



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Iluminação e Ecoprodutos – Classificação do seu Grau de Procura da Sustentabilidade

Ana Rita Cipriano Moreira dos Santos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia do Ambiente

Júri

Presidente: Professor Doutor Ramiro Joaquim de Jesus Neves

Orientador: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Vogal: Professor Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo

Julho 2012

Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao meu orientador, o Prof. Dr. Eng.º Manuel Duarte Pinheiro pela oportunidade de realização deste trabalho e pelo seu apoio, incentivo, motivação e optimismo, partilha de conhecimentos e pela sua disponibilidade em me orientar e direccionar sempre que foi necessário.

Gostaria de agradecer à minha família, em especial à minha Mãe e à minha Irmã por todo o apoio, optimismo e motivação.

Em especial gostaria de agradecer ao Fábio Grego pela amizade, apoio, ajuda e pela sua extrema paciência e disponibilidade para me ajudar, tendo sido sem dúvida um apoio fundamental na realização da dissertação e à Marta Braz da Silva, companheira de tese no LTI de Ambiente e do Skype, dos momentos de descontração e de risadas e que apesar da sua própria dissertação encontrou sempre tempo para me ouvir e ajudar.

Por fim gostaria de deixar uma palavra de agradecimento à Leonor Pratt, ao João Sobrinho, à Ângela Salgado, ao José Salgado, ao Celso Gonçalves e a todos os restantes colegas e amigos de curso e de residência que de uma forma ou de outra contribuíram de forma positiva no decorrer do curso e que me proporcionaram bons momentos ao longo dos últimos anos.

Resumo

No âmbito da construção sustentável torna-se importante estudar os produtos utilizados nos ambientes construídos num contexto sustentável, nas vertentes ambiental, social e económica. Torna-se importante identificar e divulgar produtos com melhor desempenho sustentável e menores impactes ambientais no ciclo de vida.

A nível nacional os produtos de iluminação colocados no mercado devem cumprir a legislação em relação aos materiais perigosos (mercúrio) e as embalagens das lâmpadas têm de disponibilizar informação aos consumidores em relação à durabilidade, consumo de energia, classe de eficiência energética e fluxo luminoso. Em termos de rótulos ecológicos existem vários a nível mundial com critérios para classificar o desempenho ambiental das lâmpadas, sendo que a nível Europeu existe o Rótulo Ecológico da União Europeia.

A presente Dissertação parte da análise e sistematização da informação disponível dos produtos de iluminação existentes no mercado de modo a desenvolver um método prático de classificação do desempenho sustentável das lâmpadas com base em dez critérios propostos de acordo com a metodologia do Sistema LiderA: Eficiência Energética, Intensidade em Carbono, Durabilidade, Materiais Locais, Materiais de Baixo Impacte, Produção de Resíduos, Gestão de Resíduos Perigosos, Níveis de Iluminação, Baixos Custos no Ciclo de Vida e Condições de Utilização Ambiental. Como resultado obtém-se a classificação de acordo com os níveis de desempenho do Sistema LiderA que vão de G até A++.

O método de classificação desenvolvido foi aplicado a uma amostra de trinta e oito produtos sendo que os resultados obtidos estão disponíveis para consulta no Catálogo Online de Produtos e Serviços Sustentáveis (4Rs).

Palavras-chave: Classificação Sustentável, Lâmpadas, Sustentabilidade, Sistema LiderA

Abstract

In the context of sustainable construction, it became important to study products used in the buildings in a sustainable perspective (environmental, social and economic). It became important identify and spread products with a better environmental performance with minimal environmental impacts during their life cycle.

In Portugal the illumination products available in the market have to comply the legislation in concern to the presence of dangerous materials (mercury), and the package of the lamps must have available information to the consumer in regard with durability, power consumption, energetic efficiency class and luminous flux in lumen. There are many ecological labels worldwide that have criteria to classify the environmental performance of the lamps. In European Union exists the ecological label Ecolabel, which have criteria to a great number of products.

This Master Thesis don an analysis and a systematization of the available information regarding illumination products available in the market and develop an practical method to classify the sustainable performance of the lamps based in ten criteria proposed according to the LiderA System methodology: Energetic Efficiency, Carbon Intensity, Durability, Local Materials, Low Impact Materials, Waste Production, Hazardous Waste Management, Light Levels, Low Life Cycle Costs and Environmental Use Conditions. The result is a classification of the lamps according to the performance levels of the LiderA System which goes from G to A++.

The developed classification method was applied to a sample of 38 products and the results obtained are available for consult in the Online Catalog of Sustainable Products and Services (4Rs).

Keywords: Sustainable Classification, Lamps, Sustainability, LiderA System

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice	v
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xi
Siglas e Abreviaturas	xiii
1. Introdução	1
Evolução dos Produtos de Iluminação	1
Necessidade da Informação do Desempenho Ambiental dos Produtos	2
Certificação de Edifícios e dos Produtos de Construção	3
1.1. Descrição do Problema Actual	4
Consumo de Energia	4
Consumo de Energia em Portugal	5
Impactes Ambientais dos Produtos	6
Importância da Classificação dos Produtos de Iluminação	7
1.2. Âmbito e Motivação para o caso de estudo	9
1.3. Objectivo da Dissertação e Resultados Expectáveis	10
1.4. Metodologia	11
1.5. Estrutura da Dissertação	12
2. Revisão do Estado da Arte – Produtos e Serviços Sustentáveis	13
2.1. Contexto Ambiental do estudo	13
2.1.1. Conceito de Sustentabilidade	13
2.1.2. Eco Produtos	14
2.1.3. Construção sustentável	14
2.1.4. Produtos e Serviços sustentáveis	15
2.2. Gestão Ambiental	15
2.3. Avaliação do Ciclo de Vida	16
Objectivos e Âmbito da ACV	17

Inventário	17
Avaliação do Impacte Ambiental.....	17
Interpretação.....	18
2.4. Rótulos Ambientais	18
2.4.1. Tipos de Rótulos Ambientais.....	20
2.4.2. Rótulo Ecológico da União Europeia - Ecolabel	20
2.4.3. LiderA	21
2.4.4. Critérios e Sistemas de Classificação para Produtos de Iluminação	23
3. Da legislação à Sustentabilidade segundo o Sistema LiderA	25
3.1. Sustentabilidade segundo o LiderA	25
Área da Energia	27
Área dos Materiais.....	28
Área dos Resíduos	29
Área da Iluminação e Acústica	29
Área dos Custos no Ciclo de Vida	29
Área da Gestão Ambiental	29
4. Categorização e Critérios a considerar no Caso de Estudo	31
4.1. Categorização Ambiental	31
4.2. Rótulos Ambientais Utilizados no caso de estudo.....	31
4.2.1. Critérios Utilizados do Rótulo Ecológico Europeu.....	31
4.3. Produtos de Iluminação Disponíveis no Mercado	34
4.3.1. Remoção das Lâmpadas Incandescentes do Mercado.....	37
4.3.2. Ciclo de Vida das Lâmpadas	39
4.3.3. Principais Impactes Ambientais verificados no ciclo de vida das Lâmpadas.....	40
4.3.4. Estratégias para diminuir os impactes ambientais negativos dos produtos de iluminação	44
4.4. Critérios de avaliação propostos	44
4.4.1. Eficiência Energética e Certificação Energética	46
4.4.2. Intensidade em Carbono	48
4.4.3. Durabilidade	52
4.4.4. Materiais Locais.....	54

4.4.5.	Materiais de Baixo Impacte	54
4.4.6.	Produção de Resíduos	56
4.4.7.	Gestão de Resíduos Perigosos	57
4.4.8.	Níveis de Iluminação.....	58
4.4.9.	Baixos Custos no Ciclo de Vida.....	61
4.4.10.	Condições de Utilização Ambiental.....	63
4.4.11.	CrITÉrios não considerados	64
5.	Avaliação de Produtos Sustentáveis.....	65
5.1.	Catálogo de Produtos e Serviços Sustentáveis – Sistematização de acordo com o LiderA.....	65
5.2.	Método de Avaliação dos Produtos.....	67
5.3.	Conjunto de Produtos Avaliados	70
6.	Aplicabilidade dos Resultados Obtidos.....	73
6.1.	Edifício HEXA.....	73
6.2.	Torre Sul do Instituto Superior Técnico	76
7.	Discussão dos Resultados	79
8.	Conclusões e Recomendações Futuras.....	83
	Recomendações para trabalhos futuros	85
	Bibliografia.....	87
	Anexos.....	93
	Anexo I - Cálculo das emissões de dióxido de carbono no processo de transporte.....	93
	Anexo II - Distribuição dos Produtos de Iluminação na Torre Sul do Instituto Superior Técnico	97
	Anexo III - Classificação dos Produtos de Iluminação	99

