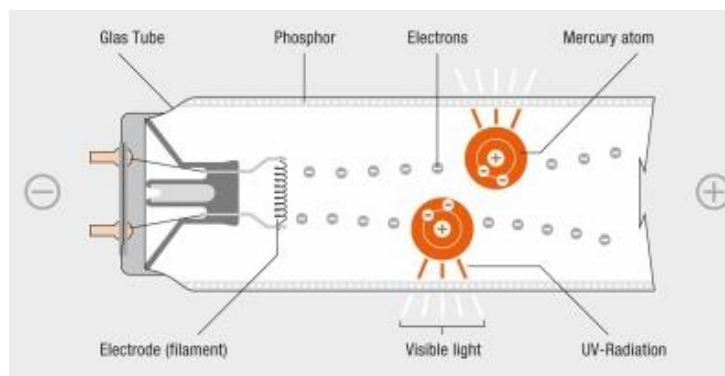


Figura 15: Princípio de funcionamento das lâmpadas de descarga de baixa pressão [22]

#### Lâmpadas de descarga em gases a alta pressão:

As lâmpadas de descarga de alta pressão podem ser comparadas às fontes de luz pontuais. O seu princípio de funcionamento é igual ao das lâmpadas de descarga de baixa pressão mas a luz é produzida numa ampola mínima. Este facto tem muitos efeitos positivos em termos de controlo de luz e brilho da luminosidade. A elevada eficiência luminosa, vida útil longa, boa reprodução de cor e economia, são os principais benefícios das lâmpadas de descarga de alta pressão. [23]

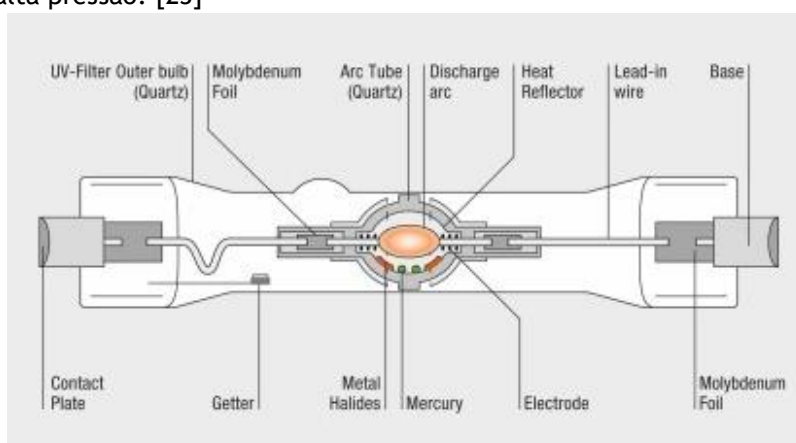


Figura 16: Princípio de funcionamento das lâmpadas de descarga de alta pressão [23]

### 3.5.2.1 Lâmpadas de vapor de mercúrio a alta pressão

Este tipo de lâmpada é utilizado em iluminação de ruas, locais públicos e recintos desportivos, devido ao seu baixo IRC, esta tecnologia atinge um nível de até 65 IRC. Emite luz de aparência branca-azulada. Necessita de aparelhagem auxiliar, como balastro e condensador para o seu perfeito funcionamento. Não necessita de arrancador contudo necessita de tempos de pré-aquecimento e de arranque relativamente longos aproximadamente 5 min. Apresentam rendimento luminoso relativamente baixo 55lm/W, podendo a vida útil variar de entre as 10000 e as 20000 horas. Na figura 17, é ilustrada um exemplo de uma lâmpada com esta tecnologia.

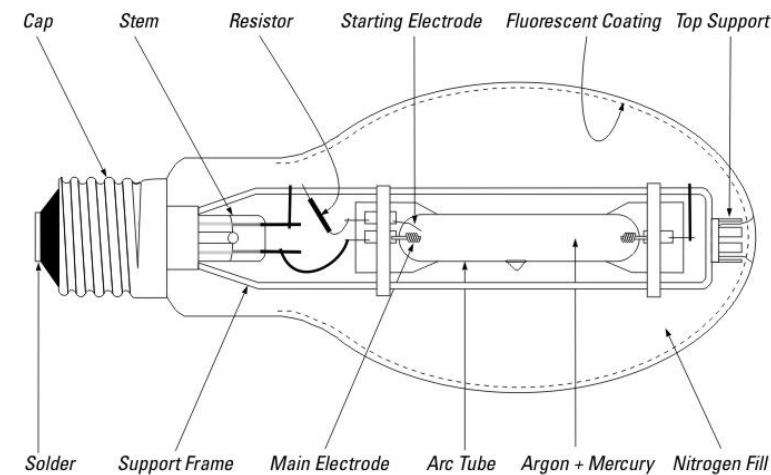


Figura 17: Lâmpada de vapor de mercúrio a alta pressão [24]

### 3.5.2.2 Lâmpadas de luz mista

Este tipo de tecnologia, como o próprio nome indica é uma junção das duas tecnologias, a descarga elétrica em gases e a incandescente, isto é, composta por um filamento de tungstênio ligado em série com um tubo de descarga, como ilustra a figura 18.

Este tipo de lâmpada apresenta uma eficiência energética superior à da lâmpada incandescente, entre os 20 e 30 lm/W, e é geralmente utilizada como alternativa a esta última, quando se pretende uma solução com maior rendimento. A radiação de cor quente incandescente é transmitida em conjunto com a de descarga elétrica no vapor de sódio onde adicionalmente parte da radiação UV é convertida pela camada fluorescente. Este acontecimento permite obter uma luz branca agradável, entre 3000K e 4000K, melhorando o índice de restituição de cores. IRC aproximadamente 60.

As lâmpadas de luz mista não necessitam de qualquer equipamento auxiliar, logo facilmente se procede à sua substituição. Uma vez que o filamento de tungstênio serve também para limitar a corrente de arranque funcionando assim como balastro, permitindo portanto que estas lâmpadas possam ser ligadas diretamente à rede. O Tempo de vida útil desta tecnologia varia entre 3000 a 10000 horas. [25, 26]

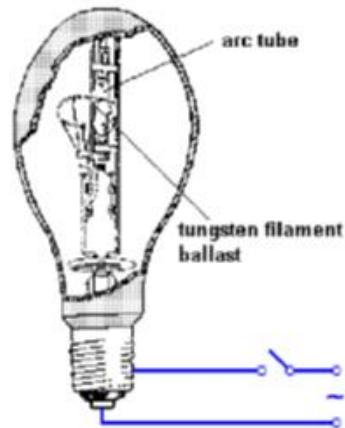


Figura 18: Lâmpada de luz mista [25]

### 3.5.2.3 Lâmpadas de mercúrio com iodetos metálicos

Esta tecnologia de lâmpadas foi desenvolvida como intuito de proporcionar uma boa restituição de cores, garantindo também um rendimento luminoso elevado e uma vida útil longa. A luz emitida por esta tecnologia tem uma aparência branca-azulada, com uma emissão na região visível dos comprimentos de onda do amarelo, verde e azul, faltando a radiação vermelha. Porém neste tipo de lâmpadas 50% da potência é transformada em radiação, dos quais 15% corresponde a radiação visível, 15% correspondem a radiação infravermelha e 20% a radiação ultravioleta. Através do emprego de uma fina camada de pó fluorescente na superfície interna do invólucro exterior, parte da radiação ultravioleta é convertida em radiações visíveis. Para tal finalidade utiliza-se uma composição química fluorescente especialmente rica na emissão de radiações vermelhas, o que contribui para melhoria significativa na aparência de cor da luz emitida por estas lâmpadas.

Adicionando estas inovações obtém-se uma lâmpada com um excelente índice de reprodução de cores, variando entre 85 a 90, elevada eficiência energética, rendimento luminoso de 60 a 96 lm/W, com uma luz branca e brilhante, com possibilidade de 3000 a 6500K, uma longa durabilidade entre 3000 e 11000 horas, e uma carga térmica bastante reduzida. Porém esta tecnologia necessita de aparelhos auxiliares, balastro, arrancador e condensador. [26, 27]

### 3.5.2.4 Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão

A tecnologia das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão segue a mesma metodologia de funcionamento que as lâmpadas de mercúrio de alta pressão com a vantagem de o vapor de sódio possibilitar uma proporção mais elevada de radiação visível. O tubo de descarga neste tipo de lâmpada contém um excesso de sódio, para dar condições de saturação do



vapor quando a lâmpada funciona. Tal como na lâmpada de vapor de mercúrio, também na de vapor de sódio metade da potência é convertida em radiação. No entanto a energia da radiação visível obtida é de cerca de 15% no caso da descarga de vapor de mercúrio e no caso da de sódio é o dobro, cerca de 30%. A radiação apresenta uma cor amarelo-alaranjada, particularidade, que a torna mais sensível à nossa vista, pelo que a iluminação resultante da utilização desta lâmpada causa uma impressão mais agradável do que a lâmpada de vapor de mercúrio. Esta lâmpada tem um IRC alto, à volta dos 80, baixo consumo, alto rendimento até 150lm/W, diversidade de formatos e potências, temperatura de cor entre 1900 a 2500°K, e tem uma vida útil de 8000 horas até as 32000h. [27]

A aparelhagem necessária para o bom funcionamento desta tecnologia é, um balastro para limitar as correntes de arranque, um arrancador que proporciona um pico de tensão para a lâmpada arrancar e um condensador.

### 3.5.2.5 Lâmpada fluorescente

As lâmpadas fluorescentes fazem parte da tecnologia das lâmpadas de descarga elétrica em gases de baixa pressão. O que a torna muito usada na iluminação, uma vez que as lâmpadas com gases de baixa pressão tem rendimentos baixos, é a característica do mercúrio emitir uma radiação com um espectro descontínuo, que se situa na zona do ultra violeta e também na zona do visível, tendo conhecimento deste fenómeno, são introduzidas substâncias fluorescentes depositadas na camada interior do tubo que ao serem excitadas por essa radiação emitem radiação visível. Esta tecnologia converte 25 % da energia de funcionamento em radiação visível, 30 % é convertido em perdas de calor por radiação infravermelha e 45 % é perdido por condução e convecção. [28] Desta forma as características da luz emitida por esta tecnologia são melhoradas contribuindo para uma melhor restituição de cores, aproximadamente 90 IRC, e a temperatura de cor pode variar entre, 2500 a 6000K, assim como rendimento luminoso que pode chegar aos 140lm/W.

Com o intuito de facilitar o arranque, é utilizado um circuito auxiliar, o arrancador, que aplica uma tensão aos elétrodos aumentando a sua temperatura e permitindo uma tensão mais baixa para o arranque, conseguindo assim ligar esta tecnologia diretamente à rede elétrica, os elétrodos são revestidos com um material emissor de eletrões, são feitos à base de tungsténio, coberto com materiais como o óxido de bário ou cálcio e servem para fornecer energia elétrica à lâmpada e fortalecer a emissão dos eletrões.

Um outro equipamento necessário para o bom funcionamento desta tecnologia é o balastro, a sua função é limitar a corrente de arranque necessária para se efetuar a descarga.

Esta tecnologia utiliza casquilhos específicos para a ligação da lâmpada à rede elétrica, e os casquilhos podem variar consoante o seu número de pinos, constituídos por 1, 2 ou 4 pinos conforme o tipo de lâmpada e a forma do tubo de descarga.

As dimensões do tubo estão também normalizadas, sendo adotado o tamanho adequado às características pretendidas para a luz emitida. De acordo com o diâmetro do tubo existe uma gama de lâmpadas desta tecnologia: a T12 a T8 a T5 e a T2.

O final de vida desta tecnologia ocorre com o desgaste dos eletrodos, que resulta da perda do material emissor de eletrões. Com isto a tensão de alimentação deixa de ser suficiente para o arranque da lâmpada. Uma outra causa comum é a perda da eficácia da camada fluorescente que leva a uma diminuição do fluxo luminoso. A duração média de vida desta tecnologia varia entre as 12000 e 20000 horas. [29]



**Figura 19: lâmpada fluorescente T8 [30]**

### **3.5.2.6 Lâmpada fluorescente compacta**

Esta tecnologia de lâmpadas fluorescentes compactas ou CFL - Compact Fluorescent Lamp, baseia-se no princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes normais, mas com a particularidade, do seu tamanho reduzido, constituídas por um tubo de descarga curvado ou por um conjunto de tubos de menor dimensão, esta característica foi desenvolvida para tirar partido desta tecnologia onde são utilizadas exclusivamente as lâmpadas incandescentes. Uma outra particularidade é a possibilidade de escolha de equipamentos auxiliares incorporados na lâmpada ou não. Esta particularidade divide esta tecnologia em duas vertentes: as CFL com equipamentos auxiliares integrados são constituídas por casquilhos do tipo Edison, o que as torna facilmente aplicáveis no lugar das lâmpadas incandescentes, uma vez que o balastro, arrancador e o condensador estão incorporados no interior da lâmpada; as CFL não integradas são constituídas por casquilhos de pinos, e necessitam dos equipamentos auxiliares para o seu funcionamento, necessitam assim de condições específicas de instalação mas tem vantagem no que diz respeito ao peso, e na questão económica, uma vez que os equipamentos não necessitam de ser substituídos, quando ocorre o fim de vida da lâmpada.

Os valores característicos desta tecnologia são semelhantes aos das lâmpadas fluorescentes, contudo tem um rendimento luminoso menor, até aos 70lm/W, um IRC por volta dos 80, e a um tempo de vida útil por volta das 10000 horas. [31]



Figura 20: Lâmpadas fluorescentes compactas [32]

### 3.5.2.7 Lâmpada de vapor de sódio a baixa pressão

A tecnologia das lâmpadas de vapor de sódio a baixa pressão é semelhante no que diz respeito ao princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes, sendo diferente no uso do vapor de sódio em vez do vapor de mercúrio. A utilização do sódio implica que o arranque se faça com mais dificuldade porque o sódio está no estado sólido à temperatura ambiente, este obstáculo é ultrapassado com a junção de um composto gasoso auxiliar, contendo árgon e néon, em proporção adequada. Um outro obstáculo no uso de vapor de sódio é a elevada tensão de arranque e um longo tempo de arranque, aproximadamente dez minutos, para funcionar com rendimento máximo. No entanto o espectro eletromagnético emitido encontra-se maioritariamente na zona visível pelo que não é necessário converter a radiação ultravioleta como nas lâmpadas fluorescentes, contudo o tubo de descarga tem de ser construído num material capaz de suportar as altas temperaturas, necessárias para a vaporização do sódio.

Esta tecnologia é muito utilizada devido ao seu elevado rendimento luminoso, obtendo valores até aos 200 lm/W, aliado a uma vida útil bastante elevada, 12000 a 20000 horas, no entanto é fraca na restituição de cores, com um máximo de IRC de 10. A sua maior área de utilização é a iluminação pública.

### 3.5.3 LED

O setor da iluminação está numa constante evolução, uma das novas tecnologias usadas para iluminação artificial é a tecnologia LED, sigla em inglês para Lighting Emitted Diodes, em português, díodos emissores de luz. A descoberta deste recurso foi devida a Henry Joseph Roundm, que em 1907 comunicou a descoberta de um brilho emitido por um cristal de carbono de silício. [33]

Esta tecnologia permaneceu esquecida e só uns anos mais tarde, na década de 60, é lançado o primeiro LED, esta tecnologia veio a sofrer fortes desenvolvimentos conseguindo-se assim, no ano de 1971, LED's com diferentes cores, como o verde, o laranja e o amarelo, e com melhorias na eficácia. Estes LED's foram incorporados em diversas aplicações, como calculadoras, relógios digitais ou equipamentos de teste e de medida. Esta utilização dos LED's permitiu que esta tecnologia não permanecesse esquecida, conseguindo-se aumentar os níveis de eficiência e luminosidade bem como a redução dos custos de produção, levando em 1995, à criação do primeiro Led com luz branca criado por conversão de luminescência. Esta descoberta permitiu que nestes últimos 30 anos as utilizações dos LED's passassem de sinalização para iluminação

Hoje o LED branco tem uma eficácia que vai dos 45 aos 130 lm/W, a eficiência depende da temperatura de cor e reprodução de cor. A sua utilização em iluminação de emergência e iluminação decorativa começa a ser cada vez mais frequente, assim como em painéis publicitários, sobretudo porque permite maiores efeitos estéticos com um impacto superior aos meios mais convencionais. Para além dos aspetos estéticos o impacto financeiro em manutenção e em consumo são também significativamente mais baixos do que nos sistemas convencionais. [34]

#### 3.5.3.1 O funcionamento e constituição do LED

A constituição de um LED é semelhante à de um díodo normal, isto é, um conjunto de regiões realizadas em material semicondutor, esse material é obtido através de um processo designado por dopagem, que consiste na introdução de impurezas num material, formando uma junção do tipo p-n. [35]

A junção do tipo p-n, como o próprio nome indica, tem 2 camadas distintas. A região n é a fonte de cargas negativas. A camada n é obtida pela substituição de uma pequena quantidade de átomos do material principal por átomos de um elemento químico com um número superior de eletrões de valência, provocando assim nesta camada um excesso de cargas negativas. É usual a utilização do silício e do germânio como elementos dopantes.

A região p será um processo semelhante à região n, tendo a finalidade de ser uma fonte de cargas positivas onde o elemento introduzido terá um elétron a menos na camada exterior, provocando assim um déficit de cargas negativas, este processo é designado como a criação de lacunas, os materiais mais utilizados são o zinco ou o magnésio.