Índice de Figuras

Figura 1. Geração de electricidade a nível mundial (International Energy Agency, 2009).....	4
Figura 2. Consumo Final de Energia Sectorial por Fonte (OECD/IEA, 2011)	5
Figura 3. Fases de Ciclo de vida pelo conceito Cradle to Grave de um produto de iluminação	6
Figura 4. Fases de Ciclo de vida pelo conceito Cradle to Cradle de um produto de iluminação	7
Figura 5. Exemplo de Categorias de Impactes Ambientais (Pinheiro, 2012)	7
Figura 6. Impactes Absolutos (Mistura de Electricidade Europeia) (Welz, et al., 2011)	8
Figura 7. Impactes Relativos (Mistura de Electricidade Europeia) (Welz, et al., 2011).....	9
Figura 8. Principais fases associadas ao ciclo de vida de um produto (Ferrão, 2009)	13
Figura 9. Objectivos da Sustentabilidade (Adaptado de (Pinheiro, 2006)).....	14
Figura 10. Principais fases da Avaliação de Ciclo de Vida segundo a ISSO 14040 (Ferrão, 2009)	17
Figura 11. Inventário de Ciclo de Vida; Adaptado de (Ferrão, 2009)	18
Figura 12. Cronologia de rótulos para produtos de construção (Freixo, 2011)	19
Figura 13. Vertentes do Sistema LiderA (Pinheiro, 2010).....	25
Figura 14. Categorização dos níveis de desempenho global do LiderA V2.0 (Pinheiro, 2010).....	26
Figura 15. Determinação dos níveis de desempenho de acordo com o Sistema LiderA.....	26
Figura 16. Tipos de lâmpadas eléctricas (OECD/IEA, 2006)	35
Figura 17. Processo de retirado das lâmpadas convencionais do mercado europeu (Adaptado de Comissão Europeia, 2009).....	37
Figura 18. Poupança de energia versus o Consumo de Energia (Comissão Europeia, 2009)	38
Figura 19. Esquema do Ciclo de Vida das Lâmpadas (Adaptado de (OSRAM & Siemens, 2009)).....	39
Figura 20. Composição dos tipos de lâmpadas representativos (Adaptado de (ELCF, s.d.)).....	39
Figura 21. Impactes Ambientais de diversos tipos de lâmpadas existentes actualmente (Comissão Europeia, 2011)	40
Figura 22. Energia Primária utilizada na fabricação de lâmpadas incandescentes, CFL e LED (OSRAM & Siemens, 2009)	41
Figura 23. Consumo de Energia por uso final dos edifícios comerciais da EU (Comissão Europeia, 2011)	43
Figura 24. Factores de Desempenho de cada Nível Sustentável de acordo com a metodologia LiderA	46
Figura 25. Percurso Considerado no Transporte das Lâmpadas	50
Figura 26. Origem da electricidade fornecida em Dezembro de 2011 em Portugal (EDP, 2011).....	51
Figura 27. Consequências do aumento do tempo de vida útil das lâmpadas	53
Figura 28. Quantidade de mercúrio existente em diversos tipos de lâmpadas (Comissão Europeia, 2011)	55
Figura 29. Modelo de embalagem utilizado na estimativa da produção de resíduos	56
Figura 30. Ponderações propostas param os vários cenários estudados.....	67
Figura 31. Ponderação dos critérios de acordo com a metodologia LiderA	68
Figura 32. Ponderação final para os critérios propostos	69
Figura 33. – Quarteirão tipo do projecto HEXA (imagem da esquerda) e Alçado principal do edifício (imagem da direita) (Real, 2010)	73

Figura 34. Planta do piso tipo – Edifício HEXA (Pinheiro, Setembro 2010)	75
Figura 35. Ponderação do custo de cada fase do ciclo de vida considerada para as lâmpadas fluorescentes da Torre Sul do IST	77
Figura 36. Trajectos considerados na fase de transporte desde o local de fabricação até ao local de distribuição ao consumidor	93
Figura 37. Dimensões de um TEU (ShippingContainerHousingGuide, s.d.)	93
Figura 38. Definição do Acrónimo Utilizado na metodologia de classificação desenvolvida	99
Figura 39. Gráfico de barras com o Custo de Ciclo de Vida das Lâmpadas Seleccionadas.....	112
Figura 40. Gráfico de Barras com o Custo de Ciclo de Vida e o nível de desempenho das lâmpadas seleccionadas	113

Índice de Tabelas

Tabela 1. Normas de Sistemas de Gestão Ambiental segundo a ISO (Ferrão, 2009)	16
Tabela 2. Tipos de Rótulos Ambientais (Trindade, s.d.)	20
Tabela 3. Rótulos Ecológicos no Mundo para produtos de Iluminação de Interiores Adaptado de (Comissão Europeia, 2011).....	23
Tabela 4. Critérios de avaliação propostos de acordo com a metodologia LiderA.....	27
Tabela 5. Critérios de atribuição do ReUE para as lâmpadas (Comissão Europeia, 2011)	32
Tabela 6. Comparação entre os critérios do ReUE e outros Rótulos ecológicos existentes	33
Tabela 7. Tipos de Lâmpadas Estudadas.....	36
Tabela 8. Principais Impactes Ambientais Verificados nas diferentes fases de vida das lâmpadas (Comissão Europeia, 2011).....	40
Tabela 9. Ligação entre cada critério de desempenho e as vertentes de sustentabilidade	45
Tabela 10. Parâmetros de atribuição de taxa a lâmpadas de baixa eficiência às lâmpadas incandescentes e de descarga de vapor de mercúrio Fonte (Ambiente e Ordenamento do Território, et al., 2008)	47
Tabela 11. Processo de Avaliação do critério C7 do sistema LiderA	47
Tabela 12. Top 5 das contribuições das emissões de kg CO ₂ eq para lâmpadas incandescentes de 100 W.....	48
Tabela 13. Top 5 das contribuições das emissões de kg CO ₂ eq para lâmpadas incandescentes de 100 W.....	48
Tabela 14. Energia Primária Necessária para produzir lâmpadas GLS, CFL e LED (OSRAM & Siemens, 2009)	49
Tabela 15. Misturas Energéticas da República Popular da China e da Polónia e respectivo Factor de Emissão de CO ₂	50
Tabela 16. Processo de Avaliação do critério C9 do sistema LiderA	52
Tabela 17. Processo de Avaliação do critério C12 do sistema LiderA	53
Tabela 18. Processo de Avaliação do critério C13 do sistema LiderA	54
Tabela 19. Processo de Avaliação do critério C14 do sistema LiderA	56
Tabela 20. Estimativa das dimensões da embalagem das lâmpadas	56
Tabela 21. Processo de Avaliação do critério C19 do sistema LiderA	57
Tabela 22. Processo de Avaliação do critério C20 do sistema LiderA	58
Tabela 23. Processo de Avaliação do critério C26 – Índice de Reprodução de Cores do sistema LiderA	59
Tabela 24. Processo de Avaliação do critério C26 – Tempo de Arranque do sistema LiderA	59
Tabela 25. Processo de Avaliação do critério C26 – Tempo de Aquecimento do sistema LiderA	59
Tabela 26. Processo de Avaliação do critério C26 – Ciclos Ligado/Desligado do sistema LiderA.....	60
Tabela 27. Processo de Avaliação do critério C26 – Regulação da Intensidade do sistema LiderA	60
Tabela 28. Valores de EcoTaxa e EcoBEE aplicados aos produtos de iluminação	62
Tabela 29. Processo de Avaliação do critério C40 do sistema LiderA	62
Tabela 30. Processo de Avaliação do critério C41 do sistema LiderA	63
Tabela 31. Factores de Desempenho considerados para cada nível de classificação de acordo com a metodologia do Sistema LiderA.....	69
Tabela 32. Critérios a considerar na aquisição de uma nova lâmpada (Deco, 2011).....	74

Tabela 33. Lâmpadas sugeridas para o apartamento tipo do edifício HEXA	75
Tabela 34. Quantidade de lâmpada Fluorescentes existentes na Torre Sul do IST	76
Tabela 35. Características das Lâmpadas Fluorescentes presentes na Torre Sul do IST	76
Tabela 36. Características das lâmpadas sugeridas para substituição na Torre Sul no IST	76
Tabela 37. Análise de Custo de Vida para as lâmpadas fluorescentes existentes na Torre Sul do Instituto Superior Técnico e para as soluções propostas	77
Tabela 38. Comparação da Análise de Custos de Ciclo de Vida de uma lâmpada Incandescente de uma lâmpada LED na Unidade Funcional (fornecimento de 500 lm durante 25000 horas)	80
Tabela 39. Considerações tomadas no transporte de lâmpadas por Camião TIR	94
Tabela 40. Características do Cargueiro Emma Maersk (ShipTechnology, s.d.)	95
Tabela 41. Dados da Rota Marítima Percorrida (AXSMarine, s.d.)	95
Tabela 42. Factores de conversão	95
Tabela 43. Características do Petróleo Bruto	96
Tabela 44. Distribuição dos Produtos de Iluminação na Torre Sul do Instituto Superior Técnico.....	97
Tabela 45. Tabela com Classificação de Lâmpadas de acordo com a Metodologia LiderA	101
Tabela 46. Base de dados para as lâmpadas	106
Tabela 47. Base de Dados para o cálculo dos Custo de Ciclo de Vida das Lâmpadas Avaliadas.....	109

Siglas e Abreviaturas

ACCV – Análise de Custo de Ciclo de Vida

ACV – Avaliação de Ciclo de Vida

BEE – Baixa Eficiência Energética

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

BTN – Baixa Tensão Normal

CASBEE – Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

CCV – Custos no Ciclo de Vida

CFL – Compact Fluorescent Lamp (Lâmpada Compacta Fluorescente)

CO₂ – Símbolo químico Dióxido de Carbono

EEE – Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

EIP – Eco Indicators Points

EPD – Environmental Product Declaration

EU – União Europeia

FSL – Factor de Sobrevivência da Lâmpada

GEE – Gases de Efeito de Estufa

GLS – General Lighting System (Lâmpada Convencional)

GPP – Green Public Procurement

Hg – Elemento químico do Mercúrio

HQE – Haute Qualité Environnementale

IEA – International Energy Agency

IRC – Índice de Reprodução de Cores

ISO – International Organization for Standardization

IST – Instituto Superior Técnico

LCA – Life Cycle Assessment

LED – Díodo Emissor de Luz

LEED – Leadership Energy and Environmental Design

LiderA – Liderar pelo Ambiente

lm – Output de Luz (Lúmen)

NABERS – National Australian Building Environmental Rating System

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development

PALOP – Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa

PRE – Produção em Regime Parcial

REEE – Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

ReUE – Rótulo Ecológico da União Europeia

RoHS – Restriction of Hazardous Substances

Sistema LiderA – Liderar pela Sustentabilidade

SGA – Sistemas de Gestão Ambiental

USA – United States of America (Estados Unidos da América)

W – Potência em Watt

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development

4Rs – Reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar

1. Introdução

Até há pouco mais de um século o Ser Humano dedicou grande parte do seu tempo a retirar da natureza os bens necessários à sua sobrevivência, dependendo assim dos recursos naturais existentes. Os recursos naturais são a base dos materiais e produtos, que hoje desempenham um papel muito importante, sendo imprescindíveis por exemplo nas obras de engenharia ou simplesmente no decorrer do nosso dia-a-dia. Com a Revolução Industrial nos séculos XIX e XX surgiram as primeiras máquinas, que vieram auxiliar as actividades relacionadas com o processamento dos recursos naturais (Ferrão, 2009).

O crescimento populacional que se tem verificado nas últimas décadas, associado a um aumento do nível de vida e aliado aos progressos obtidos com a Revolução Industrial resultou numa exploração excessiva dos recursos naturais, o que originou problemas como a escassez de recursos energéticos, poluição ou as alterações climáticas, entre outros impactes ambientais (Ferrão, 2009).

No seguimento da escassez dos recursos naturais surgiu o conceito Cradle to Grave (do Berço ao Túmulo) que consiste numa Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) desde o momento em que as matérias-primas são extraídas até à fase de deposição no fim de vida. A ACV é uma técnica de avaliação do impacte ambiental associado a um produto e serviço ao longo de todo o seu ciclo de vida, ou seja, desde a extracção das matérias-primas, a fabricação do produto, utilização e por fim a deposição no fim de vida (Ferrão, 2009).

A ACV contribui de forma positiva para a escolha de produtos e serviços com menor impacte ambiental, informação que cada vez mais se torna indispensável devido à crescente preocupação e regulamentação ambiental, associada à crescente importância e pressão da opinião pública, que colocam progressivamente a questão do desempenho ambiental e energético, cada vez mais na agenda da construção dos edifícios e na sua relação com o espaço envolvente (Pinheiro, 2006).

Evolução dos Produtos de Iluminação

Durante centenas de anos a população recorreu maioritariamente à luz natural e à luz artificial proveniente do fogo, através de fogueiras, tochas, velas e óleos. Com a evolução surgiram as primeiras lâmpadas e em 1879 Thomas Edison inventou a primeira lâmpada incandescente comercializável que contribui para o conforto e bem-estar dos indivíduos uma vez que possibilita iluminação artificial nas horas em que já não é possível recorrer à iluminação natural (Halonen, et al., 2010).

Actualmente já se encontram disponíveis no mercado várias tecnologias de lâmpadas, mais eficientes energeticamente quando comparadas com as lâmpadas incandescentes tradicionais que transformam 95% do input de potência eléctrica em calor e apenas 5% em luz (Comissão Europeia, 2011).

Ehrlich, Holdren e Commoner sugeriram a fórmula **I=PAT** (Ehrlich e Holdren, 1971; Commoner, 1972) para o cálculo dos impactes ambientais (I) em função da população (P), do seu estilo de vida (A de *affluence*) e da tecnologia adoptada (T) (Pinheiro, 2006). Através desta fórmula conclui-se que a evolução da tecnologia das lâmpadas contribui positivamente para a diminuição dos impactes ambientais negativos, uma vez que as novas

tecnologias são mais eficientes em termos de consumo de energia, apresentam uma maior durabilidade que contribui para a diminuição de renovação do produto, contribuindo desta forma para a diminuição da produção de novas lâmpadas e a produção de menores resíduos oriundos dos processos de fabricação assim como junto do consumidor.

Necessidade da Informação do Desempenho Ambiental dos Produtos

À luz da crescente pressão para a adopção de abordagens mais sustentáveis na concepção e design do produto, a exigência de desenvolver produtos mais sustentáveis e mais ecoeficientes tornou-se um dos principais desafios enfrentados pela indústria do século XXI. Esta exigência surge em resposta às mudanças verificadas nas políticas ambientais e leis para os produtos (através de iniciativas como política integrada dos produtos e responsabilidade alargada dos produtos, embalagens) tendo a pressão legal financeira e dos mercados aumentado junto das indústrias para que desenvolvam produtos mais sustentáveis (Maxwell & van der Vorst, 2011).

O conceito de ecoeficiência foi apresentado em 1991 pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) sendo o seguinte *“desenvolvimento de produtos e serviços, com preços competitivos que satisfazem as necessidades da espécie humana e trazem qualidade de vida, enquanto progressivamente reduzem o seu impacto ecológico e o consumo de matérias-primas, ao longo do seu ciclo de vida, até um nível compatível com a capacidade do Planeta”* (WBCSD, 2000).

Num mercado com consumidores cada vez mais exigentes no que diz respeito a produtos mais amigos do ambiente, despoletado pela crescente preocupação ambiental que tem surgido na sociedade, torna-se cada vez mais importante que seja feita uma aposta no desenvolvimento e comercialização de produtos que tenham boa qualidade, baixo custo de aquisição e que tenham um bom desempenho social e ambiental.

O produto é o elo de ligação entre o consumidor e o fornecedor, sendo que o consumidor pretende um produto que satisfaça o propósito para o qual foi adquirido e que seja de boa qualidade enquanto o fornecedor pretende que o consumidor fique satisfeito com a compra. Assim sendo, e tendo em conta a crescente preocupação ambiental na sociedade (Pinheiro, 2006), torna-se essencial a existência de produtos classificados em função do seu desempenho na procura da sustentabilidade e cuja informação de desempenho ambiental esteja disponível de modo a fornecer a informação necessária aos consumidores que pretendem adquirir produtos com um melhor desempenho ambiental.

Este conceito implica a produção de produtos com maior eficiência, ou seja, com menos recursos e menos resíduos (Bidoki et al., 2006). A sustentabilidade da indústria da construção em geral e a ecoeficiência dos materiais de construção em particular assumem, desta forma, um papel primordial cujo estudo importa aprofundar e divulgar (Freixo, 2011). As crescentes preocupações sobre os impactes ambientais dos edifícios levaram a uma procura crescente de produtos e materiais de construção mais sustentáveis.

Certificação de Edifícios e dos Produtos de Construção

Na área dos edifícios tem-se verificado um grande consumo de produtos em todas as áreas de aplicação durante as diferentes fases do ciclo da vida do edifício – construção, utilização e fim de vida – o que desencadeia diferentes impactes ambientais, sociais e económicos como a escassez de materiais não renováveis, elevado consumo de energia na extracção, processamento dos recursos, entre outros.

A necessidade de produtos, processos e estilos de vida mais sustentáveis, desencadeou o desenvolvimento de um elevado número de ferramentas de avaliação ambientais a diferentes níveis e para diferentes tipos de produtos [e.g. Azar et al., 1996; Hertwich et al., 1997; Robèrt, 2000; Robèrt et al., 2002] (Huijbregts, et al., 2008).

De forma a responder às necessidades de avaliação e certificação ambiental dos edifícios vários países têm desenvolvido sistemas próprios de avaliação e certificação ambiental dos edifícios (Pinheiro, 2006). Dos mais conhecidos a nível de certificação ambiental dos edifícios constam o BREEAM¹ do Reino Unido, o LEED² dos Estados Unidos da América, o HQE³ da França, o NABERS⁴ da Austrália, o CASBEE⁵ do Japão e o Sistema LiderA a nível nacional.

Os sistemas de avaliação ambiental para construção assentam num conjunto de critérios específicos com base na lógica de avaliação de ciclo de vida com a finalidade de atribuição de rótulo que certifique o bom desempenho ambiental do serviço (Pinheiro, 2012). Para proceder à avaliação do edificado torna-se também importante a existência de meios que certifiquem os materiais e produtos que constituem os edifícios em relação ao seu bom desempenho ambiental. Os sistemas que se dedicam à avaliação dos impactes e certificação de materiais e produtos serão abordados no capítulo 2 com mais pormenor.

A certificação ambiental é um factor importante no edificado e nos produtos e materiais seleccionados uma vez que permite que a dimensão ambiental seja considerada, contribuindo para a diminuição dos impactes ambientais que se verificam ao longo do ciclo de vida do edifício em comparação com a utilização de produtos e materiais que apresentam maiores impactes ao longo do seu ciclo de vida.

¹ Building Research Establishment Environmental Assessment Method

² Leadership in Energy and Environmental Design

³ Haute Qualité Environnementale

⁴ National Australian Building Environmental Rating System

⁵ Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

1.1. Descrição do Problema Actual

Em 2005 o número de lâmpadas operacionais no mundo era de 33 biliões de lâmpadas ao qual correspondia um consumo de electricidade para iluminação de 2650 TWh a nível mundial, representando cerca de 19% do consumo de electricidade consumida na totalidade (Halonen, et al., 2010). Em 2005 o consumo global de electricidade para iluminação no sector residencial foi estimado pela Agência Internacional de Energia (IEA) em 811 TWh, o que representa cerca de 31% do consumo total de electricidade para iluminação em todos os sectores, e cerca de 18.3% do consumo residencial de electricidade (Halonen, et al., 2010).

Consumo de Energia

O consumo de energia a nível mundial tem vindo a aumentar gradualmente desde os anos 70 como pode ser verificado na Figura 1, sendo que em 2009 verifica-se um ligeiro decréscimo (-4.6% em comparação com 2008) na geração de electricidade a partir de combustíveis devido à crise económica e ao aumento do preço dos combustíveis (European Environmental Agency, 2012).