Juntando as camadas n e p, sendo estes separados por uma camada fina de um semiconductor, iremos verificar que os elétrons da região n bem como as lacunas da região p, se o material for submetido a uma tensão elétrica, facilmente se libertam da sua estrutura atômica e iniciam a passagem de cargas pelo cristal. Este acontecimento é responsável pela produção de luz uma vez as camadas n e p ao se reorganizarem atômica pela camada semicondutora, libertam fótons, e conseqüentemente existe a emissão de luz. [36]

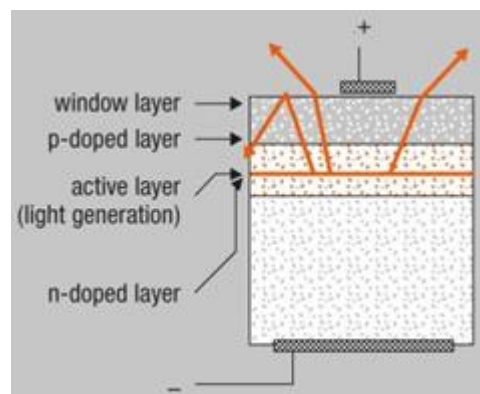


Figura 21: Camadas de junção tipo P e N utilizados nos LED's [36]

Uma lâmpada com tecnologia Led apresenta a seguinte constituição básica ilustrada na figura 22.

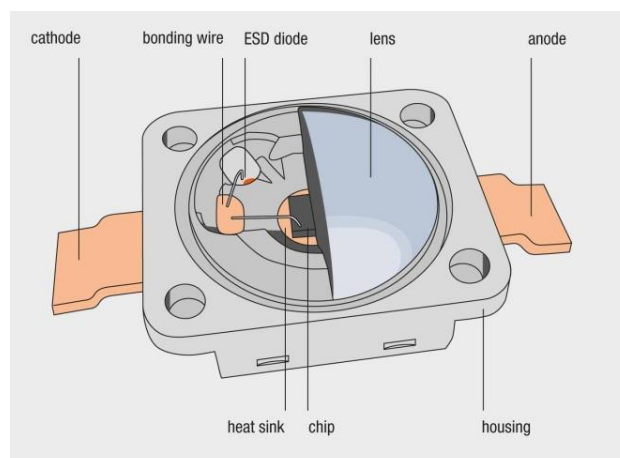


Figura 22: Constituição de um LED [36]

O Led é constituído por uma base, designada de *housing*, onde incorpora todos os componentes constituintes. Contem dois *bonding wire*, terminais elétricos designados de ânodo e cátodo onde é ligada a tensão de alimentação a fornecer aos leds. Na parte inferior destes componentes é colocado o *heat sink*, o dissipador de calor que envolve os *chip's* ou leds, responsável por diminuir a temperatura na zona semicondutora onde se produz a luz, sendo possível haver uma camada intermédia que facilite a propagação de calor. Por fim existe a *lens*, a lente, que é responsável por emitir a luz do pelo led com a forma e direção desejadas.

A utilização da tecnologia LED é responsável pela forte evolução tecnológica na área da iluminação, mas ainda sofre um problema que é a grande perda de eficiência com o aumento da corrente direta de funcionamento. Uma vez que com os Leds consegue-se grandes rendimentos luminosos, acima dos 130 lm/W, mas funcionando a baixas correntes, o que é indicado para aplicações pequenas como aparelhagem eletrónica, telemóveis, relógios. Para aplicações gerais de iluminação são necessários fluxos luminosos elevados, o que implica o uso de um elevado número de Leds ou em alternativa usar uma corrente de alimentação superior para elevar o seu fluxo luminoso emitido. No entanto, o que acontece é que o uso de correntes mais elevadas baixa consideravelmente a eficiência dos LED. Atualmente a indústria trabalha na vertente de investigar a iluminação LED de modo a obter uma maior eficiência para compensarem os elevados custos de produção. [36]

### 3.5.3.2 Características da Luz

A luz emitida pelos LED tem um comprimento de onda específico e portanto uma cor específica, facto que se deve à utilização de diferentes materiais semicondutores na constituição do LED. Os semicondutores consistem em combinações dos elementos como, por exemplo, fosforetos ou arsenetos, estas diversas combinações transmitem diferentes quantidades de energia de acordo com o material.

Quando os transportadores de carga são recombinados, os fotões são emitidos de acordo com os níveis de energia específicos. Este facto determina a tonalidade particular. Por exemplo, a luz azul é produzida se um nível alto de energia for liberado e será luz vermelha se um nível menor de energia for emitido. Assim a luz monocromática, cor única, é produzida.

Cada cor de luz LED é portanto limitada por um intervalo de comprimento de onda que, da mesma forma, só representa uma tonalidade específica. A única cor do espectro que não pode ser produzida diretamente é a luz branca, uma vez que a luz branca é representada por uma mistura de todas as cores de luz. [37]

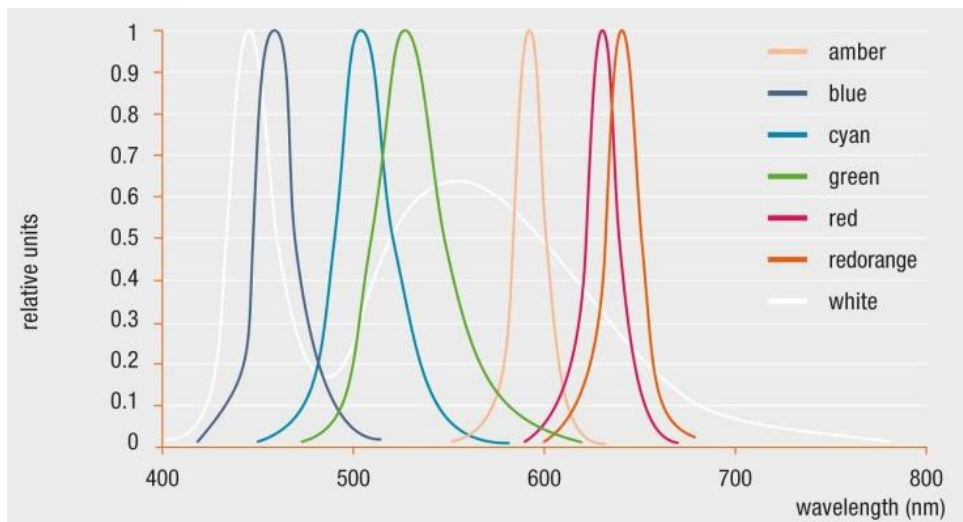


Figura 23: Comprimentos de onda das diferentes cores na tecnologia LED [37]

### 3.5.3.3 Tecnologias LED atuais

Como já referido anteriormente o baixo consumo e a elevada eficiência energética despertou aos investigadores a utilização da tecnologia LED na iluminação, com essa evolução foram desenvolvidas várias aplicações LED. Neste tópico iremos ilustrar algumas dessas aplicações.



Figura 24: Aplicações dos LED's na iluminação artificial [38]

Na imagem anterior, figura 24, temos no canto superior esquerdo uma lâmpada LED, onde o utilizador final pode alterar a cor da lâmpada através de um comando, no canto inferior esquerdo temos a fita LED, com a mesma possibilidade de alterar a cor consoante o gosto do utilizador final, no canto superior direito temos uma lâmpada T8, semelhante as tubulares fluorescentes, no canto inferior direito, temos uma lâmpada gota com casquilho E27 e uma lâmpada com casquilho Gu10, com tecnologia LED, estas lâmpadas surgiram para que o utilizador final não necessitasse de alterar os candeeiros para utilizar a tecnologia LED.

As vantagens destas tecnologias são:

- Vida útil de 50000 horas, reduzindo os custos com a manutenção.
- Controlo de variação de cor e criação de ambientes diferenciados.
- O acionamento dos leds é imediato, o que além de favorecer a sua aplicação, possibilita a criação de efeito tipo –*flashing*;
- Robustez - resiste a grandes variações de temperatura e de vibração, criando novas possibilidades para aplicação de luz, como por exemplo, orientação do tráfico em vias públicas (semáforos);
- Operam em baixa tensão aumentando a segurança para os utilizadores, durante a sua instalação e operação;
- Os LED's não contêm mercúrio ao contrário de todos os tipos de lâmpadas de vapor de mercúrio;
- Uma eficiência luminosa de até 130 lúmen por Watt é possível com os componentes atualmente disponíveis. [37]

Contudo esta nova tecnologia também nos trás desvantagens:

- Custo de aquisição elevado;
- O índice de restituição de cor (IRC) pode não ser o mais adequado;
- Necessidade de dispositivos de dissipação de calor, nos leds de alta potência (a quantidade de luz emitida pelo led diminui com o aumento da temperatura);
- Em algumas aplicações, a necessidade adquirir, aparelhos de ligação entre a fonte de luz e a rede. [37]

### 3.5.3.4 Outras considerações do Led

A nível de duração da tecnologia LED, esta diferencia-se das restantes tecnologias, uma vez que o led não deixa de emitir fluxo luminoso. Considerando que existe a rutura do filamento nas lâmpadas incandescentes, ou desgaste dos elétrodos nas lâmpadas de descarga, o fim de vida útil das duas lâmpadas é facilmente perceptível, já na tecnologia led isso não acontece. Portanto surge a necessidade de se definir uma forma diferente de classificar se a lâmpada ainda é útil para a iluminação.



É necessário definir valores a partir dos quais a radiação emitida não é suficiente para cumprir a função para a qual foi desenhada. Os valores dependem obviamente da aplicação, mas em geral os testes efetuados indicam que o olho humano consegue aceitar sem se aperceber de reduções de luxo luminoso de 70% para aplicações de iluminação geral e 50% para aplicações decorativas. [39]

## 3.6 Material de apoio à iluminação

### 3.6.1 Casquilhos

O casquilho é a parte da lâmpada que permite a ligação à fonte de alimentação através de um suporte ou conector e que pode ainda servir para fixar a lâmpada nesse suporte. Os mais utilizados são os casquilhos ilustrados na figura 25.



Figura 25: diferentes casquilhos utilizados na iluminação artificial [40]

### 3.6.2 Balastros

O balastro é um dispositivo de comando de lâmpadas inserido entre a fonte de alimentação e uma ou mais lâmpadas de descarga, destinado essencialmente a limitar a corrente das lâmpadas e adequar a tensão para o perfeito funcionamento das lâmpadas. Dentro da família dos balastros existe uma divisão:

Os balastros magnéticos são constituídos por um núcleo laminado de aço silício e bobinas de fio de cobre esmaltado. Tem baixas perdas, mas um peso elevado devido às bobinas;

Os balastros eletrónicos são constituídos por componentes eletrónicos nomeadamente condensadores e pequenas bobinas para alta frequência, resistências, circuitos integrados entre outros componentes eletrónicos. Este facto torna os balastros eletrónicos mais compactos e leves. Proporcionam também, um maior fluxo luminoso com menor potência de consumo. [41]



Figura 26: Exemplo de um balastro [42]

### 3.6.3 Arranadores

O arrancador é responsável por aquecer os elétrodos das lâmpadas de descarga, de forma a ajudar o arranque da mesma.



Figura 27: Exemplo de um arrancador [43]

## 3.7 Considerações

Neste capítulo várias informações sobre a iluminação são-nos transmitidas. No subcapítulo da história da iluminação, é nos transmitido o percurso da iluminação bem como os obstáculos e inovações obtidas ao longo do tempo, uma outra informação importante a reter, é a forte mudança que ocorre na iluminação. Este facto é também transmitido no subcapítulo das tecnologias existentes no mercado, uma vez que cada tecnologia descrita significa uma nova era na iluminação. De igual importância é transmitida a recente aposta no mercado da iluminação, a utilização das tecnologias LED, bem como as grandezas e conceitos utilizados na iluminação, que nos permitem avaliar a qualidade de luz e as características de cada tecnologia.

# Capítulo 4

## O laboratório

O laboratório da empresa Geonext está articulado com vários departamentos como podemos verificar no cronograma do Capítulo 2, Figura 2. É responsável pelos testes executados aos equipamentos luminotécnicos, nomeadamente lâmpadas e luminárias (candeeiros). Os testes realizados aos equipamentos na aquisição de novos modelos ou mesmo na validação da mercadoria rececionada, são registados e posteriormente é criado um relatório interno com a constatação dos testes executados. O relatório contém os resultados dos testes verificando a qualidade e as características dos equipamentos e um pequeno comentário do responsável do laboratório com a sua opinião relativamente aos resultados obtidos.

Os seus resultados implicam vários impactos em outros departamentos, pois os resultados obtidos no laboratório podem alterar ou anular ações de alocação de mercadoria no armazém, ou alterar encomendas realizadas aos fornecedores, bem como sugerir possíveis melhorias em equipamentos, alterando todo o trabalho dos departamentos envolventes.

Para uma melhor perceção destes impactos apresenta-se neste capítulo os diagramas de tarefas que o laboratório realiza, de acordo com a certificação da empresa. Os diagramas de tarefas desenvolvidas no laboratório são, a seleção de novas amostras, receção de mercadoria e por fim EMM's (Equipamentos de Medição e Monotorização).

### 4.1 Tarefas executadas pelo laboratório

- **Receção de mercadoria**

O processo de trabalho, receção de mercadoria, ilustrado na figura 28, destina-se à chegada de mercadoria por parte dos fornecedores. O principal objetivo desta figura é uma melhor compreensão das etapas deste processo bem como todos os departamentos envolvidos

neste processo. Permitindo ainda verificar o impacto das decisões tomadas no laboratório nos processos e nos departamentos envolvidos. [44]

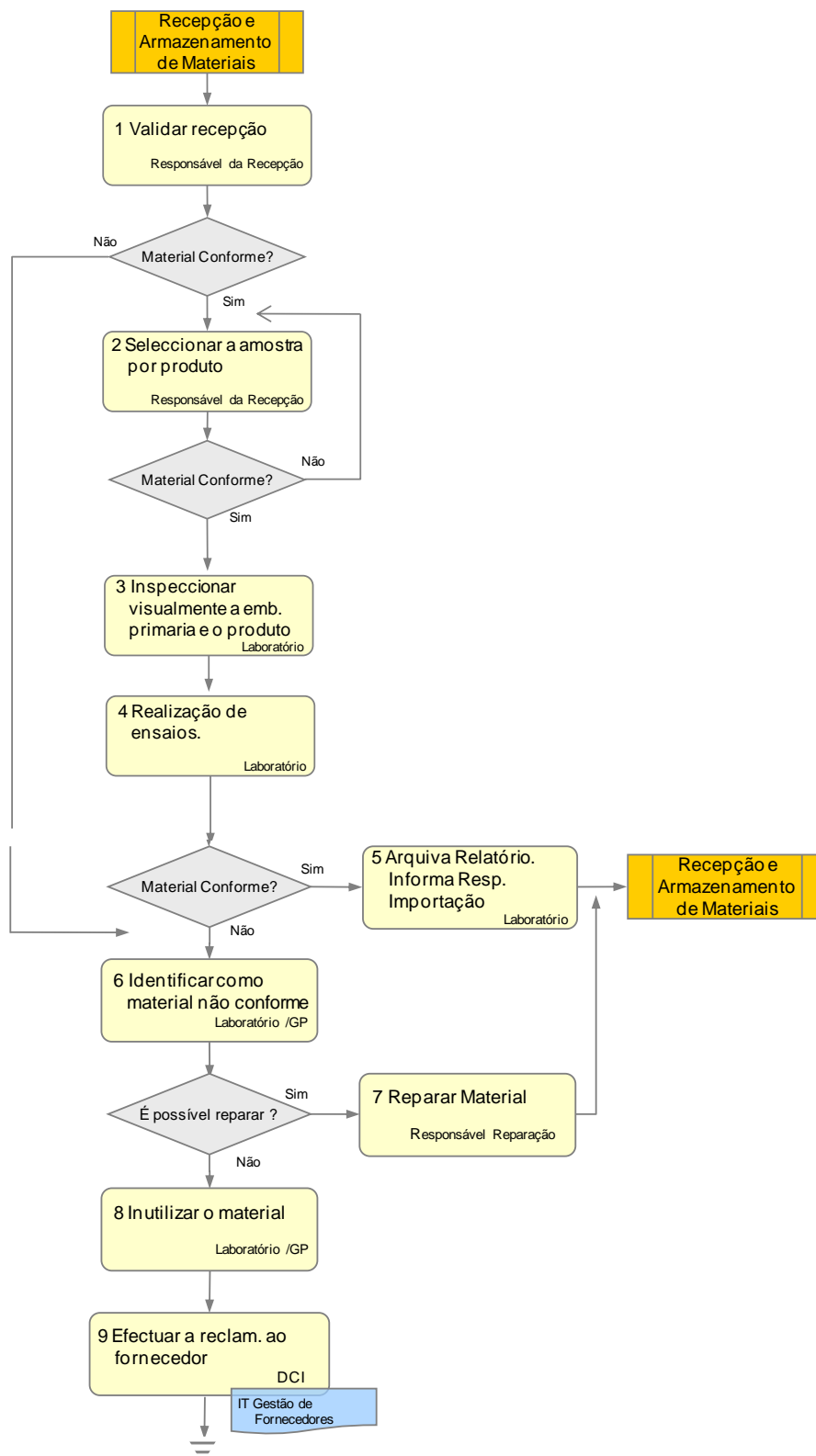


Figura 28: Diagrama utilizado na recepção de mercadoria [44]

Explicação das tarefas nas diferentes etapas do diagrama:

1. Na etapa 1, Validar a receção, a equipa responsável pela receção inspeciona a embalagem exterior, para verificar se não existe à primeira vista:
  - Material danificado, partido e/ou caixas amassadas.
  - Embalagens com humidade.

Se encontrar alguma anomalia, o responsável na receção informa de imediato o Gestor de Produto responsável pelo material que está na receção como material não conforme.

2. O Responsável de Receção seleciona uma embalagem de cada uma das referências rececionadas, ou a quantidade definida como amostra (com base nos critérios de amostragem definidos no plano de ensaios) e coloca-as no Laboratório para serem testadas. Caso o produto tenha mais de 3 inspeções com resultado satisfatório no último ano, não carece de inspeção.
3. O Colaborador do Laboratório efetua a inspeção de acordo com os pontos do Relatório de Inspeção (modelo estabelecido no PHC), registando a conformidade, não conformidade ou oportunidades de melhoria em cada situação. O PHC é a base de dados da empresa, onde contem todas as informações sobre os produtos, desde os preços, os testes executados, os relatórios de conformidade, as fichas técnicas e os fornecedores.
4. O Colaborador do Laboratório efetua os ensaios de funcionamento, de acordo com o definido no plano de inspeção para cada família, e efetua o registo da conformidade, não conformidade ou oportunidades de melhoria e resultados obtidos em cada situação, no Relatório de Ensaio (modelo estabelecido no PHC).
5. O Colaborador do Laboratório arquiva o impresso Relatório de Inspeção e o Relatório de Ensaio com as não conformidades da encomenda.

Informa o DCI (Departamento Comercio Internacional) e o GP (Gestor de Produto) das não conformidades que foram detetadas na inspeção, através de correio eletrónico ou outro, enviando o Relatório de Inspeção e o Relatório de Ensaio que corresponde a encomenda.

6. O Laboratório identifica a totalidade do material, como Material Não Conforme, e juntamente com o GP, avaliam a possibilidade de corrigir no imediato as não conformidades identificadas.

É efetuado o registo das não conformidades da encomenda, sendo definida qual a ação a tomar e quem será o Responsável da realização da mesma.

7. Dependendo da não conformidade detetada, é efetuada a reparação/correção, cujo responsável será definido aquando a inspeção, pois vai depender do tipo de ação a realizar, registando a reparação/correção realizada no relatório de não conformidades da encomenda.

Uma vez que o produto é reparado ou a correção feita, passa novamente o processo de verificação, para determinar se a não conformidade foi corrigida, e se o produto encontra conforme.

8. O Colaborador do Laboratório inutiliza a material não conforme, registando qual a localização final do produto no relatório de não conformidade da encomenda.

Eventualmente o material inutilizado, poderá ser convertido para peças de substituição.

9. O DCI, baseada nas não conformidades detetadas na Inspeção do Material, efetua a reclamação ao fornecedor, alertando para a necessidade de efetuar correções/melhorias nos próximos fornecimentos. [44]

- **Seleção de novos modelos**

Esta instrução de trabalho destina-se a ser utilizada aquando da necessidade da seleção de novos modelos a serem comercializados, utilizando uma das marcas propriedade da Geonext, Produtos Elétricos. Para uma melhor compreensão está ilustrada através de um diagrama na figura 29. [45]

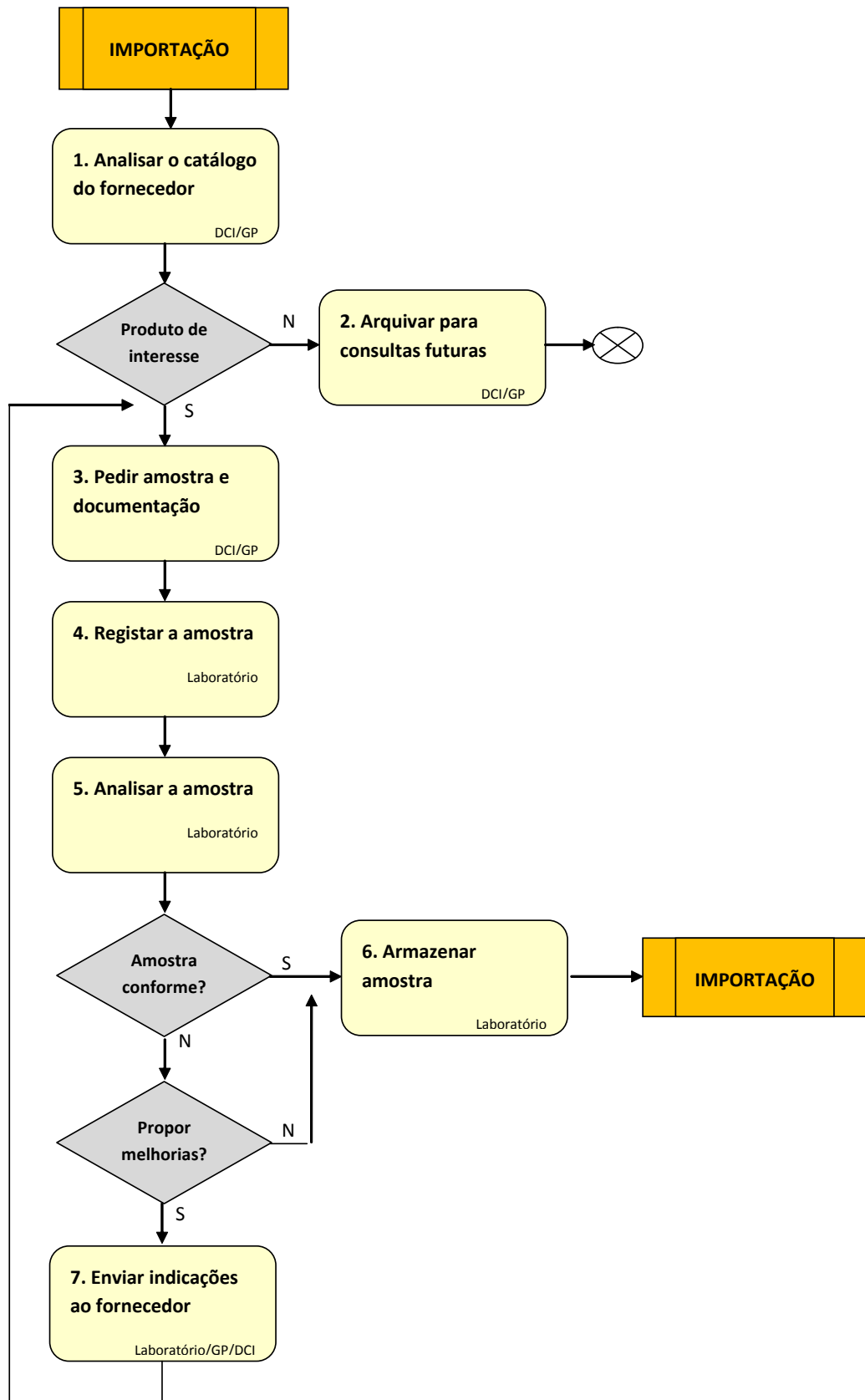


Figura 29: Processo de seleção de novos modelos [45]

Explicação das tarefas nas diferentes etapas do diagrama:

1. O DCI e ou os GP interessados analisam o catálogo do potencial fornecedor, identificam os produtos de interesse para a empresa, preferencialmente numa reunião conjunta de análise de novos produtos.
2. Se não existir interesse em algum dos produtos, o DCI arquiva os catálogos para futuras consultas, separados dos catálogos dos fornecedores selecionados.
3. Caso se identifiquem produtos com interesse, o DCI juntamente com o GP, selecionam um conjunto de produtos para solicitar amostras ao fornecedor, adicionalmente o DCI solicita o Dossier de documentos (certificados de conformidade, relatórios de ensaio, outra informação/documentação considerada necessária).
4. Quando se dá a receção da amostra o GP responsável, entrega a mesma no Laboratório preenchendo o impresso SNM (Seleção de Novos Modelos) (opcional), onde tem oportunidade de solicitar os dados pretendidos aos restantes Departamentos.
5. As amostras são avaliadas no Laboratório Interno (ou recorrendo a Laboratórios Externos com a adequada competência técnica, caso seja necessário). Quando a avaliação é realizada no Laboratório Interno, o Responsável realiza os ensaios, utilizando o ficheiro registo de dados amostras, para registar os resultados obtidos.  
De acordo com os resultados obtidos o Responsável do Laboratório informa ao GP (via email), da conformidade da amostra ou as não conformidades ou oportunidades de melhoria detetadas na amostra.
6. A amostra é armazenada no local destinado para tal fim, durante o tempo indicado no Controlo de Registos. O Laboratório desencadeia a criação do “Dossier de Produto” a partir do momento que recebe do DCI a informação da Confirmação de Encomenda.
7. O Laboratório ou o GP indica ao DCI (que por sua vez irá comunicar ao fornecedor) quais as não conformidades ou oportunidades de melhoria



identificadas e pedem evidências às melhorias propostas e ou uma nova amostra para ser analisada. [45]

- **EMM's - Equipamentos de Medição e Monotorização**

Este diagrama de trabalho destina-se a ser utilizado quando existir a necessidade de aquisição, reparação ou calibração de um equipamento para a empresa Geonext Produtos Eléctricos S.A. [46]

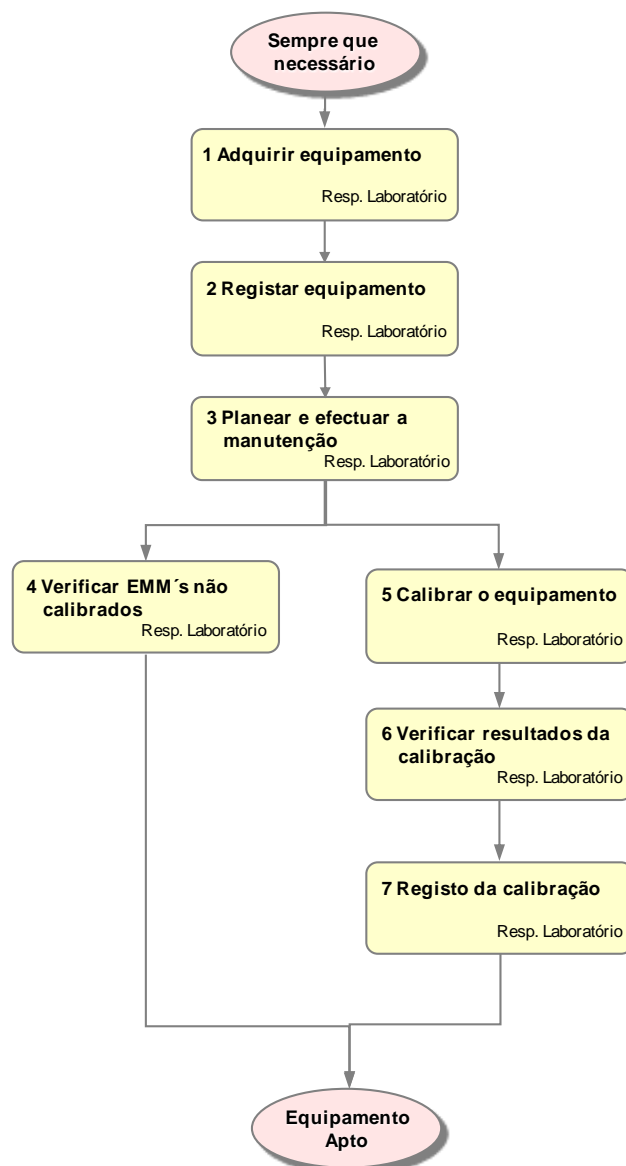


Figura 30: Diagrama de Equipamentos de Medição e Monotorização [46]

Explicação das tarefas nas diferentes etapas do diagrama:

1. Sempre que é adquirido um novo EMM, o responsável do laboratório:

- Elabora o respetivo registo individual de manutenção de equipamentos;
- Regista o equipamento no inventário dos equipamentos de medição e monitorização;
- Elabora, se necessário, instruções de utilização/ manutenção de equipamentos;
- Atualiza o plano de manutenção de equipamentos de EMM's.

Os equipamentos devem ser adquiridos tendo em consideração as tolerâncias dos ensaios a realizar em que a EMA (erro máximo admissível) deverá ser igual a 1/3 do intervalo de tolerância das grandezas a medir.

2. A manutenção dos equipamentos é efetuada de acordo com as instruções constantes nos manuais dos equipamentos, nas fichas de identificação de equipamento e eventuais instruções de trabalho. O resultado das manutenções (calibrações ou verificações) é registado pelo Responsável do Laboratório, no respetivo impresso, registo Individual de manutenção de equipamentos e EMM's.

3. A verificação consiste na confirmação do bom estado do equipamento, quer visual, quer funcional, por comparação com o equipamento de referência.

4. De acordo com a data prevista mencionada no plano anual de manutenção de equipamentos e EMM's, e considerando a devida antecedência para o processo de envio, pelo responsável do laboratório, a consulta da entidade calibradora sobre a disponibilidade para execução do serviço, definindo o conjunto de equipamentos e uma data e modo de envio de equipamentos, bem como a data e modo de receção de equipamentos.

5. O responsável do laboratório verifica os resultados da calibração conferindo os pontos existentes no impresso - Tratamento dos Certificados de Calibração.

6. Após a aprovação dos resultados da calibração, efetuados o registo do tratamento dos certificados de calibração, é atualizado o registo individual de manutenção de equipamentos e EMM's. [46]

## 4.2 Testes executados na receção de mercadoria e aquisição de novos equipamentos

Este subcapítulo descreve os testes executados no laboratório da empresa, de forma a explicar os procedimentos de cada teste.

### Na receção de mercadoria os ensaios executados são:

#### **Ensaio de lâmpadas**

São retiradas, aleatoriamente, do lote 5 unidades por referência e são elaborados todos os testes necessários ao bom funcionamento da lâmpada. Se todas as amostras estiverem conforme considera-se o lote aceite, se alguma das 5 não estiver conforme retiram-se mais 10 unidades, aleatórias, e repete-se os mesmos testes. Se todas estiverem conformes aceita-se o lote, se alguma das 10 não estiver conforme bloqueia-se o lote e é preenchido o impresso, (não conformidade da encomenda), sendo definida qual a ação a tomar e quem será o responsável da realização da mesma. [47]

- Teste funcional (IEC60598-1:2008)

#### **Ensaio de luminárias**

É retirado, aleatoriamente, do lote uma unidade por referência e são elaborados todos os testes necessários ao bom funcionamento da luminária. Se a amostra estiver conforme considera-se o lote aceite, caso contrário retiram-se mais 5 unidades, aleatórias, e repete-se os mesmos testes. Se todas estiverem conformes aceita-se o lote, se alguma das 5 não estiver conforme bloqueia-se o lote e é preenchido o impresso 97 (não conformidade da encomenda), sendo definida qual a ação a tomar e quem será o responsável da realização da mesma. [48]

- Teste funcional (IEC60598-1:2008)
- Continuidade de terra (IEC60598-1:2008, secção 7)
- Resistência de isolamento (IEC60598-1:2008, secção 10)

### Na seleção de novos modelos os testes são:

#### **Plano de ensaio módulos LED**

Caso a nossa amostra seja um módulo LED, temos que verificar os seguintes aspetos:

- Teste de endurance (IEC62384, secção 13.2);

- Teste de alimentação intermitente (IEC62384, secção 13.1);
- Teste de choque térmico (IEC62384, secção 13.1);
- Teste de condições anormais (IEC62384, secção 12);
- Teste de impedância de áudio frequência (IEC62384, secção 11);
- Sobrecarga;
- Limites características [49]

#### **Plano de ensaio para aparelhos de comando**

- Consumo elétrico
- Corrente de fuga (EN60598-1, secções 10 e NP61347-1)
- Resistência de humidade e isolamento (NP EN61347-1 secção 11)
- Continuidade de terra (EN61347-1)
- Rigidez dielétrica (NP EN61347-1-Secção 12)
- Teste de endurance (EN60598-1, secção 12)
- Parafusos, partes transportadoras de corrente e conexões (NP EN61347-1, secção 17)
- Resistência à corrosão (NP EN61347-1, secção 19) [50]

#### **Plano de ensaio para lâmpadas fluorescentes**

- Teste funcional (IEC60598-1)
- Proteção contra choques elétricos (IEC60968)
- Resistência de isolamento (IEC62532: IEC61199: IEC61195: IEC60968)
- Rigidez dielétrica (IEC62532: IEC61199: IEC61195: IEC60968)
- Resistência ao calor e ao fogo (IEC61199; IEC61195; IEC60968)
- Aquecimento do casquilho da lâmpada (IEC 61199; IEC61195; IEC60968)
- Condições de defeito (IEC60968)
- Teste de endurance (IEC60598-1:2008, secção 12) [51]

#### **Plano de ensaio para lâmpadas**

- Rigidez dielétrica (IEC62532: IEC61199: IEC61195)
- Resistência de isolamento (IEC62532: IEC61199: IEC61195)
- Teste funcional (IEC60598-1:2008)
- Resistência ao calor e ao fogo (IEC61199; IEC61195; IEC60968)
- Aquecimento do casquilho da lâmpada (IEC61199; IEC61195)
- Teste de endurance (IEC60598-1:2008, secção 12) [52]

### Plano de ensaio para luminárias Emergência

- Classificação das luminárias de emergência (EN60598-2-22-Anexo B)
- Ensaio térmico (IEC60598-1:2008, secção 12)
- Ensaios de endurance (IEC60598-1:2008, secção 12)
- Resistência de isolamento (IEC60598-1:2008, secção 10)
- Determinação do índice de proteção (IEC60598-1:2008, secção 9)
- Rigidez dielétrica (IEC60598-1:2008, secção 10)
- Corrente de fuga (IEC60598-1:2008, secções 8 e 10)
- Continuidade de terra (IEC60598-1:2008, secção 7)
- Teste funcional (IEC60598-1:2008)
- Construção (EN60598-2-22)
- Baterias para iluminação de emergência (EN60598-2-22-Anexo A) [53]

### Plano de ensaio para luminárias

- Teste funcional (IEC60598-1:2008)
- Continuidade de terra (IEC60598-1:2008, secção 7)
- Corrente de fuga (IEC60598-1:2008, secções 8 e 10)
- Rigidez dielétrica (IEC60598-1:2008, secção 10)
- Determinação do índice de proteção (IEC60598-1:2008, secção 9)
- Resistência de isolamento (IEC60598-1:2008, secção 10)
- Ensaios de endurance (IEC60598-1:2008, secção 12)
- Ensaio térmico (IEC60598-1:2008, secção 12) [54]

## 4.3 Equipamentos de medida para a execução dos testes

Os equipamentos que o laboratório dispõe para a realização dos testes aos equipamentos são: O termohigrometro, equipamento que mede a temperatura dos 0° aos 70° e a humidade (100%Hr), a entidade de calibração é o próprio laboratório, efetuando a verificação interna da temperatura, a periodicidade da verificação deste equipamento é anual.