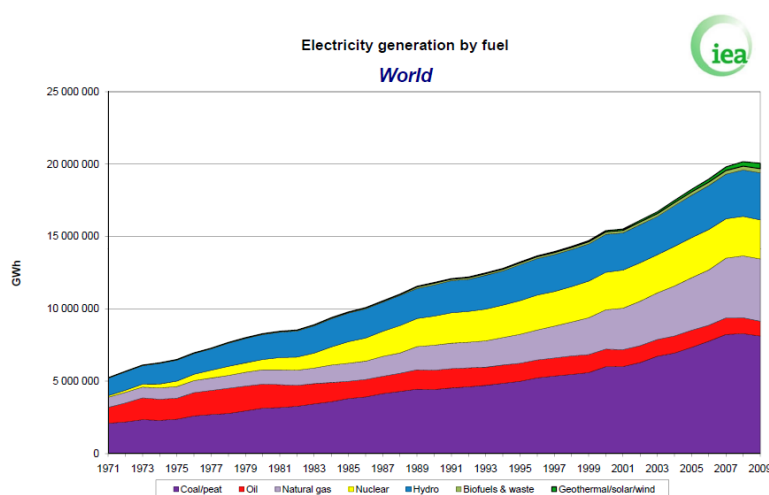


Figura 1. Geração de electricidade a nível mundial (International Energy Agency, 2009)

O consumo de energia nas habitações é um fenómeno sócio tecnológico, resultante das interações entre as pessoas e a tecnologia (Lutzenhiser, 1993; Wilhite et al., 1996) (Wall & Crosbie, 2009). Os produtos de iluminação apresentam uma extrema dependência dos comportamentos – hábitos, necessidades e padrões de ocupação na habitação (Bladh, 2005) que ao contrário de outras aplicações electrónicas são altamente dependentes da intervenção do utilizador a desligar e a ligar (Krantz, et al., 2007).

Apesar de ser uma pequena porção do consumo total de energia (19% (Comissão Europeia, 2011)), a iluminação é o principal uso final da electricidade e existe uma grande oportunidade para reduzir o seu consumo (Wall & Crosbie, 2009). A utilização de equipamentos mais eficientes é uma das maneiras mais rápidas e mais eficientes para limitar o crescimento da procura de electricidade e ao mesmo tempo reduzir as emissões de CO₂. (Atanasiu & Bertoldi, 2008).

Consumo de Energia em Portugal

Na Figura 2 apresenta-se o consumo final de energia sectorial por fonte em Portugal no ano de 1974 e no ano de 2009 sendo feita a análise da evolução do consumo dos diferentes tipos de energia durante os anos representados.

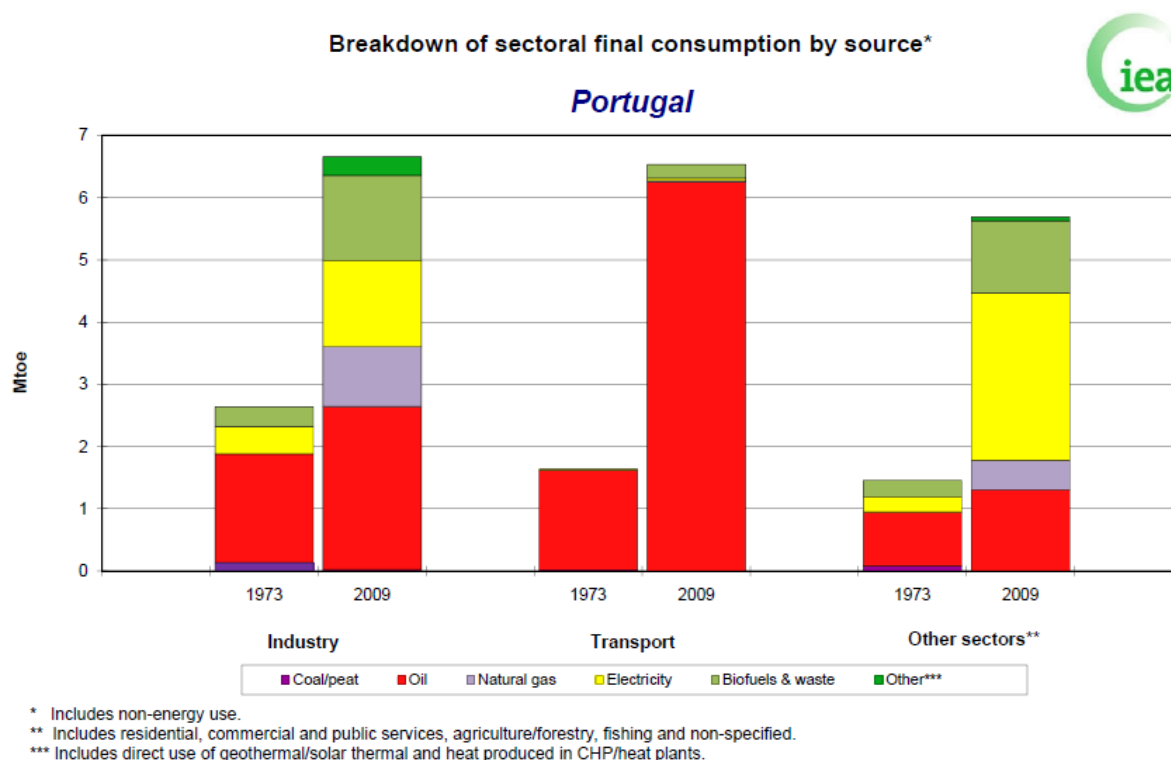


Figura 2. Consumo Final de Energia Sectorial por Fonte (OECD/IEA, 2011)

Na Figura 2 são visíveis os aumentos dos consumos de energia na maioria das fontes de energia em todos os sectores representados. Nos sectores industriais e outros, onde estão incluídos os edifícios domésticos, os comerciais e os de serviço público, verifica-se um aumento significativo na utilização da fonte de energia de electricidade.

Estes valores podem ser diminuídos através da implementação de medidas mais eficientes de gastos da electricidade, que não passam só pelo melhoramento do desempenho das lâmpadas e dos seus constituintes, mas também pela melhoria da gestão das condições de iluminação (Comissão Europeia, 2011). Por vezes a iluminação não se encontra bem gerida, na medida em que as luzes são mantidas acesas desnecessariamente o que pode ser alterado através de medidas como a colocação de detectores de movimentos, interruptores de controlo da luminosidade e sensores do nível de luz. A quantidade de luz ao ser regulada pode contribuir para a poupança de energia e ir ao encontro das necessidades dos ocupantes uma vez que lhes permite variar o fluxo luminoso de acordo com o ambiente de trabalho, dando-lhes o nível de conforto desejado.

Além dos gastos directos em electricidade, as lâmpadas ao serem utilizadas produzem calor, uma vez que parte da energia fornecida às lâmpadas é gasta em aquecimento. As lâmpadas incandescentes transformam 95% do input de potência eléctrica em calor e apenas 5% em luz (Comissão Europeia, 2011).

O consumo de energia para iluminação nos edifícios pode ser diminuído através do desenvolvimento de lâmpadas cada vez mais económicas energeticamente. Mais de 50% das lâmpadas utilizadas na Europa continuam a não ser as mais eficientes energeticamente, fazendo com que os potenciais de melhoria e de poupança de energia, custos e emissões de carbono sejam significativos (Comissão Europeia, 2011). Ao serem desenvolvidas lâmpadas com melhor desempenho ambiental, o consumo de energia diminui, o que por sua vez diminui o consumo de combustíveis fósseis e a libertação de gases com efeito de estufa libertados provenientes da queima de combustíveis fósseis. Deste modo, os impactes ambientais diminuem durante a fase de utilização do ciclo de vida das lâmpadas (Comissão Europeia, 2011). A redução do consumo de electricidade pode ser alcançada no sector residencial em cerca de 27% e no comercial até 30% através da aplicação de tecnologias de energias eficientes (Tifunovic, et al., 2009).

Impactes Ambientais dos Produtos

Os impactes ambientais dos produtos verificam-se durante as diferentes fases do seu ciclo de vida. Na norma ISO 14040:2006 da avaliação do ciclo de vida, o ciclo de vida é definido como:

Estados consecutivos e interligados de um produto, desde a extracção de matérias-primas ou transformação de recursos naturais, até à deposição final do produto na natureza. (Ferrão, 2009)

O ciclo de vida representa o conceito fundamental da ACV que surge com a consciência de que “qualquer produto, processo ou actividade produz impactes no ambiente, desde que são extraídas as matérias-primas indispensáveis à sua existência até que, após a sua vida útil, são devolvidas à natureza ou reintegradas no ciclo produtivo” (Ferrão, 2009).

Na Figura 3 encontram-se representadas as principais fases de ciclo de vida do berço ao túmulo (Cradle to Grave em inglês) de um produto.

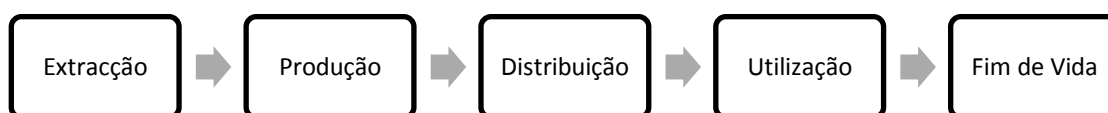


Figura 3. Fases de Ciclo de vida pelo conceito Cradle to Grave de um produto de iluminação

Na Figura 4 encontra-se representado um ciclo de vida Cradle to Cradle (do berço ao berço). Este esquema representa o ideal em termos de ciclo de vida do produto uma vez que simboliza um processo fechado, um processo onde se verifica a recuperação das matérias-primas no fim de vida do produto possibilitando a sua reincorporação no processo de produção do produto. Este método seria o ideal uma vez que contribuiria não só para a diminuição da extracção dos recursos assim como deslocaria os produtos de fins de vida da deposição em aterro ou encaminhamento para incineração que inviabilizam a utilização do produto.