Fonte de alimentação, equipamento que produz uma tensão contínua de 0 a 31,4V com uma corrente contínua de 0,02A, não sujeito a calibração, a verificação é feita com o multímetro no laboratório interno, a periodicidade da verificação deste equipamento é anual.

Multímetro digital, equipamento que mede, tensão contínua 400mV, tensão alternada: 750V, corrente contínua 10A, corrente alternada 10A, resistência até 40M $\Omega$ , a entidade de calibração ou verificação é um laboratório externo atempadamente contratado para este efeito, a periodicidade de calibração é feita de dois em dois anos.

CE Multitester, equipamento capaz de medir até, rigidez dielétrica 5KV, corrente de fuga 20mA, resistência de isolamento: 999M $\Omega$ , tensão alternada de 300V, corrente alternada de 16<sup>a</sup>, frequência 50Hz, tensão AC 300 V, corrente AC 5<sup>a</sup>, potência ativa monofásica 1200W a entidade de calibração é um laboratório externo atempadamente contratado para este efeito, a periodicidade de calibração ou verificação é feita de dois em dois anos.

Dois Registradores de temperatura, equipamento capaz de medir temperatura até 150°C e humidade até 100% $Hr$ , a entidade de calibração ou verificação é um laboratório externo atempadamente contratado para este efeito, mas só 1 dos registadores é enviado, porque o outro é feita a calibração internamente no laboratório, a periodicidade de calibração ou verificação é feita de dois em dois anos.

Termómetro, equipamento capaz de medir a temperatura, gama de 0 a 160°C, a calibração, é feita internamente no laboratório, e a verificação é feita anualmente.

Variac, equipamento capaz de produzir uma tenção de 0 a 260V, a calibração ou verificação, é feita internamente no laboratório, e a verificação é feita anualmente.

Fita métrica, equipamento capaz de medir até 5m, a calibração ou verificação, é feita internamente no laboratório, e a verificação é feita anualmente.

Parquímetro, equipamento capaz de medir ate 150mm, a calibração ou verificação, é feita internamente no laboratório, e a verificação é feita anualmente.

Balança digital, equipamento capaz de medir de 0 até 5000g, a calibração ou verificação, é feita internamente no laboratório, e a verificação é feita anualmente.

Balança digital, equipamento capaz de medir de 0 até 150Kg, a calibração ou verificação, é feita internamente no laboratório, e a verificação é feita anualmente.

Mala multitester, equipamento capaz de produzir/medir uma tensão AC ate 230V, Corrente AC 10<sup>a</sup>, frequência 50Hz, Potencia ativa monofásica 1000W, fator de potencia de 0 até 1, consumo anual estimado em (KW/h):1000W, a calibração ou verificação, é feita internamente no laboratório, e a verificação é feita anualmente.

## 4.4 As informações necessárias a disponibilizar aos utilizadores finais

As informações a disponibilizar aos utilizadores finais estão estabelecidas em normas e diretivas, as informações diferem se estivermos a falar de lâmpadas ou luminárias e difere também se falarmos em informações a conter nos equipamentos ou nas suas embalagens sejam estas para venda em loja ou venda em locais Web (páginas de internet).

### Informações a apresentar na própria lâmpada

Para as lâmpadas que não são de descarga de alta intensidade, o valor e a unidade («lm», «K» e «º») do fluxo luminoso útil nominal, da temperatura de cor e do ângulo nominal do feixe devem ser apresentados em caracteres legíveis na superfície da própria lâmpada se, após a inclusão de informações relacionadas com a segurança, como a potência e a tensão, existir espaço disponível suficiente para tal na lâmpada, sem obstruir indevidamente a passagem da luz da lâmpada.

Se existir espaço para apenas um dos três valores, deve ser indicado o fluxo luminoso útil nominal. Se existir espaço para apenas dois valores, devem ser indicados o fluxo luminoso útil nominal e a temperatura de cor. [11, 56]

### Informações a apresentar de forma bem visível aos utilizadores finais, antes da venda, na embalagem e nas páginas Web de acesso livre:

As informações representadas nos tópicos abaixo, devem ser apresentadas na embalagem, em locais Web de acesso livre ou sob qualquer outra forma que o fabricante considere adequada.

Se o produtor ou comerciante colocar o produto à venda utilizando embalagens, estas devem conter as informações do produto de forma bem visível, clara e bem evidente, aos utilizadores finais, antes da venda. Estas informações não têm a necessidade de serem transmitidas através de redações idênticas aos tópicos abaixo descritos, as informações podem ser descritas através de gráficos, desenhos, ou símbolos, em vez de texto.

- **Fluxo luminoso útil nominal**, em caracteres duas vezes maiores do que os utilizados em qualquer indicação da potência nominal da lâmpada;

- **Tempo de vida nominal da lâmpada**, em horas (não superior ao tempo de vida efetivo);
- **Temperatura de cor** expressa em Kelvins e também graficamente ou por palavras;
- **Número de ciclos de comutação**, antes de uma avaria prematura;
- **Tempo de aquecimento** até se atingir 60% de plena emissão de luz (pode ser indicado através da menção «luz total instantânea», quando inferior a 1 segundo);
- **Um aviso, caso a intensidade da luz da lâmpada não possa ser regulada ou só possa ser regulada com reguladores específicos**, neste último caso, a página *web* do fabricante deve fornecer ainda uma lista de reguladores compatíveis;
- **Se concebida para uma utilização ótima em condições diferentes das condições padrão** (designadamente uma  $T_a$  (temperatura ambiente)  $T_a \neq 25 \text{ }^\circ\text{C}$ , ou a necessidade de uma gestão térmica específica), informações sobre essas condições;
- **Dimensões da lâmpada** em milímetros (comprimento e maior diâmetro);
- **Ângulo nominal do feixe**, em graus;
- **Um aviso de que a lâmpada não se destina a iluminação para efeitos de luz**, se o ângulo do feixe da lâmpada for  $\geq 90^\circ$  e o seu fluxo luminoso útil, for medido num cone de  $120^\circ$ ;
- Se o casquilho da lâmpada for de um tipo normalizado utilizado igualmente em lâmpadas de filamento, mas as dimensões da lâmpada forem diferentes das lâmpadas de filamento que ela pode substituir, um **desenho comparativo das dimensões da lâmpada e das lâmpadas de filamento por ela substituídas**;
- **A alegação de equivalência em relação à potência da lâmpada substituída** de um determinado tipo. Os valores intermédios, tanto do fluxo luminoso como da alegada potência equivalente da lâmpada (arredondada ao watt), deve ser calculado por interpolação linear entre os dois valores adjacentes;
- **Teor de mercúrio da lâmpada**, expresso na forma “X,X mg”;
- Indicação da página *web* a consultar **em caso de quebra acidental** da lâmpada, para obtenção de instruções sobre a forma de **eliminar os detritos da lâmpada**. [11, 56]

**Informações a divulgar publicamente nas páginas *web* de acesso livre e sob qualquer outra forma que o fabricante considere adequada:**

As informações mínimas a serem apresentadas, como os valores correspondentes são:

- As informações especificadas no primeiro tópico deste subcapítulo;
- **Potência efetiva** (com uma precisão de 0,1 W);
- **Fluxo Luminoso útil efetivo**;
- **Tempo de vida efetivo**;
- **Fator da potência da lâmpada**;



- **Fator de conservação do fluxo luminoso no final do tempo de vida nominal** (exceto para as lâmpadas de filamento);
- **Tempo de arranque** (na forma X,X segundos);
- **Restituição das cores;**
- **Coerência cromática** (apenas para LED);
- **Intensidade de pico efetiva** em candelas (cd);
- **Ângulo efetivo** do feixe;
- Se for o caso, indicar que se destina a aplicações para espaços exteriores;
- Distribuição espectral da potência na gama 180-800 nm;
- Se a lâmpada contiver mercúrio, instruções sobre a forma de eliminar os detritos da lâmpada em caso de quebra acidental e recomendações sobre como eliminar a lâmpada no final do seu tempo de vida para efeitos de reciclagem; [11, 56]

**Requisitos suplementares de informação relativa ao produto para as lâmpadas LED que substituem lâmpadas fluorescentes sem balastro integrado**

Para além de terem de satisfazer os requisitos de informação relativa ao produto, previstos no primeiro tópico, os fabricantes de lâmpadas LED que substituem lâmpadas fluorescentes sem balastos integrados devem publicar, nas páginas web de acesso público e livre e sob qualquer outra forma que considerem adequada, um aviso de que a eficiência energética global e a distribuição de luz de qualquer instalação que utilize essas lâmpadas são determinadas pela conceção da instalação. [55, 56]

## **4.5 Possíveis melhorias a aplicar no laboratório**

As possíveis melhorias a implementar no laboratório, não são mais do que, os testes para verificar as informações dadas pelo fornecedor. Uma vez que existe um regulamento/norma a especificar as informações necessárias a disponibilizar aos consumidores finais, cresce a necessidade de introduzir testes novos no laboratório, para verificar esses mesmos valores, dados pelo fornecedor. Estes testes vão aumentar a qualidade da resposta dada aos departamentos que estão envolvidos na seleção de novos equipamentos e na aquisição de mercadoria. As possíveis melhorias passam por criar testes onde se possa verificar as seguintes características:

- Fluxo Luminoso útil nominal;
- Tempo de vida nominal da lâmpada;
- Temperatura de cor;
- Número de ciclos de comutação;
- Tempo de aquecimento até se atingir 60% de plena emissão de luz;
- Ângulo nominal do feixe;
- Teor de mercúrio da lâmpada;
- Fluxo Luminoso útil efetivo;
- Tempo de vida efetivo;
- Fator de conservação do fluxo luminoso no final do tempo de vida nominal;
- Tempo de arranque;
- Restituição das cores;
- Coerência cromática (apenas para LED);
- Ângulo efetivo do feixe;

## 4.6 Considerações

Neste capítulo são verificados todos os processos em que o laboratório está inserido, e os departamentos que interagem com o mesmo. São descritas também todas as atividades realizadas em cada etapa de cada processo sendo estes, seleção de novas amostras, recessão de mercadoria e EMM, são descritos ainda os testes executados no laboratório.

Neste capítulo é também referenciado, todos os equipamentos utilizados para os testes já existentes no laboratório e as informações necessárias a disponibilizar aos utilizadores finais, esta informação é importante uma vez que a empresa confia nos valores dados pelos fabricantes, que muitas vezes estão errados. Como resultado desta investigação surgem assim possíveis melhorias para o laboratório, que passa pela inserção de novos testes, de forma a validar as informações dadas pelos fornecedores e transmitidas aos utilizadores finais.

Estas possíveis melhorias permitem aumentar a qualidade e a velocidade na resposta em alguns problemas que surgem no laboratório por parte da seleção de novas amostras ou por reclamações. A construção de sistemas de testes rápidos e autónomos são um ponto muito importante a ter em consideração na melhoria a desenvolver, uma vez que o objetivo desta investigação é tornar o laboratório mais competitivo face à velocidade de inovação das novas tecnologias de iluminação.

# Capítulo 5

## Desenvolvimento da solução consoante as necessidades da empresa

Este capítulo está direcionado para a construção de uma das melhorias descritas no capítulo anterior. A melhoria escolhida é o ciclo de comutação das lâmpadas até ao seu fim de vida, e neste capítulo são descritos os objetivos que a máquina deve cumprir, as normas que servem de suporte para a construção da melhoria, as necessidades do laboratório relativamente à melhoria escolhida, o projeto elétrico da máquina que irá contar os ciclos de comutação, bem como os materiais para a sua construção, o orçamento para a construção, e por fim a interface e a programação utilizada.

### 5.1 Objetivos que a máquina deve cumprir

Com o intuito de desenvolver e implementar a melhoria que seja capaz de medir as vezes que uma lâmpada comuta até ao seu fim de vida, propõe-se que o sistema seja capaz de cumprir os objetivos seguintes:

- Executar os testes sem a supervisão contínua em toda a duração do teste;
- Armazenar a informação do número de vezes que a lâmpada liga e desliga;
- Executar os testes para os diferentes tipos de casquilhos e tecnologias.

Estes pontos são de grande importância uma vez que o principal objetivo é tornar o laboratório mais veloz com a rotatividade de tecnologias de luz artificial.

## 5.2 Normas a seguir

Para a construção da máquina que conte o ciclo de comutação, é necessário saber como é realizado o procedimento do ciclo de comutação das lâmpadas. Para satisfazer tal necessidade este estudo é baseado em algumas normas europeias para descrever os pontos fundamentais.

O primeiro ponto a verificar, é a amostra que necessitamos para realizar o teste do ciclo de comutação. A amostra a ensaiar depende do tipo de equipamento que seja submetido a teste. E dependendo do tipo de equipamento são criados dois tipos de amostras distintas, a amostra proveniente de lâmpadas, incluindo as lâmpadas LED que podem ser substituídas pelo utilizador final, e a amostra de módulos LED, que não se destinam a ser retirados pelo utilizador final. Para a amostra das lâmpadas, incluindo as lâmpadas LED que podem ser substituídas pelo utilizador final é necessário a amostra conter no mínimo, vinte lâmpadas do mesmo modelo e do mesmo fabricante, se possível obtidas em partes iguais e em quatro fontes selecionadas aleatoriamente.

No caso de a amostra ser de módulos LED, que não se destinam a ser retirados pelo utilizador final, são necessários 20 módulos LED, caso cada luminária contenha apenas um modulo LED, é necessário 20 luminárias, os módulos devem ser do mesmo modelo e do mesmo fabricante de módulos LED ou luminárias. O número de fontes deve ser, no mínimo quatro, a menos que o número de luminárias para extrair os 20 módulos LED seja menor que quatro.

O segundo ponto a verificar são os diferentes ciclos de comutação existentes. E o que se verificou é que existem dois tipos de ciclos de comutação, o ciclo de doze horas (12h) e o de três horas (3h). O ciclo de 12 horas consiste em manter a lâmpada ligada 11 horas e desligada 1 hora. O ciclo de 3 horas é semelhante ao anterior, mantendo a lâmpada ligada 2 horas e 45 minutos e em seguida desligada durante 15 minutos.

O terceiro e último passo a verificar é, quando o ensaio termina ou a lâmpada entra dentro da categoria “não conforme”. O ensaio termina quando se atinge o número de ciclos de comutação requerido ou quando, em cada 20 lâmpadas da amostra, duas ou mais atingem o final do seu tempo de vida.

Com o ensaio pode-se obter dois resultados, “conforme”, se pelo menos 19 das 20 lâmpadas da amostra não sofrem avaria após ser atingido o número de ciclos de comutação requerido, ou “não conforme” para qualquer outro resultado. Caso os módulos LED que não se destinem a ser retirados pelo utilizador final, se a documentação técnica da luminária permitir, considera-se o ensaio de toda a luminária como uma lâmpada, as autoridades devem ensaiar 20 luminárias como lâmpadas.

Se cada luminária que contenha apenas um modulo led for ensaiada e considerada como lâmpada, e obtiver o resultado “conforme”, os seus módulos LED pertencem também a categoria “conforme”. [11, 56]

### 5.3 Necessidades do laboratório

A empresa GEONEXT - Produtos eléctricos S.A. não produz internamente os seus produtos, muitos dos projetos são criados ou melhorados na empresa mas a sua construção é feita por fornecedores externos, esta informação é importante do ponto de vista de obrigatoriedades, uma vez que os fornecedores externos, designados por produtores, são obrigados a testar e certificar o material fornecido à empresa, como tal o laboratório tem a finalidade de testar os produtos de forma a verificar as informações dadas pelo fornecedor. Partindo do princípio que o ciclo de comutação é testado pelo fornecedor, uma vez que nos transmite a informação do ciclo de comutação, o importante a executar é a verificação do número de ciclos de comutação.

Como verificamos anteriormente o ciclo de comutação tem duas possíveis opções, a de 12 ou a de 3 horas, estas opções requerem um período de tempo muito extenso, uma vez que uma lâmpada T8 LED tem um ciclo de comutação em torno dos 20000 ciclos [29], o que nos obriga a necessitar de 60000 horas se utilizado o ciclo de 3 horas, ou seja 2500 dias para realizar este teste.

A verificação do ciclo de comutação torna-se assim um teste bastante demorado, pois a espera de 2500 dias para verificar este parâmetro é bastante extenso. De forma a combater este elevado período de tempo as grandes marcas na área da iluminação, para verificar o número de ciclos de comutação, diminuem o tempo dos intervalos de comutação para 30 segundos no estado *ON* e 30 segundos no estado *OFF* da lâmpada. Assim consegue-se verificar este parâmetro e dar uma resposta rápida sobre a tecnologia submetida ao teste. De forma a superar o grande período de tempo necessário para realizar o teste do número de ciclos de comutação, foi definido internamente uma nova opção, o ciclo de 1 minuto, no qual a lâmpada está acesa 30 segundos e apagada 30 segundos.

### 5.4 Projeto

Este projeto baseia-se na construção de um mecanismo/máquina que seja capaz de contar o número de ciclos de comutação de uma lâmpada. Para a construção da máquina são necessários 2 circuitos distintos, um circuito que controle a tensão da lâmpada permitindo variar o tempo do ciclo pretendido, e um outro circuito que seja capaz de detetar se a lâmpada acende ou não, de forma a contabilizar o número de ciclos de comutação pretendido. Para controlar os diferentes circuitos é utilizado um Arduino Uno. É uma placa programável com 14 saídas/entradas digitais e 6 saídas/entradas analógicas, de modo a controlar o tempo On/Off da lâmpada.

Um outro componente importante para a execução da máquina é o relé, uma vez que o Arduino Uno trabalha a 5V e é necessário controlar a tensão da rede a 230V, para atingir o objetivo do controle dos ciclos de comutação.

Nas figuras 32 e 36 estão ilustrados os esquemas de ligação dos dois circuitos e também a junção dos dois circuitos. [56]

- Controle da tensão da lâmpada de 230V, de acordo com a tensão do Arduino Uno:

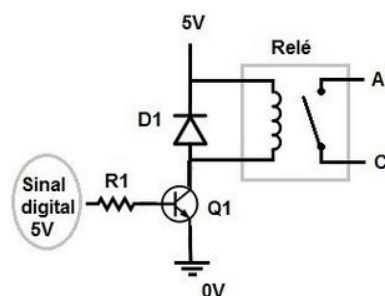


Figura 31: Esquema de ligações para controlar a tensão da lâmpada. Tendo o pino A e C para a ligação da tensão da rede [56]

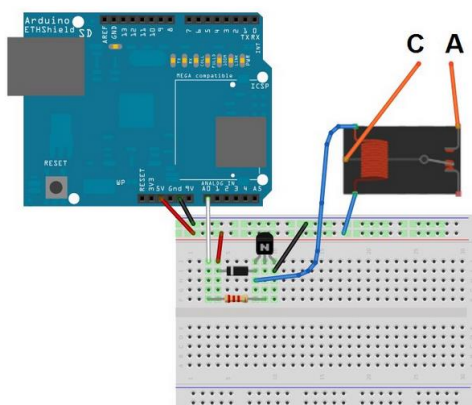


Figura 32: Esquema de montagem para o controle da tensão da rede [56]

- Como controlar o número de ciclos de comutação de uma lâmpada através de uma LDR:

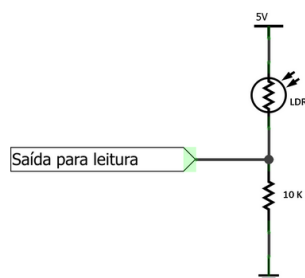


Figura 33: Esquema de ligação para a contagem do ciclo de comutação [56]

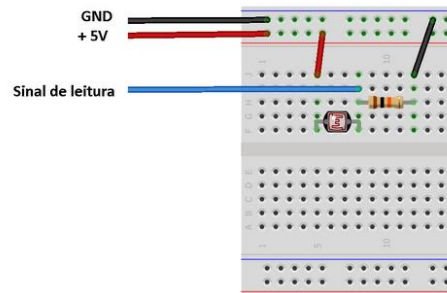


Figura 34: Esquema de montagem para a contagem do ciclo de comutação [56]

- Junção dos dois circuitos:

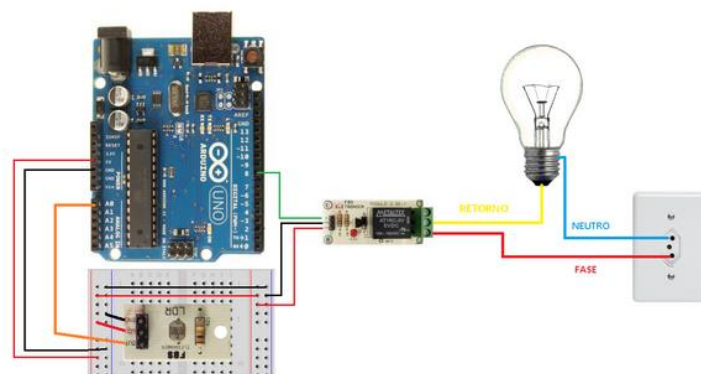


Figura 35: Esquema de montagem da junção dos circuitos do controle da tensão e da contagem do ciclo de comutação. [56]

Com a junção dos dois circuitos e a ligação dos mesmos ao Arduino, é obtido o total controlo da lâmpada. O Arduino permite também imprimir uma mensagem para o utilizador pedindo para o mesmo escrever o teste que deseja executar para o ciclo de comutação da lâmpada. A deteção do estado da lâmpada é feito pela LDR, que está inserida num divisor de tensão, o seu funcionamento passa por, a sua resistência variar com a iluminação incidente na mesma, obtendo assim valores diferentes de tensão, permitindo a deteção do estado da lâmpada, esta informação é transmitida à porta analógica do Arduino, onde é possível ler o valor da tensão aos terminais da LDR e assim definir o estado *On* e *Off* da lâmpada.

## 5.5 Materiais a utilizar

- Arduino Uno



Figura 36: Arduino Uno. [56]

- Resistências 2,2K e 10K:

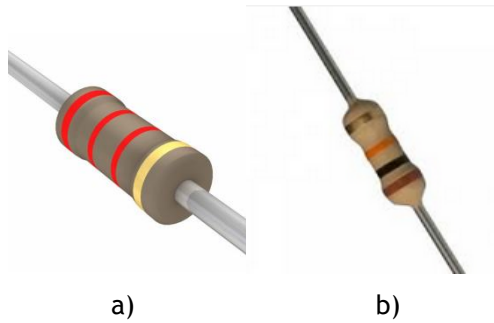


Figura 37: a) Resistência de 2,2K b) Resistencia de 10K [57]

- Díodo 1N4148:



Figura 38: Díodo 1N4148 [57]

- Rele 5V/250V:

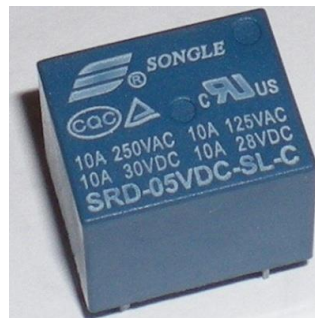


Figura 39: Rele SRD-05VDC-SL-C [57]

- Tiristor BC 546:

**BC546/547/548/549/550**

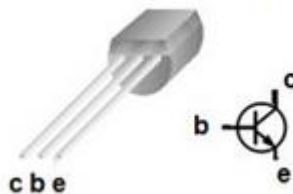


Figura 40: Tiristor BCD 546 [57]



- Resistência variável com a iluminação, LDR:



Figura 41: LDR 200V [57]

- Breadboard:

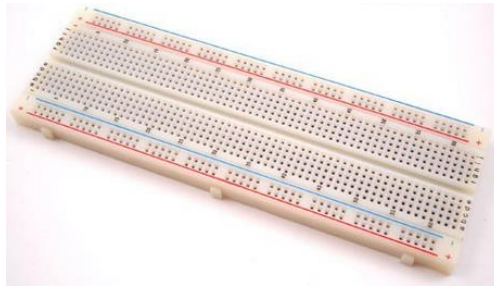


Figura 42: Breadboard [57]

- Cabos de ligação:



Figura 43: Cabos de ligação [57]

- Tomada interruptora:



Figura 44: Tomada interruptora [58]

- Casquilhos G13:



Figura 45: Casquilho de ligação das lâmpadas T8 [58]

- Lâmpada T8 LED e T8 fluorescente:



a) Lâmpada T8 LED      b) Lâmpada T8 fluorescente [59]

## 5.6 Orçamento

Tabela 3: Preço de cada componente adquirido para a construção da melhoria

| Descrição do componente | Quantidade | Preço em € por unidade | Total          |
|-------------------------|------------|------------------------|----------------|
| Arduino UNO             | 1          | 22,90                  | 22,90          |
| Cabo USB do Arduino     | 1          | 2,85                   | 2,85           |
| Resistência 2,2K        | 1          | 0,1                    | 0,1            |
| Resistência 10K         | 1          | 0,1                    | 0,1            |
| Díodo                   | 1          | 0,05                   | 0,05           |
| LED                     | 1          | 0,90                   | 0,90           |
| Rele                    | 1          | 3,45                   | 3,45           |
| Tiristor                | 1          | 1,04                   | 1,04           |
| LDR                     | 1          | 0,40                   | 0,40           |
| Breadboard              | 1          | 4,95                   | 4,95           |
| Cabos de ligação        | 5 m        | 0,25                   | 1,25           |
| Tomada interruptora     | 1          | 4,52                   | 4,52           |
| Casquilho G13           | 2          | 0,65                   | 1,3            |
| Lâmpada T8 LED          | 1          | 25,2                   | 25,2           |
| Lâmpada T8 fluorescente | 1          | 1,15                   | 1,15           |
| Balastro                | 1          | 4,95                   | 4,95           |
| Arrancador              | 1          | 0,32                   | 0,32           |
| Barra junção            | 1          | 0,52                   | 0,52           |
| <b>Total:</b>           |            |                        | <b>75,95 €</b> |

Para a construção da melhoria a implementar no laboratório da empresa Geonext, e a verificação do ciclo de comutação para duas lâmpadas com tecnologias diferentes o orçamento necessário é de 75,95 €, como podemos verificar na tabela 3 antes descrita.

## 5.7 Programação

A programação está condicionada pelo microcontrolador escolhido, e após uma pesquisa para obter o melhor microcontrolador que satisfaça as necessidades para a execução do projeto, foi escolhido o Arduino Uno.

O Arduino Uno tem uma série de facilidades no que diz respeito à comunicação, seja utilizando um computador, outros Arduinos ou outros microcontroladores. Este possui um processador ATmega328 que nos permite a comunicação por pinos digitais, pinos analógicos e por USB, este último comporta-se como uma porta COM virtual para o *software* fornecido pelo mesmo.

O *software* fornecido pelo Arduino permite o envio de novos códigos sem o uso de um programador de hardware externo. Através de um botão de *upload* no ambiente do Arduino e através de um arquivo “.inf”, onde o utilizador pode alterar o seu conteúdo, assim é possível a passagem do programa pretendido para a placa. A programação desenvolvida e testada pelo *upload* (*upload* é o nome dado à transferência do código para a placa programável) do código na placa Arduino, este inclui ainda um monitor serial que permite que dados simples de texto sejam enviados para a placa Arduino ou que sejam transmitidos da placa para o monitor em tempo real.

Esta funcionalidade permite a interação entre o utilizador e a máquina, através de um computador ligado à placa, de forma a executar o pretendido pelo utilizador.

Desta forma, foi desenvolvida a melhoria a implementar no laboratório, onde a placa Arduino permite-nos a verificação, através da LDR, se a lâmpada está ligada ou desligada, colocando uma LDR num divisor de tensão, como mostra a figura 34, e com a informação dada pela tensão que atravessa a LDR ligada à placa, através de uma das entradas analógicas, permite a perceção do estado da lâmpada; o controlo da tensão da lâmpada bem como o tempo em que esta permanece nos estados ligada e desligada, com o auxílio do Relé, como nos ilustra a figura 32, consegue-se que a placa dê a ordem de ligar ou não a lâmpada; e permite também que o utilizador possa escolher o ciclo de comutação pretendido, para a placa executar na lâmpada, bem como a contagem dos ciclos que esta executa. [56]

Estes pontos que o microprocessador nos permite obter, foram a grande razão para a sua escolha para este projeto. O código desenvolvido no documento “.inf”, encontra-se descrito e devidamente legendado no anexo A.

## 5.8 Interface

A interface entre o utilizador e a máquina que executa o ciclo de comutação é executada através de um monitor virtual fornecido pela placa Arduino Uno. [56] A informação que é transmitida para o utilizador quando é iniciado o teste do ciclo de comutação está ilustrada na figura 47, e não é mais do que as opções de teste existentes para o ciclo de comutação, o teste de 12 horas, o teste de 3 horas e o teste criado internamente de 1 minuto.

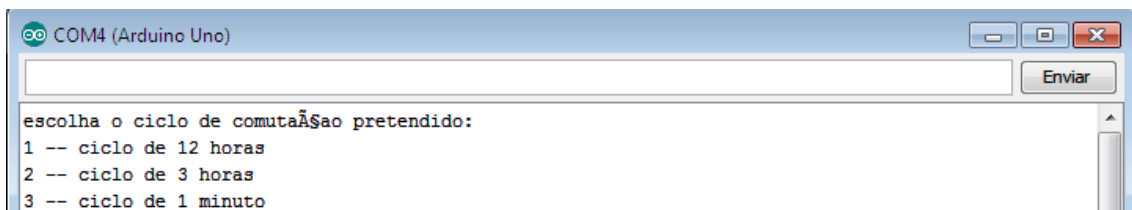


Figura 47: Informação transmitida para o utilizador

Após ser impressa a mensagem, para a escolha do ciclo de comutação pretendido, o utilizador deve introduzir o número 1, 2 ou 3 para a máquina executar o teste pretendido. A escrita do número correspondente ao teste a executar deve ser introduzido no local ilustrado pela figura 48, e posteriormente, pressionado o botão “Enviar”.

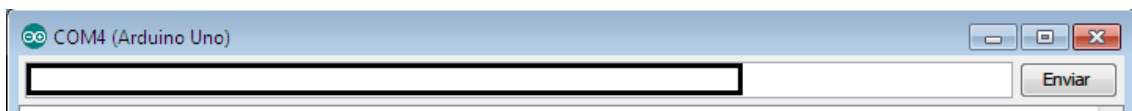


Figura 48: Local onde o utilizador deve introduzir a informação

Após a escolha de um dos testes, é ilustrada no ecrã a opção efetuada. Como exemplo temos a figura 49 que ilustra a mensagem caso o utilizador escolha a opção 1.



Figura 49: Informação sobre a opção escolhida

Após a escolha da opção pretendida é iniciado o ciclo de comutação. Em cada ciclo é exibido um conjunto de informações como ilustra a figura 50. As informações apresentadas são, o estado da lâmpada em tempo real, de seguida o valor lido pela LDR quando a lâmpada está ligada (*ON*), e com o seguimento do teste, é ilustrado a mudança de estado da lâmpada para desligada (*Off*) e o valor lido pela LDR. Por fim é indicado o número de ciclo correspondente. Para uma melhor perceção dos diferentes ciclos é ilustrado um conjunto de cardinais “#” quando ocorre a passagem de ciclo.

```

acende
valor da LDR com led ON
683
apaga
valor da LDR com led OFF
0
acaba o ciclo
ciclo numero :
1
#####

```

**Figura 50: Informação dada ao utilizador a cada ciclo do teste**

Por fim quando a lâmpada chega ao seu fim de vida, é impresso o número de vezes que este executou os ciclos como podemos ver no exemplo da figura 51.

```

#####
#
#   ciclo de cumutação:   #
#           28           #
#
#####

```

**Figura 51: Informação dada pela máquina no fim do teste**

O monitor virtual, onde é ilustrado o estado do teste, é remotamente visualizado através do Teamviewer. O Teamviewer é um programa que permite o acesso remoto a computadores.

Este ponto tem um grau de importância elevado, uma vez que a placa programável está ligada a um computador que se encontra numa outra divisão do laboratório. Assim é alcançado um dos objetivos que a melhoria deve cumprir, pois o responsável do laboratório teria de se deslocar a outra divisão para verificar o estado do teste, e através deste programa, o mesmo pode verificar o estado do teste no escritório do laboratório.

A figura 52 permite uma melhor perceção da utilidade do Teamviewer na implementação da melhoria.



**Figura 52: Utilização do Teamviewer**

## 5.9 Considerações

Após a leitura deste capítulo as principais considerações a reter no que diz respeito à melhoria escolhida, o ciclo de comutação de lâmpadas até ao seu fim de vida, são os seguintes:

Os objetivos que a máquina deve cumprir, ser capaz de executar os testes sem a supervisão contínua em toda a duração do teste, armazenar a informação do número de vezes que a lâmpada liga e desliga e que seja capaz de executar o teste para os diferentes casquilhos e tecnologias de luz artificial. Como dito anteriormente os objetivos são de grande importância uma vez que o principal objetivo é tornar o laboratório mais eficiente e eficaz com a rotatividade de tecnologias de luz artificial.

A informação das normas a reter, relativamente à amostra necessária. Existem dois padrões de amostras distintas, a amostra proveniente de lâmpadas, incluindo as lâmpadas LED que podem ser substituídas pelo utilizador final, e a amostra de módulos LED que não se destinam a ser retirados pelo utilizador final, os diferentes ciclos de comutação existentes, o ciclo de doze horas (12h) e de três horas (3h). Os resultados do ensaio, “conforme”, se pelo menos 19 das 20 lâmpadas da amostra não sofrem avaria após ser atingido o número de ciclos de comutação requerido, ou “não conforme” para qualquer outro resultado.

Relativamente às necessidades do laboratório para a melhoria escolhida, constatou-se que o ciclo de 12 ou 3 horas, requer um grande período de tempo para a realização do teste, a resolução para a diminuição do tempo de teste passa por introduzir um novo teste que nos permita verificar o número de comutações com intervalos de tempo mais curtos. Foi definido o ciclo de 1 minuto, no qual a lâmpada está acesa 30 segundos e apagada 30 segundos.