Figura 4. Fases de Ciclo de vida pelo conceito Cradle to Cradle de um produto de iluminação

Durante o ciclo de vida dos produtos os impactes ambientais resultantes podem ter acção a nível local, regional, nacional e internacional. Associar os impactes ambientais dos produtos ao efeito que estes têm directamente no estado do ambiente não é simples, pelo que foram estabelecidas várias categorias de impacte ambiental. Uma das fases da avaliação de impacte ambiental passa por especificar quais as categorias para as quais cada intervenção ambiental contribui, designando-se esta fase por classificação (Ferrão, 2009).

As categorias de impactes ambientais foram propostas pela iniciativa de Ciclo de Vida UNEP/SETACN em 2003 sendo um exemplo os seguintes:

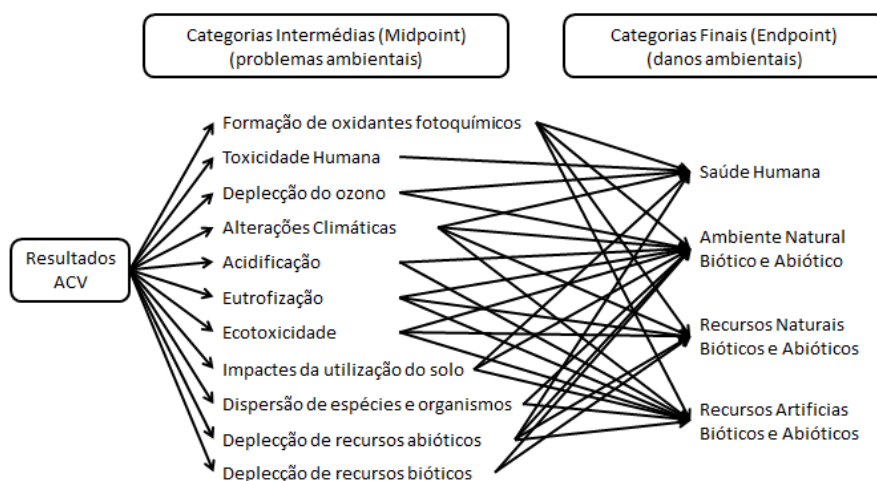


Figura 5. Exemplo de Categorias de Impactes Ambientais (Pinheiro, 2012)

Importância da Classificação dos Produtos de Iluminação

Os impactes dos produtos de iluminação são diferenciados em cada fase do ciclo de vida na Figura 6 e na Figura 7. A fase da extracção dos recursos, da produção, de transporte e de fim de vida apresentam impactes ambientais que podem ser considerados constantes para cada tecnologia de lâmpadas, no entanto os impactes da fase de utilização variam de acordo com a forma de utilização da lâmpada (Welz, et al., 2011).

A fase do ciclo de vida das lâmpadas com maior impacte ambiental é a fase de utilização, que compreende 90% de todos os impactes ambientais verificados ao longo da vida de uma lâmpada, como se pode verificar na Figura 6. Esta grande concentração de impactes ambientais na fase de utilização deve-se ao consumo de energia, sendo que a produção de electricidade contribui para a escassez das reservas de combustíveis não renováveis e contribui para a libertação de gases com efeito de estufa para a atmosfera, como o CO₂.

A fase de deposição em fim de vida pode ter impactes ambientais positivos se forem considerados processos de reciclagem das lâmpadas, separação dos principais componentes, reciclagem segundo a Directiva REEE e tratamento correcto dos resíduos perigosos como a reutilização de mercúrio em novas lâmpadas evitando-se a sua produção (Welz, et al., 2011).

Um estudo recente (Welz, et al., 2011) realizou uma comparação compreensiva entre a ACV de quatro tipos de lâmpadas diferentes: uma lâmpada de tungsténio, uma lâmpada de halogéneo, uma lâmpada convencional fluorescente e uma lâmpada compacta fluorescente. A unidade funcional deste estudo foi “uma hora de iluminação”. As próximas figuras (Figura 6 e Figura 7) apresentam os resultados dos impactes absolutos e relativos dos quatro tipos de lâmpadas para o **Ecoindicador 99**. O Ecoindicador 99 integra um número mais alargado de aspectos ambientais e introduz um novo modelo de agregação e ponderação de categorias de impacte ambiental, em relação ao Ecoindicador 95 (Ferrão, 2009). O Ecoindicador agrega todos os danos relacionados com a saúde humana, a qualidade dos ecossistemas e os recursos naturais num único indicador, expresso no *Eco-Indicator Points* (EIP). Os resultados apresentados foram obtidos para a mistura de electricidade da Europa (Energia Nuclear 31.6%; Hidroelectricidade 11.4%; Térmicas-Fósseis 51.1%; Outras Renováveis 3.1%; Outras fontes 2.7%) (Welz, et al., 2011).

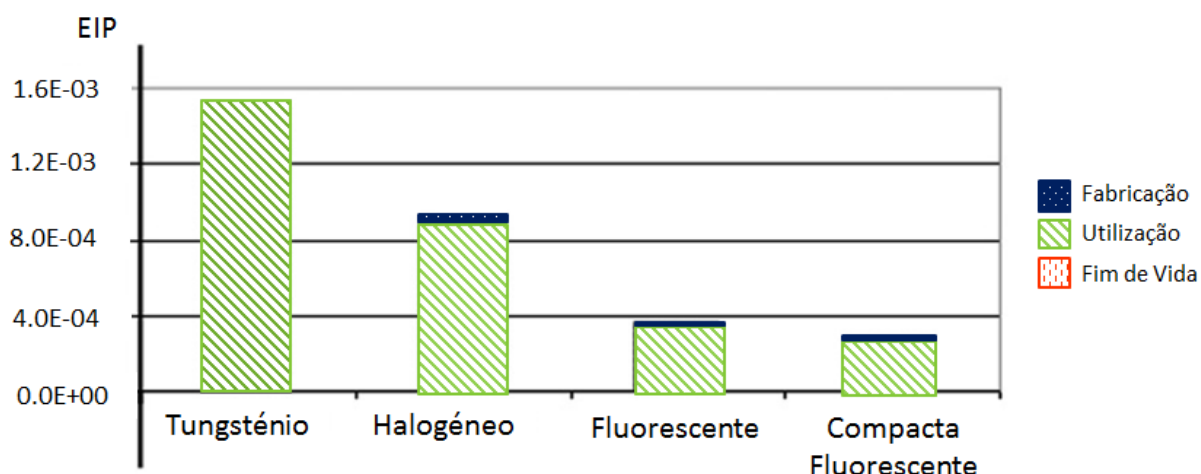


Figura 6. Impactes Absolutos (Mistura de Electricidade Europeia) (Welz, et al., 2011)

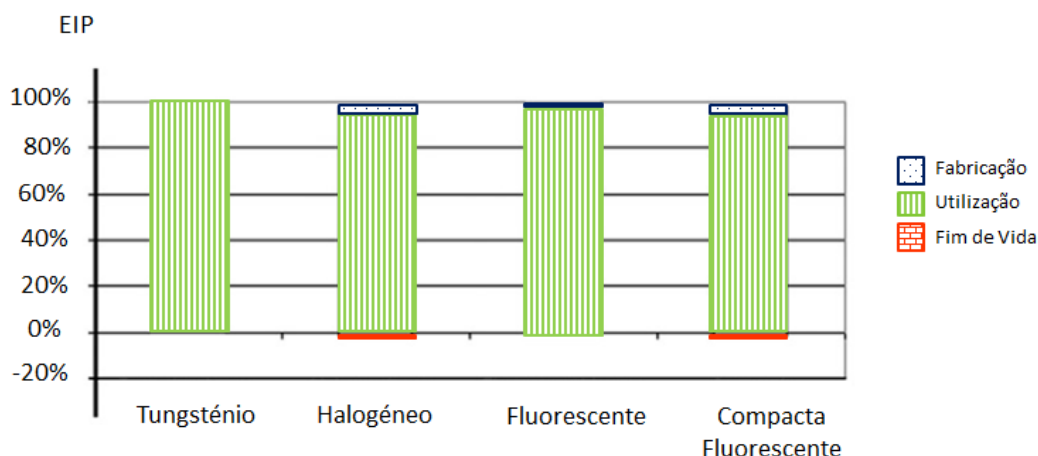


Figura 7. Impactes Relativos (Mistura de Electricidade Europeia) (Welz, et al., 2011)

Através da Figura 7 verifica-se que a fase de utilização domina os impactes que ocorrem no ciclo de vida das lâmpadas para todos os tipos de lâmpadas estudadas, devido ao peso ambiental da utilização de energia. Os impactes causados pela fabricação da lâmpada de tungsténio são muito baixos, pelo para a tecnologia estudada o valor não se encontra visível na Figura 7 (contribuição de 0,3% da fabricação para o ciclo de vida no caso das lâmpadas de tungsténio). Os impactes da fabricação das restantes lâmpadas são visíveis na Figura 7 mas são também muito baixos (5%, 2% e 4% para a lâmpada de halogéneo, para a fluorescente e para a compacta fluorescente, respectivamente) devido à quantidade de electrónicos utilizados nestas tecnologias. Uma parte dos impactes podem ser compensados através da reciclagem no tratamento de fim de vida devido à grande componente electrónica nestes tipos de lâmpadas das quais o metal pode ser recuperado (Welz, et al., 2011).

Acréscce que frequentemente a informação disponível apresenta diferentes características de desempenho e impacto dos produtos sendo por vezes difícil de interpretar ou ponderar. Assim a classificação dos produtos de iluminação em relação ao seu desempenho ambiental torna-se essencial, sendo uma forma de informar o consumidor acerca da eficiência energética do produto, permitindo-lhe escolher produtos com um melhor desempenho e que tenham menores impactes ambientais no decorrer do ciclo de vida.