No que diz respeito ao projeto da máquina, esta contém dois circuitos distintos, um circuito que controla a tensão da lâmpada permitindo variar o tempo do ciclo, e um outro circuito que seja capaz de detetar se a lâmpada acende ou não, de forma a contabilizar o número de ciclos de comutação pretendido. O Arduino Uno é uma placa programável com 14 saídas/entradas digitais e 6 saídas/entradas analógicas, e é utilizado para manipular os circuitos de forma a obter o total controlo da lâmpada.

Por fim, a interface e a programação utilizada na máquina é definida pelo Arduino uno, este contém um *software* que permite o envio de novos códigos utilizando como base a programação C, e um monitor que facilita a comunicação do utilizador com a máquina.





# Capítulo 6

## Caso de aplicação

Este capítulo está reservado para a verificação do ciclo de comutação em duas lâmpadas com tecnologias distintas, a tecnologia de descarga elétrica em gases, lâmpada T8 de 36W fluorescente tubular, e a tecnologia LED, lâmpada T8 de 22W a equivalente à lâmpada de 36 W fluorescente.

A verificação do ciclo de comutação é executada na melhoria descrita no capítulo anterior, por forma a testar a máquina proposta e a verificar duas tecnologias existentes do setor da Luxtek, o setor das lâmpadas da empresa Geonext.

### 6.1 Características das lâmpadas utilizadas

Neste tópico são ilustradas as principais características das lâmpadas T8 LED de 22W, e T8 fluorescente de 36W, da empresa Geonext. A informação está dividida em três tabelas (tabela 4, 5 e 6) designadas como, características, dados elétricos e dados óticos da lâmpada em questão. A total informação encontra-se no anexo B, nas fichas técnicas das correspondentes lâmpadas. [59]

Tabela 4: Características das lâmpadas [59]

| Características  |               |                 |
|--|---------------|-----------------|
| Nome   | T8 GLASS LED  | T8 STANDARD 36W |
| Tecnologia   | LED           | Fluorescente    |
| Casquilho  | G13           | G13             |
| Vida útil (horas)  | 25000         | 20000           |
| Regulação de fluxo   | Não           | Sim             |
| Acabamento da lâmpada  | Vidro opalino | Vidro opalino   |
| Número de ciclos de comutação antes de falha prematura (min) | ≥25000        | ≥20000          |

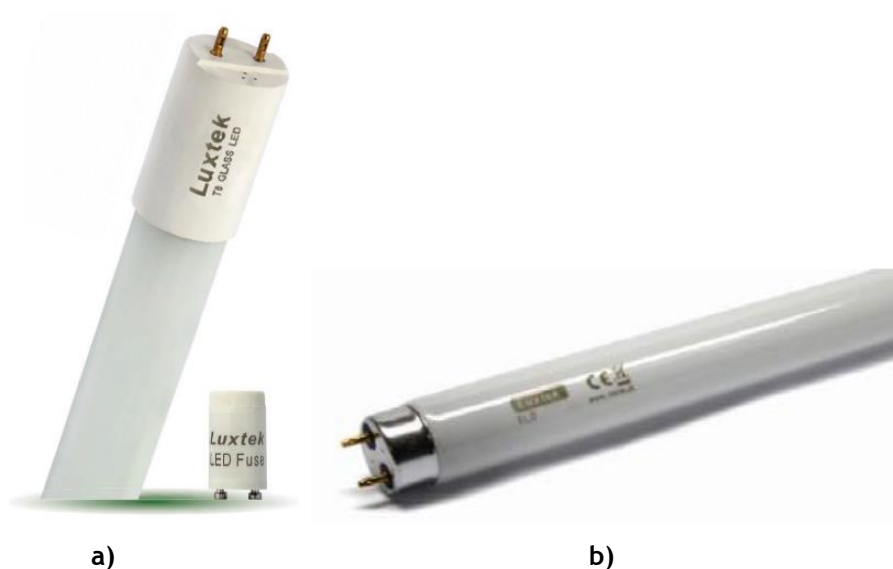


Figura 53: Imagens das lâmpadas usadas para o teste, a) LED e b) fluorescente [59]

Tabela 5: Dados elétricos da lâmpada T8 GLASS LED [59]

|  | Dados elétricos |                    |
|--|-----------------|--------------------|
|  | T8 GLASS<br>LED | T8 STANDARD<br>36W |
| KWh p/ 1000h   | 22              | 43                 |
| Classe energética  | A+              | A                  |
| Rendimento (lm/W)  | 91              | 93                 |
| Potência nominal (W)                                     | 22              | 36                 |
| Tensão (Vac)   | 230             | 230                |
| Corrente (A)   | 0,106           | 0,17               |
| Temperatura ideal de<br>funcionamento (°C)               | 25              | 25                 |
| Fator de potência  | ≥0,9            |                    |
| Balastro necessário                                      | Não             | Sim                |
| Arrancador necessário                                    | Sim             | Sim                |
| Potência <i>standard</i> fluorescente<br>equivalente (W) | 36              | 36                 |

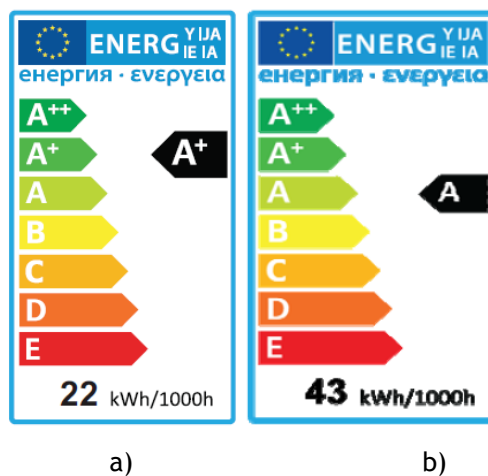


Figura 54: Etiqueta energética da lâmpada a) T8 GLASS LED b) T8 fluorescente [59]

Tabela 6: Dados óticos das lâmpadas [59]

|                                  | Dados Óticos       |                    |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
|                                  | T8 GLASS<br>LED    | T8 STANDARD<br>36W |
| Cor de luz                       | Branco frio<br>840 | Branco frio<br>840 |
| Temperatura de cor (K)           | 4000               | 4000               |
| IRC (Ra)                         | ≥80                | ≥85                |
| Ângulo de fluxo                  | 270°               | 360°               |
| Fluxo luminoso (nominal)<br>(lm) | 2000               | 3350               |

## 6.2 Verificação do ciclo de comutação na melhoria construída para as tecnologias escolhidas.

O ciclo de comutação, como referido no ponto 5.2 deste documento, tem um conjunto de pontos a seguir, constituinte do procedimento para realizar o teste, uma vez que o objetivo é implementar a melhoria no laboratório, e não a total execução do teste do ciclo de comutação, algumas ponderações são efetuadas para conseguir testar a máquina de uma forma rigorosa.

A primeira ponderação a ser efetuada é o ciclo de comutação pretendido para as tecnologias escolhidas. Como referido no ponto 5.2, existem dois ciclos de comutação

normalizados, de 3 horas e de 12 horas, e um outro criado internamente na empresa para a verificação e constatação da informação dada pelo fabricante. O ciclo de 1 minuto foi criado após a verificação do tempo necessário para a realização do teste. A sua necessidade foi compreendida na fase de investigação do estado da arte, uma vez que o tempo necessário para executar o teste nos ciclos normalizados é excessivamente grande. De forma a verificar esta afirmação, é apresentada a tabela 7 com o tempo necessário para executar o teste dependendo dos diferentes ciclos escolhidos para as duas tecnologias de lâmpadas selecionadas. Para a realização do teste é necessário conhecer o número de ciclos de comutação do fabricante, para a lâmpada T8 Led é 25000 e para a lâmpada T8 fluorescente é de 20000 ciclos.

**Tabela 7: O intervalo temporal em dias necessário para os diferentes ciclos de comutação**

| <b>Tempo dos diferentes ciclos</b> | <b>Número de ciclos efetuado num dia</b> | <b>Número de dias para efetuar 25000 ciclos</b> | <b>Número de dias para efetuar 20000 ciclos</b> |
|------------------------------------|--|---|---|
| <b>1 Minuto</b>                    | <b>1440</b>                              | <b>17,4</b>                                     | <b>13,9</b>                                     |
| <b>3 Horas</b>                     | <b>8</b>                                 | <b>3125</b>                                     | <b>2500</b>                                     |
| <b>12 Horas</b>                    | <b>2</b>                                 | <b>12500</b>                                    | <b>10000</b>                                    |

Após a constatação do tempo necessário para a realização do teste através da tabela 7, foi decidido para a escolha do ciclo de teste para as duas tecnologias, o ciclo de 1 minuto. Esta decisão foi tomada após verificar que são necessários 3125 dias para realizar o teste do ciclo de comutação para a lâmpada T8 LED e 2500 dias para a lâmpada T8 fluorescente, quando escolhido era o ciclo de 3h, o intervalo temporal necessário para a realização do teste é ainda maior se for escolhido o teste de 12h como mostra a tabela. Este intervalo temporal é insustentável utilizando os ciclos normalizados uma vez que a empresa não pode ficar 2500 dias à espera de um resultado pois o mercado já terá lançado novos equipamentos para a sua substituição.

A segunda ponderação diz respeito à amostra necessária para realizar o teste, como referido no ponto 5.2 são necessárias 20 amostras. Este parâmetro influencia o teste no período de tempo necessário para a sua execução, o teste terá de ser repetido 20 vezes, uma vez para cada lâmpada, para a obtenção do ciclo de comutação para uma determinada gama de lâmpada, logo o período de 17,4 dias necessário para a lâmpada T8 LED, ou os 13,9 dias para a lâmpada T8 fluorescente terá de ser multiplicado pelas 20 lâmpadas. O definido após esta abordagem é a utilização de uma só lâmpada.

**Teste realizado à lâmpada T8 GLASS LED**

- Foi utilizada uma lâmpada para realizar a verificação do ciclo de comutação da mesma;
- O teste iniciou-se no dia 14/05/15;
- O teste escolhido é o de 1 minuto;
- O teste terminou no dia 1/06/15, quando atingido o ciclo descrito pelo fabricante;
- O resultado do teste é conforme;

**Teste realizado à lâmpada T8 STANDARD 36W**

- Foi utilizada uma lâmpada para realizar a verificação do ciclo de comutação da mesma;
- O teste iniciou-se no dia 2/06/15;
- O teste escolhido é o de 1 minuto;
- O teste terminou no dia 16/06/15, quando atingido o ciclo descrito pelo fabricante;
- O resultado do teste é conforme;

### 6.3 Considerações

Neste capítulo é verificado o ciclo de comutação para duas lâmpadas distintas, uma com a tecnologia LED, a lâmpada T8 GLASS LED de 22W, e outra com a tecnologia fluorescente, a lâmpada T8 STANDARD de 36W, estas lâmpadas apesar de tecnologias e potências diferentes, são equivalentes no que diz respeito à iluminação. [59] Para a realização do teste, alguns pontos foram sujeitos a observações, nomeadamente a amostra necessária e o ciclo escolhido, isto porque, para a realização do teste, com os ciclos normalizados, o tempo necessário para verificar o ciclo de comutação obriga o laboratório a tardar na resposta ao departamento comercial, colocando este numa espera de no mínimo 2500 dias, intervalo temporal demasiado longo para decidir a aquisição de um novo equipamento. No entanto a máquina está programada e construída para a verificação dos ciclos normalizados.

A verificação do ciclo de comutação obriga também a verificar o bom funcionamento da melhoria construída no laboratório, a máquina que conte o número de ciclos de comutação de lâmpadas. A qual o resultado da melhoria construída para o laboratório abrange todos os objetivos previstos e compre todos os requisitos de funcionamento. A melhoria é construída tendo por base a sua simplicidade de utilização e de equipamentos constituintes, uma vez que, na equipa de trabalho da empresa Geonext o *staff* tem diferentes graus de escolaridade, e o elevado grau de sofisticação na construção da melhoria e na programação seriam um entrave nos custos de implementação e na continuidade do projeto, no que se refere ao manuseamento da melhoria implementada.

## Capítulo 7

### Conclusões

Em conclusão da dissertação verifica-se que, com a crescente conectividade do mercado, as alterações frequentes das matérias-primas, a imposição de restrições ambientais e a constante procura pela redução de custos, exigem respostas rápidas e rigorosas por parte dos departamentos das empresas. Com isto torna-se necessário um melhor controlo das suas atividades de forma a desenvolver novas estratégias e mecanismos para encontrar novas soluções, que permitam às empresas uma maior otimização dos seus processos de resposta, para que possam no menor período de tempo possível verificar as melhores decisões a tomar de forma que possam acompanhar a crescente competitividade no mercado em que se encontram inseridas e ao mesmo tempo optem pelas tecnologias com melhor qualidade e preço para uma maior rentabilização da mesma.

Para tal, o desenvolvimento dos processos de testes e verificações de conformidade nos laboratórios de qualidade, estão diretamente relacionados com a velocidade em que essa resposta é obtida, colocando em espera todo o departamento de comercialização e venda dos produtos por parte dos fornecedores e por parte dos clientes e diminuindo os problemas futuros adjuntos da decisão de aquisição de equipamentos que proporcionem problemas com a falta de qualidade, e que se convertam em grandes perdas financeiras e a desvalorização da empresa.

Este projeto de dissertação em ambiente empresarial visa essencialmente desenvolver e implementar um sistema que seja capaz de medir o ciclo de comutação para as diferentes lâmpadas existentes na empresa Geonext - Produtos Eléctricos S.A.

A empresa Geonext - Produtos Eléctricos S.A. é uma empresa portuguesa que desenvolve a sua atividade no setor de material elétrico e de iluminação. É titular das marcas Blink,

Lumitek e Luxtek. A Blink oferece aos profissionais do setor uma ampla gama de produtos elétricos para espaços e ambientes profissionais. A LUXTEK é uma marca de lâmpadas, distinguindo - se pela elevada qualidade do produto e pelo seu baixo custo. A Lumitek disponibiliza uma vasta gama de produtos de iluminação, elaborados com elevado espírito de funcionalidade e inovação estética. Relativamente ao mercado da empresa, esta contem várias lojas pelo país, e aposta também na exportação, desde o continente Europeu, o Asiático e o Africano, nomeadamente China, França, Angola, e Gabão.

O desenvolvimento da dissertação em ambiente empresarial ocorreu no laboratório em parceria com o departamento de qualidade da empresa. O laboratório é dotado de dois espaços físicos distintos, sendo o primeiro espaço destinado a escritório, dotado de bancadas onde ocorrem os testes elementares aos equipamentos, o segundo espaço está reservado para os testes de aquecimento, imersão e longevidade das lâmpadas e luminárias. É neste segundo espaço que se concretizou a implementação da melhoria no laboratório, o ciclo de comutação de lâmpadas até ao seu fim de vida.

Para desenvolver esta melhoria foi necessário rever os conceitos básicos da iluminação, obtendo como informações importantes a reter, o índice de eficiência energética, temperatura e cor e o índice de restituição de cores. Relativamente às grandezas a reter na iluminação, obtivemos o fluxo luminoso, a intensidade luminosa, a Iluminância e a luminância. Estas informações permitiram uma melhor perceção de todas as tecnologias existentes na iluminação artificial assim como o material de apoio para a mesma.

Este vasto estudo realizado permitiu verificar o que realmente é importante quando se pretende adquirir um sistema de iluminação. E foi esse o ponto de partida, o de rever os diagramas de tarefas no qual está inerente a verificação de sistemas de iluminação, aquando a aquisição de novos equipamentos como no processo de supervisão das mercadorias rececionadas.

Conclui-se ainda que os processos de receção de mercadoria e o de seleção de novos modelos sofrem de algumas lacunas, relativamente aos testes executados no laboratório.

Esta conclusão advém do levantamento das informações obrigatórias que a empresa deve disponibilizar ao consumidor final, e que não são verificadas nos testes dos processos de receção de mercadoria e o de seleção de novos modelos. Cresceu assim a necessidade de introduzir novos testes nos processos descritos, de forma a verificar todos os valores transmitidos ao utilizador final, permitindo aumentar o rigor e a qualidade da resposta que o laboratório fornece com a verificação do equipamento em teste.



Os novos testes são designados como possíveis melhorias a implementar no laboratório, onde surge a necessidade de implementar mecanismos para a verificação do fluxo luminoso útil nominal e efetivo da lâmpada, o tempo de vida nominal e efetivo da lâmpada, a temperatura de cor, o número de ciclos de comutação, o ângulo nominal e efetivo do feixe, o teor de mercúrio da lâmpada, o fator de conservação do fluxo luminoso no final do tempo de vida da lâmpada, o tempo de arranque, e a restituição da cor.

A melhoria escolhida para desenvolver no laboratório foi o ciclo de comutação, esta melhoria vem ao encontro de várias necessidades do laboratório, porque a nível de duração da tecnologia LED, esta diferencia-se das restantes tecnologias, uma vez que o LED nunca deixa de emitir fluxo luminoso. Considerando que existe a rutura do filamento nas lâmpadas incandescentes, ou desgaste dos elétrodos nas lâmpadas de descarga, verifica-se, que o fim de vida útil destas duas tecnologias é facilmente perceptível, mas na tecnologia LED esta perceção não acontece. E assim surge a necessidade de verificar o ciclo de comutação porque apesar de o LED ter uma longa duração de vida, para o seu bom funcionamento, necessita de um circuito auxiliar, circuito esse que limita a vida da lâmpada, uma vez que a vida dos componentes eletrónicos tende a diminuir significativamente com a comutação de estado da lâmpada devido ao seu elevado desgaste.

Após a decisão da implementação da melhoria que seja capaz de medir o número de ciclos de comutação, concluiu-se que esta tem de cumprir os seguintes objetivos, ser capaz de executar os testes sem a supervisão contínua em toda a duração do teste, armazenar a informação do número de vezes que a lâmpada liga e desliga e que seja capaz de executar o teste para os diferentes casquilhos e tecnologias de luz artificial.

Estes objetivos foram considerados na fase de construção da máquina, e foram concretizados utilizando uma placa programável, com o nome de Arduino Uno, esta contém um monitor que permite verificar o estado do teste e a numeração do ciclo de comutação efetuado, esta permite também a comunicação entre o utilizador e a máquina, podendo assim definir o teste a realizar. A máquina esta construída num compartimento com espaço para todas as tecnologias de iluminação permitindo assim a fácil adaptação para os diferentes casquilhos e materiais de apoio à iluminação, esta placa está ligada a um computador que se encontra fora desta divisão e é remotamente supervisionada e controlada através do Teamviewer, permitindo a sua supervisão no espaço definido como escritório do laboratório.

A conclusão relativamente à informação das normas a reter, analogamente à amostra, aos testes existentes e aos resultados são: existem dois tipos de amostras distintas, a amostra

proveniente de lâmpadas, incluindo as lâmpadas LED que podem ser substituídas pelo utilizador final, e a amostra de módulos LED que não se destinam a ser retirados pelo utilizador final; os ciclos de comutação existentes, o ciclo de doze horas (12h) e de três horas (3h); e os resultados do ensaio, “conforme” se, pelo menos 19 das 20 lâmpadas da amostra não sofrem avaria após ser atingido o número de ciclos de comutação requerido, ou “não conforme” se qualquer outro resultado.

Relativamente às necessidades do laboratório para a melhoria escolhida, constatou-se que o ciclo de 12 ou 3 horas, requerem um grande período de tempo para a realização do teste, a resolução para a diminuição do tempo de teste passa por introduzir um novo teste que nos permita verificar o número de comutações com intervalos de tempo mais curtos, foi definido o ciclo de 1 minuto, no qual a lâmpada está acesa 30 segundos e apagada 30 segundos. A introdução do teste de 1 minuto, permite verificar o ciclo de comutação, uma vez que a importância deste teste está diretamente relacionada com o desgaste do equipamento quando passa do estado OFF para ON.

O caso de estudo passou por verificar o ciclo de comutação de duas lâmpadas distintas, uma com a tecnologia LED, a lâmpada T8 GLASS LED de 22W, e outra com a tecnologia fluorescente, a lâmpada T8 STANDARD de 36W, estas lâmpadas apesar de tecnologias e potências diferentes, são equivalentes no que diz respeito à iluminação. Para a realização do teste alguns pontos foram sujeitos a observações, nomeadamente a amostra necessária e o ciclo escolhido, isto porque, para a realização do teste, com os ciclos normalizados, o tempo necessário para verificar o ciclo de comutação obriga o laboratório a tardar na resposta ao departamento comercial, colocando este numa espera de no mínimo 2500 dias, intervalo temporal demasiado longo para decidir a aquisição de um novo equipamento. No entanto a máquina fica programada e construída para a verificação dos ciclos normalizados.

A verificação do ciclo de comutação obriga também a verificar o bom funcionamento da melhoria construída no laboratório, a máquina que conte o número de ciclos de comutação de lâmpadas. A qual o resultado da melhoria construída para o laboratório abrange todos os objetivos previstos.

Por fim fica em aberto a construção ou aquisição dos restantes pontos de melhoria para o laboratório, podendo advir de futuras dissertações, criando novos pontos de contacto entre os estabelecimentos de ensino e as empresas, permitindo aos alunos adquirirem competências nas diversas áreas de trabalho.

# Anexo A

## Código do programa

```
const byte sensorPin = 3; // Seleciona o pino de entrada da lâmpada
int valon;
int valoff;
int cont;
int contc;
float rrr;
int ttt;

void setup ()
{

Serial.begin(9600); // Configurar biblioteca de série em 9600 bps
pinMode (13, OUTPUT); // Inicializa o pino digital 13 como uma saída
pinMode(sensorPin, INPUT); //Inicializa o pino sensorPin como uma entrada sensorPin

contc=0; //Contador igual a zero

Serial.println( "escolha o ciclo de comutação pretendido:");
Serial.println( "1 -- ciclo de 12 horas");
Serial.println( "2 -- ciclo de 3 horas ");
Serial.println( "3 -- ciclo de 1 minuto "); // Escreve no ecrã a mensagem para o utilizador escolher o
teste
delay (5000); // O delay de 5000 é criado para o utilizador ter tempo para escrever o código pretendido
```

```

rrr = Serial.read(); // Lê a variável digitalizada pelo utilizador
int ttt = rrr - 48 ;

Serial.println("teste numero :");
Serial.println(ttt);
Serial.println(" "); // Imprime o teste escolhido pelo utilizador
}

void loop ()
{

// #####
//
//          CICLO DE 12 HORAS
//
// #####

if ( rrr == 49 ) // CICLO DE 12 HORAS

{

if ( contc == 4 ) // Se o contador passar por quatro ciclos sem haver alteração no estado da
lâmpada o ciclo acaba
    {
        cont = cont-4; //Retirar os 4 ciclos que a lâmpada esta off
Serial.println("#####");
Serial.println("#                               #");
Serial.println("#          ciclo de comutação:          #");
Serial.println(                cont);
Serial.println("#                               #");
Serial.println("#####"); //Imprime o
numero de ciclos
delay (5000);
Serial.println("hhhh");

```

```

    exit(0);
}
else if ( contc <=3 )
{

```

ou ligada

```

    Serial.println("acende"); // Imprime o estado da lâmpada
    digitalWrite (13, HIGH); // Define a porta 13, a lâmpada como HIGH

```

```

    delay (1800000); // Esperar por 30 min
    valon = analogRead(sensorPin); // Lê o valor da LDR
    Serial.println("valor da LDR com led ON");
    Serial.println(valon); // Imprime o valor da LDR no ecrã
    // float voltage = valon * (5.0 / 1023.0);
    //Serial.println(" o valor da tensão =");
    //Serial.println(voltage);
    delay (1800000); // Esperar por 30 min (1h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (2h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (3h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (4h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (5h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (6h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (7h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (8h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (9h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (10h)
    delay (3600000); // Esperar por 1 hora (11h)

```

ou desligada

```

    Serial.println("apaga"); // Imprime o estado da lâmpada
    digitalWrite (13, LOW); // Define a porta 13, a lâmpada como LOW

```

```

    delay (1800000); // Esperar por 30 min
    Serial.println("valor da LDR com led OFF");
    valoff = analogRead(sensorPin); // Lê o valor da LDR
    Serial.println(valoff); // Imprime o valor da LDR no ecrã

```

```

// float voltage1 = valoff* (5.0 / 1023.0);
// Serial.println(" o valor da tensão =");
// Serial.println(voltage1);
delay (1800000); // Esperar por 30 min
Serial.println("acaba o ciclo");

cont = cont + 1; // Conta o numero de ciclos
Serial.println("ciclo numero :");
Serial.println(cont); // Imprime o numero de ciclos

if ( valoff >= valon ) // Conta o numero de ciclos quando o valor da
LDR é igual no estado ON e OFF da lâmpada
{
contc = contc + 1;
Serial.println("ciclo numero :");
Serial.println(contc);
}
else
{
contc = 0;
Serial.println("ciclo numero :");
Serial.println(contc);
}

Serial.println(" ");
Serial.println(" ##### "); // Escreve a
mensagem dentro de " " na passagem de ciclo
Serial.println(" ");

}

}

```

```

// #####
//
//     CICLO DE 3 HORAS
//
// #####

    if ( rrr == 50 ) // CICLO DE 3 HORAS

    {

        if ( contc == 4 ) // Se o contador passar por quatro ciclos sem haver alteração no
estado da lâmpada o ciclo acaba
        {
            cont = cont-4; // Retirar os 4 ciclos que a lâmpada esta off
            Serial.println("#####");
            Serial.println("#                #");
            Serial.println("#  ciclo de comutação:  #");
            Serial.println(   cont);
            Serial.println("#                #");
            Serial.println("#####"); // Imprime o
numero de ciclos
            delay (5000);
            Serial.println("hhhhh");

            exit(0);
        }
        else if ( contc <=3 )
        {

            Serial.println("acende"); // Imprime o estado da lâmpada
            digitalWrite (13, HIGH); // Define a porta 13, a lâmpada como HIGH
ou ligada

            delay (900000); // Esperar por 15 min
            valon = analogRead(sensorPin); // Lê o valor da LDR
            Serial.println("valor da LDR com led ON");

```

```

Serial.println(valon); // Imprime o valor da LDR no ecrã
// float voltage = valon * (5.0 / 1023.0);
//Serial.println(" o valor da tensão =");
//Serial.println(voltage);
delay (1800000); // Esperar por 30 min (45 min)
delay (1800000); // Esperar por 1h (1h 45 min)
delay (1800000); // Esperar por 1h (2h 45 min)

```

```

Serial.println("apaga"); // Imprime o estado da lâmpada
digitalWrite (13, LOW); // Define a porta 13, a lâmpada como LOW

```

ou desligada

```

delay (300000); // Esperar por 5 min
Serial.println("valor da LDR com led OFF");
valoff = analogRead(sensorPin); // Lê o valor da LDR
Serial.println(valoff); // Imprime o valor da LDR no ecrã
// float voltage1 = valoff* (5.0 / 1023.0);
// Serial.println(" o valor da tensão =");
// Serial.println(voltage1);
delay (600000); // Esperar por 10 min (15 min)
Serial.println("acaba o ciclo");

```

```

cont = cont + 1; // Conta o numero de ciclos
Serial.println("ciclo numero :");
Serial.println(cont); // Imprime o numero de ciclos

```

if ( valoff >= valon ) // Conta o numero de ciclos quando o valor da LDR é igual no estado ON e OFF da lâmpada

```

{
contc = contc + 1;
Serial.println("ciclo numero :");
Serial.println(contc);
}
else
{

```



```

        contc = 0;
        Serial.println("ciclo numero :");
        Serial.println(contc);
    }

    Serial.println(" ");
    Serial.println(" ##### "); // Escreve a
mensagem dentro de " " na passagem de ciclo
    Serial.println(" ");
}
}

// #####
//
//     CICLO DE 1 MINUTO
//
// #####

if ( rrr == 51 ) // CICLO DE 1 MIN

{
    if ( contc == 4 ) // Se o contador passar por quatro ciclos sem haver alteração no estado da
lâmpada o ciclo acaba
    {
        cont = cont-4; //Retirar os 4 ciclos que a lâmpada esta off
        Serial.println("#####");
        Serial.println("#          #");
        Serial.println("# ciclo de comutação: #");
        Serial.println(   cont);
        Serial.println("#          #");
        Serial.println("#####"); // Imprime o
numero de ciclos
        delay (5000);
    }
}

```

```

Serial.println("hhhhh");

    exit(0);
}
else if ( contc <=3 )
{

```

ou ligada

```

Serial.println("acende"); // Imprime o estado da lâmpada
digitalWrite (13, HIGH); // Define a porta 13, a lâmpada como HIGH

```

```

delay (15000); // Esperar por 15 segundos
valon = analogRead(sensorPin); // Lê o valor da LDR
Serial.println("valor da LDR com led ON");
Serial.println(valon); // Imprime o valor da LDR no ecrã
// float voltage = valon * (5.0 / 1023.0);
//Serial.println(" o valor da tensão =");
//Serial.println(voltage);
delay (15000); // Esperar por 15 segundos (30 segundos)

```

ou desligada

```

Serial.println("apaga"); // Imprime o estado da lâmpada
digitalWrite (13, LOW); // Define a porta 13, a lâmpada como LOW

```

```

delay (15000); // Esperar por 15 segundos
Serial.println("valor da LDR com led OFF");
valoff = analogRead(sensorPin); // Lê o valor da LDR
Serial.println(valoff);
// float voltage1 = valoff* (5.0 / 1023.0);
// Serial.println(" o valor da tensão =");
// Serial.println(voltage1);
delay (15000); // Esperar por 15 segundos (30 segundos)
Serial.println("acaba o ciclo");

```

```

cont = cont + 1; // Conta o numero de ciclos
Serial.println("ciclo numero :");

```

```

Serial.println(contc); // Imprime o numero de ciclos

    if ( valoff >= valon ) // Conta o numero de ciclos quando o valor da
LDR é igual no estado ON e OFF da lâmpada
    {
    contc = contc + 1;
    Serial.println("ciclo numero :");
    Serial.println(contc);
    }
    else
    {
    contc = 0;
    Serial.println("ciclo numero :");
    Serial.println(contc);
    }

    Serial.println(" ");
    Serial.println(" ##### "); // Escreve a
mensagem dentro de " " na passagem de ciclo
    Serial.println(" ");

    }

}

}

```



## Anexo B

# Fichas técnicas das lâmpadas

- Ficha técnica da lâmpada T8 GLASS LED:



© 02.2015, LUXTEK. All rights reserved.

### T8 GLASS LED 22W 120cm

|   |                  |
|---|------------------|
| Código  | 0931480457       |
| Nome  | T8 GLASS LED     |
| Tecnologia  | LED              |
| Potência (W)  | 22               |
| Casquilho   | G13              |
| Tensão (Vac)  | 230              |
| Temperatura de Cor (K)  | 4000             |
| Fluxo luminoso (nominal) (lm)                                 | 2000             |
| Ângulo do Fluxo   | 270°             |
| Vida útil (nominal) (h)                                       | 25.000           |
| Classe Energética   | A+               |
| Regulação de Fluxo  | Não              |
| EAN   | 5604378928864    |
| EU reg. N°  | 003765732        |
| Lâmpada de Economia de energia                                | Sim              |
| Acabamento da Lâmpada   | Vidro Opalino    |
| Forma da Lâmpada  | Tubular          |
| Tipo  | T8 LED G13       |
| Posição de funcionamento                                      | Universal        |
| Uso previsto  | Iluminação Geral |
| Lâmpada para uso especial                                     | Não              |
| Tempo de arranque [máx.] (s)                                  | < 0,05           |
| Tempo até atingir 60% do fluxo luminoso máximo (s)            | < 1,0            |
| Número de ciclos de comutação antes de falha prematura (mín.) | > 25000          |

## Dados Eléctricos

|  |       |
|--|-------|
| kWh p/1000h                                    | 22    |
| Classe Energética                              | A+    |
| Rendimento (lm/W)                              | 91    |
| Potência Nominal (W)                           | 22    |
| Tensão (Vac)                                   | 230   |
| Corrente (A)                                   | 0.106 |
| Temperatura ideal de funcionamento [°C]        | 25    |
| Factor de Potência                             | > 0.9 |
| Balastro Necessário                            | Não   |
| Potência Standard Fluorescente Equivalente (W) | 36    |

## Etiqueta Energética

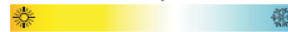


## Dados Ópticos

|   |                 |
|---|-----------------|
| Cor da Luz  | Branco Frio 840 |
| Temperatura da Cor (K)  | 4000            |
| IRC (Ra)  | > 80            |
| Ângulo do Fluxo (nominal)                                       | 270°            |
| Lâmpada para iluminação de Realce                               | Não             |
| Homogeneidade de Cores  | 6 SDCM          |
| Factor de conservação do Fluxo Luminoso no fim da vida útil (%) | 70              |
| Fluxo Luminoso (nominal) (lm)                                   | 2000            |



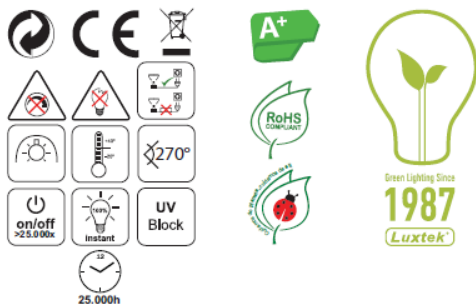
Cool White 4000K



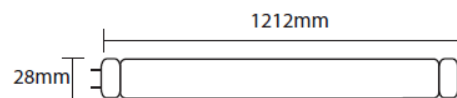
## Dados Físicos

|  |                 |
|--|-----------------|
| Peso Líquido (g)   | 235             |
| Peso Bruto (g)   | 340             |
| Diâmetro (mm)  | 28              |
| Comprimento (mm)   | 1212            |
| Conteúdo de Mercúrio na lâmpada (mg)                           | 0               |
| Tipo de Embalagem  | Caixa           |
| Quantidade por Cartão Interior                                 | 1               |
| Quantidade por Cartão Exterior                                 | 25              |
| Concebida para uma utilização óptima em condições não standard | Não             |
| Dimensões da lâmpada iguais à sua equivalente fluorescente     | Não             |
| Dimensões da embalagem individual (LxWxH) (cm)                 | 128 x 3,5 x 3,0 |
| Dimensões da embalagem exterior (LxWxH) (cm)                   | 131 x 22 x 22   |
| Embalagem exterior G.W./N.W. (Kgs)                             | 9 / 7           |