1.2. Âmbito e Motivação para o caso de estudo

No mercado já existem muitos produtos com classe energética atribuída, sendo no entanto escassa a informação acerca da classificação integrada do desempenho ambiental. O presente estudo pretende assim culminar uma falha existente no mercado, através do desenvolvimento de uma categorização do desempenho ambiental que possa ser utilizada para qualquer tipo de produtos de iluminação.

O trabalho desenvolvido pretende através da informação disponível desenvolver um método que classifique os produtos de iluminação em relação à sua procura de sustentabilidade, sendo a motivação para o estudo proposto o desenvolvimento de um sistema de classificação dos produtos de iluminação que ajude a seleccionar materiais com melhor desempenho ambiental com apoio na metodologia do Sistema LiderA.

O interesse do caso de estudo em relação aos produtos de iluminação prende-se com o facto de estes produtos serem utilizados de forma generalizada existindo na globalidade das habitações pelo que a alteração da utilização dos produtos existentes para uns mais eficazes energeticamente pode contribuir positivamente não só para o ambiente, mas também para o desempenho económico uma vez que lâmpadas mais eficientes apresentam menores custos de electricidade e potencialmente menores custos no ciclo de vida.

Embora no mercado estejam disponíveis produtos de iluminação para várias aplicações, no presente trabalho serão apenas estudadas as lâmpadas com aplicação maioritária no edificado.

1.3. Objectivo da Dissertação e Resultados Expectáveis

O principal objectivo da presente dissertação de mestrado consiste no desenvolvimento de uma metodologia que permita avaliar a procura do desempenho sustentável dos produtos de iluminação, com apoio na abordagem do sistema voluntário para avaliação da sustentabilidade dos ambientes construídos denominado LiderA. Desta forma pretende-se ir ao encontro das necessidades actuais no que diz respeito a disponibilizar informação para apoiar a procura e selecção de produtos de iluminação que promovam a poupança de energia e cujo produto final seja resultante de uma série de medidas que o tornem sustentável, sendo possível através das suas características ambientais, incluir o produto num catálogo de produtos sustentáveis.

Pretende-se desta forma categorizar os produtos de iluminação de acordo com a metodologia LiderA, resultando na classificação dos produtos nas classes de G a A++, de acordo com os seguintes critérios, que são considerados mais relevantes e para os quais se obteve informação: Certificação Energética, Intensidade em Carbono, Durabilidade, Materiais Locais, Materiais de Baixo Impacte, Produção de Resíduos, Gestão de Resíduos Perigosos, Níveis de Iluminação, Baixos Custos no Ciclo de Vida (CCV) e Condições de Utilização Ambiental.

A dissertação de mestrado pretende assim classificar os produtos de iluminação de acordo com a sua procura de sustentabilidade, através da identificação do desempenho (sempre que possível no ciclo de vida) de produtos que sejam fabricados de forma ambientalmente correcta, e cujas características correspondam aos critérios ambientais sugeridos anteriormente.

O principal resultado esperado da categorização do desempenho ambiental e sustentável dos produtos é o desenvolvimento de uma base de dados de produtos de iluminação presentes no mercado seguida da inserção dos dados obtidos na base de dados do sistema LiderA, o Website www.4rs.pt, disponível ao público desde Maio de 2011 sob a coordenação do Prof. Dr. Eng.º Manuel Duarte Pinheiro, que será abordado com mais pormenor mais à frente no presente documento.

A categorização do nível de desempenho ambiental e a disponibilização da informação através do Website referido permite que um produtor, consumidor ou outra parte interessada identifique mais facilmente os produtos mais eficientes (e em que parâmetros) existentes no mercado para o ambiente construído.

Com o desenvolvimento deste método de classificação de produtos apoiado pelo sistema LiderA pretende-se criar um método consistente que possa ser utilizado na classificação de produtos de iluminação com características semelhantes entre si que se enquadrem no âmbito do estudo. Este método pretende também fornecer informação aos consumidores de quais os produtos mais adequados para a funcionalidade pretendida, através de indicações claras das características e da forma otimizada com que o produto pode ser utilizado para que não se verifique uma má utilização e consequentemente uma utilização ineficiente.

A classificação de acordo com os níveis LiderA de G a A++ permite definir qual o nível de referência e a prática usual no mercado e a partir desse ponto definir quais os produtos que apresentam melhor desempenho ambiental, atingindo-se desta forma níveis de eficiência superiores.

A utilização de diferentes classes de desempenho ambiental facilita a identificação dos melhores produtos em termos de sustentabilidade, permitindo ao consumidor identificar de forma rápida e eficaz qual o produto com melhor desempenho.

1.4. Metodologia

Como ponto inicial da investigação efectuou-se um levantamento bibliográfico na área em estudo, no que diz respeito a estudos realizados no âmbito do tema, assim como nos sistemas de avaliação de construção sustentável e de produtos que existem actualmente. Foi também feito um levantamento da legislação e das normas que se aplicam na área dos produtos sustentáveis, com maior ênfase na legislação existente para os produtos de iluminação.

De seguida estabeleceu-se a metodologia para a classificação dos produtos do caso de estudo com base na abordagem LiderA, através da selecção de critérios que se enquadrem no âmbito do estudo, e nos rótulos ecológicos existentes na área.

Para se proceder à classificação dos produtos de acordo com o seu desempenho ambiental, seleccionou-se um conjunto de produtos de iluminação e fez-se um levantamento das principais características junto dos principais fornecedores no mercado de acordo com os critérios seleccionados.

Por fim efectuou-se a classificação dos produtos seleccionados de acordo com o seu desempenho ambiental através da abordagem LiderA em que os produtos são classificados de G a A++. Os produtos que sejam classificados na classe G possuem um mau desempenho ecológico, enquanto que a classificação A⁺⁺ permite ao consumidor identificar produtos bastante sustentáveis existentes no mercado.

Após categorização dos produtos de iluminação de acordo com as classes definidas anteriormente, os produtos serão inseridos no catálogo dos produtos sustentáveis. O catálogo dos produtos sustentáveis permite ao consumidor encontrar os produtos mais sustentáveis existentes no mercado, de várias categorias, podendo confiar na classificação do produto que lhe foi dada após uma análise cuidadosa e rigorosa dos seus critérios de desempenho ambiental.

1.5. Estrutura da Dissertação

Nesta secção proceder-se-á à identificação da estrutura utilizada na presente dissertação.

O Capítulo 1 – *Introdução* – neste capítulo são introduzidos os aspectos principais que serão tratados ao longo da dissertação de mestrado. Neste capítulo é descrito o problema existente, o âmbito e a motivação para o caso de estudo, o objectivo da dissertação e o seu enquadramento.

No Capítulo 2 – *Revisão do Estado da Arte, Produtos e Serviços Sustentáveis* - são apresentadas as principais bases teóricas necessárias para a compreensão da temática abordada em relação à categorização ambiental dos produtos e o levantamento bibliográfico dos principais conceitos para o trabalho desenvolvido no que diz respeito à sustentabilidade dos produtos e aos sistemas de classificação existentes de desempenho ambiental.

O Capítulo 3 – *Proposta de Metodologia* - apresenta a metodologia proposta para o desenvolvimento do presente trabalho incluindo a metodologia LiderA para a classificação dos produtos e a principal legislação existente na área de estudo.

No Capítulo 4 – *Categorização e Critérios a considerar no Caso de Estudo* - é apresentada a Categorização e os Critérios propostos para o caso de estudo. São apresentados os rótulos ecológicos considerados para a definição e escolha dos parâmetros dos critérios propostos de classificação, é feita uma descrição das tecnologias disponíveis no mercado incluídas no estudo e por fim são apresentados e descritos os critérios propostos da metodologia do Sistema LiderA com enquadramento nas dimensões ambiental, social e económica, nomeadamente: Eficiência Energética, Intensidade em Carbono, Durabilidade, Materiais Locais, Materiais de Baixo Impacte, Produção de Resíduos, Gestão de Resíduos Perigosos, Níveis de Iluminação, Baixos Custos no Ciclo de Vida e Condições de Utilização Ambiental.

No Capítulo 5 - *Avaliação de Produtos Sustentáveis* – é descrito o método de avaliação de produtos no que diz respeito à atribuição de peso de cada critério para a classificação final e encontra-se descrito o trabalho efectuado na selecção da amostra de produtos para categorização ambiental.

No Capítulo 6 – *Aplicabilidade dos Resultados Obtidos* – são apresentados dois casos de estudo: o Edifício HEXA e a Torre Sul do Instituto Superior Técnico. Nos casos de estudo procede-se à proposta de produtos de iluminação para um apartamento tipo do Edifício HEXA e são sugeridas alterações às lâmpadas existentes actualmente na Torre Sul do IST sendo a análise feita com base nas necessidades de iluminação de cada espaço e numa ACCV.

No Capítulo 7 – *Discussão de Resultados* – procede-se à discussão dos principais resultados obtidos.

O Capítulo 8 – *Conclusões e Recomendações Futuras* – apresenta as principais conclusões retiradas do desenvolvimento do presente trabalho e são indicadas recomendações para trabalhos futuros.

2. Revisão do Estado da Arte – Produtos e Serviços Sustentáveis

2.1. Contexto Ambiental do estudo

No ciclo de vida dos produtos podem ocorrer os impactos ambientais no ambiente durante todas as fases, desde o momento de extracção das matérias-primas indispensáveis à sua existência até que, após a sua vida útil, são devolvidas à natureza ou reintegradas no ciclo produtivo - *Cradle to Grave*.

Na Figura 8 estão representados os principais processos envolvidos na produção de um produto.