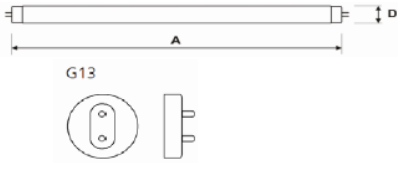
## Simbologia



## Desenho Técnico



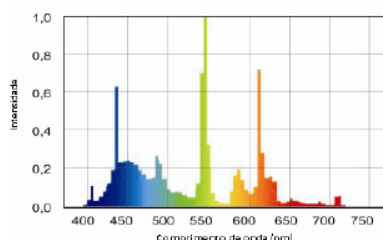
- Ficha técnica da lâmpada T8 STANDARD 36W

| Ficha Técnica T8 STANDARD 36W - 0931570051  |   | <b>Luxtek®</b>                 |
|---|---|--------------------------------|
| Fotografia Produto / Product Image  | Dados Gerais / General Data                                 |                                |
|   | Código interno / Order Code:                                | 0931570051                     |
|   | Tecnologia / Technology:                                    | Fluorescente /<br>Fluorescent  |
|   | Classe energética / Energy Label:                           | A                              |
|   | Lâmpada de Poupança de energia / Energy Saving Lamp:        | Sim / Yes                      |
|   | Vida útil (efectiva) / Average life (rated) (h):            | 20000                          |
|   | Vida útil / Average life (nominal) (h):                     | 20000                          |
|   | Acabamento / Lamp finish:                                   | Opal                           |
|   | Forma da Lâmpada / Lamp Shape:                              | Tubular                        |
|   | Dimável / Dimmable:   | Sim / Yes                      |
|   | Base:   | G13                            |
|   | Tipo / Type:  | T8                             |
|   | EAN:  | 5604378651700                  |
|   | EU reg.Nº :   | 003765732                      |
|   | Nome do Produto / Product Name                              | T8 36W 840                     |
| Conteúdo de mercúrio / Mercury Content (mg):  | 2,8   |                                |
| Desenho Técnico / Technical Drawing   | Dispositivo de controlo necessário / Control gear required: | Sim / Yes                      |
|  | Aplicação / Intended purpose:                               | Uso Geral /<br>Geral lightning |
|   | Lâmpada p/uso especial / Special purpose lamp:              | Não / No                       |
|   | Transformador necessário / Transformer required:            | Não / No                       |
|   | Quantidade p/ Caixa / Sales pack quantity:                  | 25                             |
|   | Condições ótimas / Optimal Operating                        | 25                             |

condition (°C):

Factor de sobrevivência / Rated survival factor:

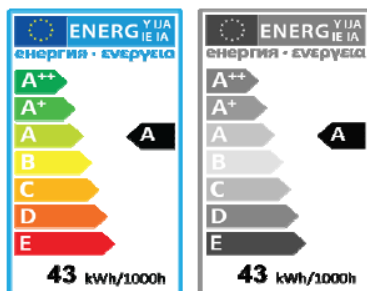
|             |       |
|-------------|-------|
| 2000h 50Hz  | ≥0.99 |
| 4000h 50Hz  | ≥0.98 |
| 8000h 50Hz  | ≥0.96 |
| 12000h 50Hz | ≥0.92 |
| 16000h 50Hz | ≥0.80 |
| 20000h 50Hz | ≥0.50 |

**Diagrama Espectral / Spectral Distribution****Dados Eléctricos / Electrical Data**

|  |      |
|--|------|
| kWh / 1000h  | 43   |
| Rendimento (efectivo) / Efficacy (rated) (lm/W):                       | 93   |
| Potência Efectiva / Rated Watt (W):                                    | 36,0 |
| Potência Nominal / Nominal Watt (W):                                   | 36,0 |
| Potência Efectiva Alta frequência (W) / Rated Watt High frequency(W) : | 32,0 |

www.luxtek.pt : info@luxtek.pt telf +351 252 301 260 - Pólo Industrial de Lousado, Rua da Indústria,  
181 4760-180, Lousado - Vila Nova de Famalicão, Portugal - Agosto 2014

Ficha Técnica T8 STANDARD 36W - 0931570051

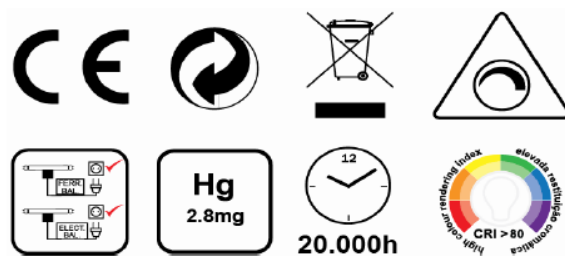
**Luxtek®****Etiqueta Energética / Energy label****Características da luz / Optical Data**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Cor da Luz / Light Colour:  | Branco Frio / Cool White |
| Índice de restituição cromática / CRI (Ra):   | 85                       |
| Temperatura de cor / Colour temperature (K):  | 4000                     |
| Fluxo Luminoso (efectivo) / Luminous flux (rated) (lm):                               | 3350                     |
| Fluxo Luminoso / Luminous flux (nominal)(lm):   | 3350                     |
| Factor de conservação do fluxo luminoso efectivo / Rated lumen maintenance factor at: |                          |
| 2000h 50Hz  | ≥0.96                    |
| 4000h 50Hz  | ≥0.94                    |
| 6000h 50Hz  | ≥0.92                    |
| 8000h 50Hz  | ≥0.91                    |
| 12000h 50Hz   | ≥0.90                    |
| 16000h 50Hz   | ≥0.89                    |
| 20000h 50Hz   | ≥0.87                    |



**Dados Físicos / Physical Data:**

|   |               |
|---|---------------|
| Peso líquido / Weight (g):  | 187           |
| Comprimento / Length (mm):  | 1200          |
| Diâmetro / Diameter (mm):   | 26            |
| Caixa individual / Single packaging type                                      | Manga/ Sleeve |
| Dimensões Caixa Individual (CxLxA) / Single packaging dimensions (LxWxH) (cm) | 120,5x3x3     |
| Dimensões Caixa Exterior (CxLxA) / Outer packaging dimensions (LxWxH) (cm)    | 124,5x15x15   |

**Simbologia / Symbology:**



# Referências

- [1] Departamento de marketing, “Apresentação da empresa Geonext”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [2] Geonext Produtos Eléctricos S.A, “A Empresa”. Disponível em <http://www.geonext.pt/ptapresentacao/view>. Acesso em 27/Fevereiro/2015.
- [3] Geonext Produtos Eléctricos S.A, “Marcas”. Disponível em <http://www.geonext.pt/ptapresentacao/view>. Acesso em 27/Fevereiro/2015.
- [4] Departamento de Qualidade, “Organograma da empresa Geonext”, 2015, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [5] Departamento de Qualidade, “Layout da empresa Geonext”, 2010, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [6] Museu da Lâmpada. Disponível em <http://www.museudalampada.com/#!o-fogo/c1fhw>. Acesso em 9/Março/2015.
- [7] Fernando Costa, “Evolução histórica do candeeiro”. Disponível em <http://pt.slideshare.net/fvlsc/evolucao-historica-do-candeeiro>. Acesso em 9/Março/2015.
- [8] História da Lâmpada. Disponível em <http://www.historiadetudo.com/lampada.html>. Acesso em 9/Março/2015.
- [9] Lucerna. Disponível em [http://pt.artesanum.com/artesanato-lucerna\\_romana-39953.html](http://pt.artesanum.com/artesanato-lucerna_romana-39953.html). Acesso em 10/Março/2015.
- [10] Manual Osram. Disponível em [http://www.osram.pt/osram\\_pt/](http://www.osram.pt/osram_pt/). Acesso em 9/Março/2015.
- [11] José Manuel Barroso, “Directiva 2009/125(CE do Parlamento Europeu e do conselho no que respeita aos requisitos de conceção ecológica para as lâmpadas direccionais, as lâmpadas de díodos emissores de luz e os equipamentos conexos”, IEC, Bruxelas, 2012.
- [12] Membro da Comissão Europeia, “REGULAMENTO DELEGADO (UE) Nº 874/2012 que completa a directiva 2010/30/UE do parlamento europeu e do conselho no que respeita à rotulagem energética das lâmpadas eléctricas e luminárias”, IEE, Bruxelas 2012.
- [13] Temperaturas de cor. Disponível em <http://claritek.com.br/blog/informacao-importante-sobre-produtos-temperaturas-de-cor-revisao-norma-abnt/>. Acesso em 11/Março/2015
- [14] Guangzhou Sunny Billion Power Ltd. Disponível em [http://pt.made-in-china.com/co\\_sunnybp/product\\_180-Degree-12W-LED-Bulb-with-Epistar-Chip\\_eiyeieyg.html](http://pt.made-in-china.com/co_sunnybp/product_180-Degree-12W-LED-Bulb-with-Epistar-Chip_eiyeieyg.html). Acesso em 11/Março/2015.
- [15] Lâmpadas Domésticas. Disponível em <http://pt.slideshare.net/FernandoWeise/01lampadas-domesticas>. Acesso em 11/Março/2015.

- [16] Guia Iluminação 2005 Philips. Disponível em <http://www.ebah.pt/content/ABAAABSHAAD/guia-iluminacao-2005-philips> . Acesso em 11/Março/2015.
- [17] Guia de bolso Philips. Disponível [http://www.lighting.philips.com/pwc\\_li/br\\_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso\\_Sistema\\_09\\_final.pdf](http://www.lighting.philips.com/pwc_li/br_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso_Sistema_09_final.pdf). Acesso em 11/Março/2015.
- [18] José Manuel Barroso, “Anexos III e Anexos IX da Directiva 2009/125(CE do Parlamento Europeu e do conselho no que respeita aos requisitos de conceção ecológica para as lâmpadas direccionais, as lâmpadas de díodos emissores de luz e os equipamentos conexos”, IEC, Bruxelas, 2012.
- [19] D. José Ramírez Vázquez, Carlos Buigas Sans, Ignacio Munilla Morales, “Luminotecnia Enciclopedia Ceac de Electricidad” pp 37 a 61, pp 89 a 290, Ediciones Ceac, Barcelona, 1972;
- [20] Lucínio Preza de Araújo, “Tipos e Características de Lâmpadas”. Disponível em <http://www.prof2000.pt/users/lpa>. Acesso em 11/Março/2015.
- [21] Catalogo Luxtek. Disponível em [http://www.luxtek.pt/fich/catalogos/LX10\\_2014\\_Halog%C3%A9neo.pdf](http://www.luxtek.pt/fich/catalogos/LX10_2014_Halog%C3%A9neo.pdf). Acesso em 11/Março/2015.
- [22] Descarga Elétrica em Gases de Baixa Pressão. Disponível em [http://www.osram.pt/osram\\_pt/noticias-e-conhecimento/lampadas-fluorescentes/conhecimento-profissional/descarga-de-gas-de-baixa-preso/index.jsp](http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/lampadas-fluorescentes/conhecimento-profissional/descarga-de-gas-de-baixa-preso/index.jsp) Acesso em 11/Março/2015.
- [23] Descarga Elétrica em Gases de Alta Pressão. Disponível em [http://www.osram.pt/osram\\_pt/noticias-e-conhecimento/lampadas-de-descarga-de-alta-preso/conhecimento-profissional/index.jsp](http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/lampadas-de-descarga-de-alta-preso/conhecimento-profissional/index.jsp). Acesso em 11/Março/2015.
- [24] The Mercury Vapour Lamp. Disponível em <http://www.lamptech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.htm>. Acesso em 11/Março/2015.
- [25] Armínio Teixeira, “Eficiência energética das instalações de iluminação”. Disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~arminio/teci/apontamentos.html>. Acesso em 11/Março/2015.
- [26] Lâmpadas de descarga de alta intensidade, Lâmpadas de luz mista. Disponível em [http://www.osram.com.br/osram\\_br/produtos/lampadas/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/lampadas-de-luz-mista-para-luminaria-de-embutir-ou-aplicacao-sobreposta/hwl/index.jsp](http://www.osram.com.br/osram_br/produtos/lampadas/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/lampadas-de-luz-mista-para-luminaria-de-embutir-ou-aplicacao-sobreposta/hwl/index.jsp). Acesso em 11/Março/2015.
- [27] Lâmpadas com iodetos metálicos. Disponível em [http://www.osram.com.br/osram\\_br/produtos/lampadas/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/lampadas-de-vapor-de-sodio-de-alta-preso-para-luminarias-de-embutir/vialox-nav-e-super-4y/index.jsp](http://www.osram.com.br/osram_br/produtos/lampadas/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/lampadas-de-vapor-de-sodio-de-alta-preso-para-luminarias-de-embutir/vialox-nav-e-super-4y/index.jsp). Acesso em 11/Março/2015.
- [28] Armínio Teixeira, “Tipos de Lâmpadas”. Porto : FEUP, 2004.
- [29] Lâmpadas Fluorescentes. Disponível em [http://www.osram.pt/osram\\_pt/noticias-e-conhecimento/lampadas-fluorescentes/index.jsp](http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/lampadas-fluorescentes/index.jsp). Acesso em 11/Março/2015.
- [30] Lâmpadas Fluorescentes. Disponível em <http://luzcasa.com.br/Eshop.Admin/Imagens/luzcasa/Lampada-fluor-tubular-16-20w-OSRAM.jpg>. Acesso em 11/Março/2015.

- [31] Lâmpada fluorescente compacta. Disponível em <http://www.philips.pt/c-p/8727900932133/tornado-lampada-economizadora-espiral/especificacoes>. Acesso em 12/Março/2015.
- [32] Lâmpada fluorescente compacta. Disponível em [http://www.luxtek.pt/fich/catalogos/LX12\\_2014\\_High%20Power%20FC.pdf](http://www.luxtek.pt/fich/catalogos/LX12_2014_High%20Power%20FC.pdf). Acesso em 12/Março/2015.
- [33] Tecnologia LED. Disponível em <http://www.mega8.pt/tag/iluminacao-2?print=pdf-page>. Acesso em 12/Março/2015.
- [34] História do LED. Disponível em [http://www.osram.pt/osram\\_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/historia-do-led/index.jsp](http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/historia-do-led/index.jsp). Acesso em 12/Março/2015.
- [35] Princípios básicos do LED. Disponível em [http://www.osram.pt/osram\\_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/conhecimento-basico/index.jsp](http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/conhecimento-basico/index.jsp). Acesso em 12/Março/2015.
- [36] Conhecimento básico do LED. Disponível em [http://www.osram.pt/osram\\_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/conhecimento-basico/index.jsp](http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/conhecimento-basico/index.jsp). Acesso em 12/Março/2015.
- [37] A produção das tonalidades LED. Disponível em [http://www.osram.pt/osram\\_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/tonalidades/index.jsp](http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/tonalidades/index.jsp). Acesso em 12/Março/2015.
- [38] Catálogo LUXTEK, “Tecnologias LED”. Disponível em [http://www.luxtek.pt/catalogo\\_lampadas](http://www.luxtek.pt/catalogo_lampadas). Acesso em 12/Março/2015.
- [39] Vida útil do LED. Disponível em [http://www.osram.pt/osram\\_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/vida-util/index.jsp](http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/pagina-inicial-led/conhecimento-profissional/principios-basicos-do-led/vida-util/index.jsp). Acesso em 12/Março/2015.
- [40] Casquilhos das diferentes tecnologias. Disponível em <http://www.luxtek.pt/>. Acesso em 12/Março/2015.
- [41] André Silva, Bruno Fonseca, Marta Simões, Pedro Faria, Rafaela Faria, Ricardo Ferreira, “Iluminação Artificial na FEUP”. Faculdade de Engenharia da universidade do Porto, 2010.
- [42] Balastro. Disponível em <http://forumdacasa.com/extensions/Inlinelimages/image.jpg.php?AttachmentID=36060>. Acesso em 12/Março/2015.
- [43] Arrancador. Disponível em <http://www.philips.com/>. Acesso em 12/Março/2015.
- [44] Departamento de Qualidade, “Recepção de mercadoria”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [45] Departamento de Qualidade, “Seleção de novos modelos”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [46] Departamento de Qualidade, “EMM’s Equipamentos de Medição e Monitorização”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [47] Departamento de Qualidade, “Plano de inspeção de recepção de lâmpadas” 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [48] Departamento de Qualidade, “Plano de inspeção de recepção de Luminárias”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..

- [49] Departamento de Qualidade, “Plano ensaio módulos LED”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [50] Departamento de Qualidade, “Plano de ensaio para aparelhos de comando”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [51] Departamento de Qualidade, “Plano de ensaio para lâmpadas fluorescentes”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [52] Departamento de Qualidade, “Plano de ensaio para lâmpadas”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [53] Departamento de Qualidade, “Plano de ensaio para luminárias de emergência”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [54] Departamento de Qualidade, “Plano de ensaio para luminárias”, 2014, Documento interno da empresa Geonext - Produtos eléctricos S.A..
- [55] Membro da Comissão Europeia, “Anexo IX Procedimento de verificação para efeitos de fiscalização do mercado”, REGULAMENTO DELEGADO Nº 874/2012, IEE, Bruxelas 2012.
- [56] Arduino Uno. disponível em <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>. Acesso em 23/Março/2015.
- [57] Componentes electrónicos. Disponível em [http://www.botnroll.com/index.php?id\\_category=15&controller=category&id\\_lang=5](http://www.botnroll.com/index.php?id_category=15&controller=category&id_lang=5) Acesso dia 23/Março/2015.
- [58] Catalogo BLINK. Disponível em [http://www.luxtek.pt/catalogo lâmpadas](http://www.luxtek.pt/catalogo_lampadas). Acesso em 12/Março/2015.
- [59] Catalogo LUXTEK, “Lâmpadas”. Disponível em [http://www.luxtek.pt/catalogo lâmpadas](http://www.luxtek.pt/catalogo_lampadas). Acesso em 12/Março/2015.