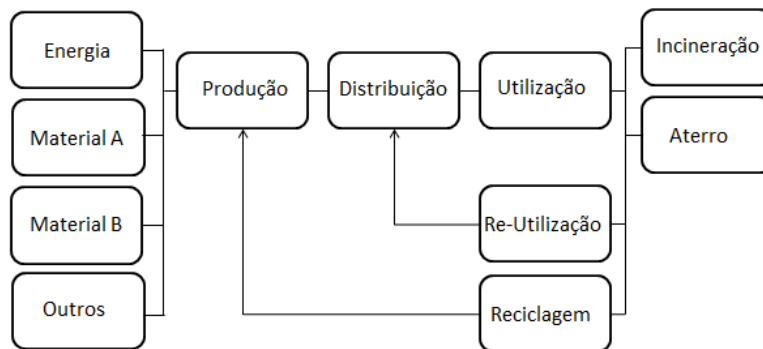


Figura 8. Principais fases associadas ao ciclo de vida de um produto (Ferrão, 2009)

Dependendo do tipo de produto variam as fases mais importantes em termos de impactos ambientais no ciclo de vida. O consumo de materiais obriga a um fluxo de materiais que provoca efeitos ambientais que vão desde a extracção dos materiais até a efeitos como a erosão e a respectiva deposição final quando atingem o fim de vida.

2.1.1. Conceito de Sustentabilidade

O conceito de sustentabilidade foi assumido de uma forma geral no final da década de 80 pela Comissão Internacional para o Ambiente e Desenvolvimento (WCED), conhecida como a Comissão Brundtland, nomeada pelas Nações Unidas em 1984. Após três anos da nomeação da Comissão e de serem ouvidos os múltiplos países e partes interessadas nos cinco continentes a WCED publica o seu primeiro relatório intitulado *Our Common Future* em 1987 onde o conceito de desenvolvimento sustentável é definido como (Ferrão, 2009):

Desenvolvimento Sustentável é aquele que permite satisfazer as necessidades das gerações actuais sem comprometer a possibilidade de as futuras gerações satisfazerem as suas necessidades.

A expressão de desenvolvimento sustentável foi um dos temas mais discutidos nos anos 90 do século XX, uma vez que traduz a consciência de que não existem acções totalmente reversíveis e de que o homem exerce na Terra tamanha pressão que condiciona a sua própria existência (Ferrão, 2009). No seguimento do trabalho desenvolvido pela Comissão de Brundtland as Nações Unidas organizaram uma conferência internacional denominada «Earth Summit» em 1992 (Ferrão, 2009). A conferência ficou conhecida como Conferência do Rio tendo contribuído para a divulgação pública do tema e permitiu a disponibilização de documentos importantes

que foram assinados pelos países representados – Agenda 21, A Convenção sobre o Clima, A Convenção sobre a Biodiversidade e A Declaração do Rio.

O conceito de sustentabilidade assenta num equilíbrio entre o ambiente, a sociedade e a economia. Em relação à vertente ambiental, a capacidade de regeneração do planeta está a ser excedida devido ao elevado consumo de recursos naturais utilizados nas diversas actividades humanas, pelo que são necessárias medidas de gestão de recursos de modo a que sejam satisfeitas as necessidades dos indivíduos, entre outras medidas necessárias. A consciência da capacidade que o planeta tem para comportar as actividades humanas e a resultante procura de soluções para a resolução ou prevenção de problemas ambientais, terão obrigatoriamente de integrar políticas de desenvolvimento económico sustentável, garantido que o ambiente não funciona com um entrave à económica, mas sim como estímulo. As necessidades sociais do indivíduo também têm de ser satisfeitas, como a educação, o lazer entre outros (Pinheiro, 2006). O próximo esquema (Figura 9) ilustra os objectivos a atingir em cada uma destas vertentes.



Figura 9. Objectivos da Sustentabilidade (Adaptado de (Pinheiro, 2006))

2.1.2. Eco Produtos

Os eco produtos são produtos com melhor desempenho ambiental em relação a produtos com a mesma função durante o seu ciclo de vida, sendo identificados através de uma ACV.

A sua rotulagem (ISO 14020:2000) abrange diferentes tipologias sendo alguns exemplos de rotulagem: Os rótulos ecológicos (tipo I), as auto declarações de produto, onde são apresentadas pelo produtor ou comercializador as características ambientais (tipo II), ou as declarações ambientais do produto (DAP e em inglês EPD) (tipo III) e marcas e sistemas de avaliação específicos facilitam a comunicação e divulgação dos eco produtos.

2.1.3. Construção sustentável

A construção sustentável considera importante o equilíbrio sustentável entre as vertentes ambiente, economia e social, durante todas as fases de vida do edifício – construção, utilização, demolição e considera todos os recursos utilizados como os materiais, o solo, a energia e a água. Construção sustentável é definida como «Criação, reabilitação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, baseado na eficiência de recursos e princípios ecológicos contribuindo para o equilíbrio social e económico (Pinheiro, 2012)». Para se caminhar para a construção sustentável no edificado é importante que os produtos e serviços contribuam para essa procura da sustentabilidade.

2.1.4. Produtos e Serviços sustentáveis

De forma a serem conhecidos e seleccionados materiais, produtos e serviços sustentáveis para o edificado e zonas urbanas torna-se essencial classificar produtos quanto ao seu desempenho ambiental. No entanto a informação dos produtos com melhor desempenho ambiental existentes no mercado ainda é muito escassa.

Os produtos e serviços sustentáveis são produtos que apresentam um bom desempenho económico, ambiental, social, cultural e espacial podendo ser caracterizados como produtos que procuram a sustentabilidade uma vez que assumem níveis de preocupação e de procura ambiental (Pinheiro, 2011).

Estes produtos apresentam elevada importância junto do cliente/consumidor uma vez que os clientes procuram nos produtos uma satisfação das suas necessidades, uma forma de assegurar a saúde e o bem-estar sendo que no processo de escolha, que cada vez é mais exigente e consciente, o desempenho energético, o menor consumo de água, a menor toxicidade, maior durabilidade e o facto de contribuir positivamente para o ambiente, para a sociedade e para a economia local são factores tidos em consideração (Pinheiro, 2011).

Os produtores de produtos sustentáveis esforçam-se para que estes produtos não tenham custos muito elevados no ciclo de vida, uma vez que só serão sustentáveis se conseguirem afirmar-se no mercado assegurando a adequada relação qualidade/desempenho e custo.

2.2. Gestão Ambiental

Para suportar a procura de desempenho ambiental nas últimas décadas tem-se desenvolvido mecanismos que se destinam a promover a promover uma gestão ambiental mais adequada. Estes mecanismos têm sido consolidados em instrumentos e sistemas de gestão ambiental crescentemente normalizados, que têm vindo a ser especificados nas normas ISO.

Os SGA englobam um conjunto complexo de técnicas e práticas ambientais, destacando-se as seguintes:

Tabela 1. Normas de Sistemas de Gestão Ambiental segundo a ISO (Ferrão, 2009)

ISO 14001	Sistemas de Gestão Ambiental: Especificação e Directrizes para a Sua Utilização
ISO 14004	Sistemas de Gestão Ambiental: Regras Gerais sobre Princípios, Sistemas e Técnicas de Apoio
ISO 14020 -14024	Rótulos Ecológicos
ISO 14040	Avaliação do Ciclo de vida: Princípios e estrutura básica (2006)
ISO 14041	Avaliação do Ciclo de Vida: Definição do objectivo, âmbito e inventário do ciclo de vida (2000)
ISO 14042	Avaliação do Ciclo de Vida: Análise de impactes associados ao ciclo de vida (2000, entretanto retirada em 2006)
ISO 14043	Avaliação do Ciclo de Vida: Interpretação (2000, entretanto retirada em 2006)
ISO 14044	Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientação
ISO 14047	Avaliação do Ciclo de Vida: Exemplos de aplicação da ISO 14042 (2003)
ISO 14048	Avaliação do Ciclo de Vida: Formatação da apresentação de dados (2002)
ISO 14049	Avaliação do Ciclo de Vida: Exemplos de aplicação da ISO 14041, na definição do objectivo, âmbito e inventário de ciclo de vida (2000)

2.3. Avaliação do Ciclo de Vida

A ACV (LCA em inglês) é uma técnica que tem como objectivo a avaliação do impacte ambiental associado a um produto ou serviço ao longo de todo o seu ciclo de vida. A ACV é definida na ISO 14040 como:

Compilação dos fluxos de entradas e saídas e a avaliação dos impactes ambientais associados a um produto ao longo do seu ciclo de vida (Ferrão, 2009)

A vantagem da ACV é considerar o ciclo de vida, tendo sido utilizada inicialmente por gestores de grandes empresas de fabrico de bens de consumo que pretendiam identificar ou demonstrar o melhor desempenho dos seus produtos perante os concorrentes, na vertente ambiental. O interesse na ACV foi reforçado por campanhas das associações dos consumidores exigindo «informação ambiental» sobre os produtos que adquiriram, constituindo a comparação entre produtos ainda a principal área de actuação da ACV (Ferrão, 2009) passando da avaliação e redesenho dos produtos para suportar também rotulagem.

A ACV consiste na «compilação e caracterização das entradas e saídas de substâncias nos diversos processos ao longo do ciclo de vida de um produto, com vista a avaliar o seu potencial impacte ambiental» (Ferrão, 2009). A metodologia da ACV assenta em quatro fases principais que se inter-relacionam:

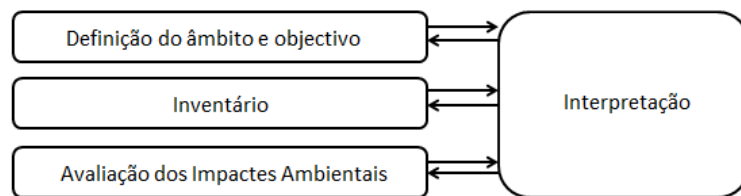


Figura 10. Principais fases da Avaliação de Ciclo de Vida segundo a ISO 14040 (Ferrão, 2009)

Objectivos e Âmbito da ACV

A ACV pode ter vários objectivos, sendo um objectivo usual promover a avaliação das consequências ambientais de um determinado sistema (o qual corresponde à utilização de diferentes produtos ou a múltiplas formas de utilização de um produto) que desempenhe uma determinada função.

Unidade Funcional

A unidade funcional é um dos aspectos chave nesta metodologia permitindo caracterizar o seu serviço (incluindo tempo de duração) e responder à necessidade de quantificar a função do produto ou do serviço, para que o seu desempenho seja caracterizado na execução da função que lhe está associada. A unidade funcional deve ser seleccionada tendo em consideração o objecto de estudo e deve ter em conta a eficácia do produto e a sua durabilidade. Os estudos de ACV devem ser sempre comparados com base na mesma unidade funcional permitindo assim comparar produtos que asseguram o mesmo serviço, mesmo que tenham diferentes características.

Inventário

O inventário constitui o núcleo do estudo da ACV, sendo a fase que mais tempo demora a concretizar. Esta etapa corresponde ao levantamento, sistematização e processamento das entradas e saídas de cada actividade, envolve a recolha e o processamento dos fluxos de diferentes materiais, substâncias, consumos e emissões, no ambiente ao longo do ciclo de vida do produto ou serviço considerado, bem como das actividades envolvidas.

Da fase de inventário resulta uma enorme quantidade de dados relativos a intervenções ambientais, como emissões de substâncias para o ambiente, cuja análise necessita de um passo adicional que permita a interpretação dos valores obtidos que possibilite a diminuição a um conjunto mais limitado de informação destinada a avaliar a magnitude e a relevância dos impactes ambientais potenciais do produto ao longo do seu ciclo de vida.

Avaliação do Impacte Ambiental

A fase de avaliação de impacte ambiental engloba as seguintes fases (Ferrão, 2009):

1. Selecção das categorias de impacte ambiental e do método de avaliação a utilizar;
2. Classificação - Especificação das categorias de impacte ambiental para as quais cada intervenção ambiental contribui;
3. Caracterização - Cálculo das contribuições ambientais para cada categoria do impacte ambiental através da utilização de factores de ponderação;

4. Normalização dos valores obtidos na fase de caracterização através da divisão dos valores obtidos por um valor de referência em cada categoria de impacto ambiental.
5. Agregação de categorias de impacto ambiental e interpretação. A agregação do impacto ambiental é obtida por ponderação, tendo em conta critérios de importância relativa para um determinado indicador ambiental, e o objectivo principal deste processo consiste em reduzir significativamente o número de indicadores ambientais que fundamentam a interpretação dos resultados e a avaliação dos impactos ambientais.

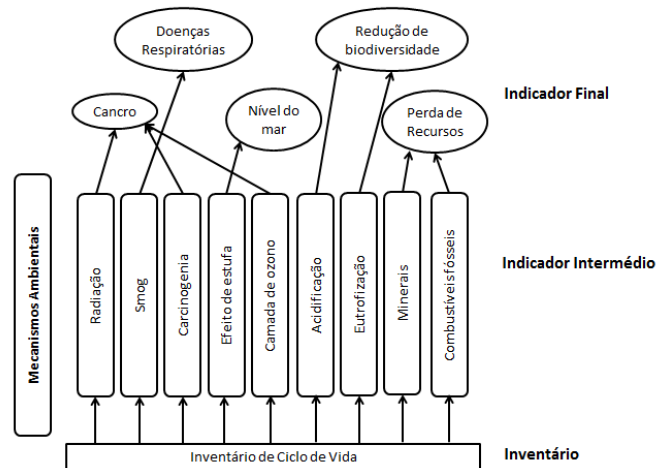


Figura 11. Inventário de Ciclo de Vida; Adaptado de (Ferrão, 2009)

Interpretação

Na fase de interpretação são avaliados os resultados da análise do inventário que podem suportar a alteração dos processos de ciclo de vida ou a classificação dos produtos, e é feita uma análise de impacto para seleccionar o produto preferido, processo ou serviço com uma compreensão clara das incertezas e suposições utilizadas para gerar os resultados (Ferreira, 2004).

2.4. Rótulos Ambientais

Os sistemas de classificação da tipologia dos rótulos ambientais permitem fazer distinção entre os produtos que apresentam um desenvolvimento ou bom perfil ecológico ou sustentável e aqueles que são prejudiciais (ou com pior desempenho para o ambiente). Uma das ferramentas mais utilizadas como sistema de classificação é o rótulo ambiental, que utiliza a ACV que é provavelmente o método de avaliação de impacto ambiental mais importante de produtos, serviços e processos (Royal Society Chemistry, 1998).

Em alguns países tem surgido, desde os finais dos anos de 1980, um grande número de sistemas de rotulagem com o intuito de satisfazer a procura por parte dos consumidores por produtos mais ecológicos, proporcionando uma orientação fundamentada aos consumidores que queiram optar por este tipo de produtos. Os produtos rotulados obedecem a critérios estabelecidos pelos sistemas como o facto de terem sido fabricados por processos e procedimentos com baixo ou mínimo impacto ambiental (Royal Society Chemistry, 1998).

Na Figura 12 encontra-se por ordem cronológica, o aparecimento de alguns dos rótulos de produtos existentes a nível mundial para os produtos de construção por ordem cronológica.

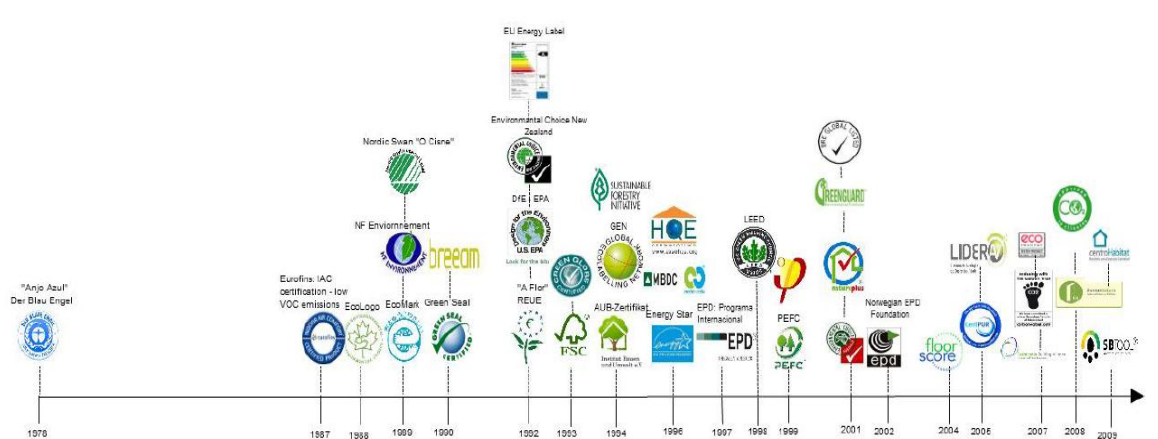


Figura 12. Cronologia de rótulos para produtos de construção (Freixo, 2011)

O rótulo ambiental é um rótulo oficial para produtos “verdes”, sendo que os produtos para poderem obter o rótulo têm de obedecer aos critérios estabelecidos pelo sistema que comprova que os produtos foram fabricados por processos e procedimentos com um impacto ambiental baixo ou mínimo. Para cada categoria de produtos são estabelecidos diversos critérios com base em procedimentos de avaliação de ciclo de vida.

Este procedimento abrange todas as etapas do ciclo de vida do produto, desde a extracção das matérias-primas utilizadas, a fabricação, distribuição, utilização e deposição final do produto e engloba os efeitos desfavoráveis e benéficos no ambiente em cada uma destas etapas.

Este tipo de rótulo emergiu como uma das muitas ferramentas de comunicação e marketing para produtos verdes credenciados. Os rótulos ambientais são um meio de informação para o consumidor uma vez que possibilitam a identificação dos produtos com melhor desempenho ambiental, com menores impactos ambientais e com um melhor desempenho no ciclo de vida. Embora tenha sido feito um investimento em tornar os produtos mais eficientes, a quota de mercado dos produtos com rótulo ecológico continua a ser baixo, em parte porque estes produtos têm sido endereçados maioritariamente a consumidores verdes (Rex & Baumann, 2007).

2.4.1. Tipos de Rótulos Ambientais

Devido à grande variedade existente de rótulos e de critérios torna-se possível dividir os rótulos ambientais em três tipos:

Tabela 2. Tipos de Rótulos Ambientais (Trindade, s.d.)

Tipo I Rótulos Ecológicos	Programa independente e voluntário baseado em critério múltiplos, que atribui rótulos a produtos e permite a diferenciação entre produtos pertencentes a uma mesma categoria de produtos com base no seu desempenho ambiental e em considerações de ciclo de vida. Uma organização independente define um conjunto diversificado de critérios e a transparência e credibilidade destes é assegurada por meio de certificação por uma terceira parte independente.
Tipo II Auto Declarações Ambientais	Declarações desenvolvidas pelos fabricantes, importadores ou distribuidores de modo a comunicar informação sobre os aspectos ambientais dos seus produtos ou serviços.
Tipo III Declarações Ambientais do Produto (EPD's)	Os Rótulos Ecológicos do Tipo III disponibilizam informação normalizada de ACV sobre um produto ou serviço, através de diagramas que apresentam um conjunto de indicadores ambientais relevantes (aquecimento global, consumo de recursos, produção de resíduos, entre outros), acompanhado de uma interpretação da informação.

De seguida serão apresentados de forma resumida alguns dos principais rótulos ambientais inseridos no âmbito dos produtos em estudo.

2.4.2. Rótulo Ecológico da União Europeia - Ecolabel

O Rótulo Ecológico da União Europeia (ReUE) foi estabelecido ao abrigo do Regulamento No.880/2 de 23 de Fevereiro de 1992 (Royal Society Chemistry, 1998). O regulamento institui um regime voluntário de rotulagem ambiental que tem como objectivo promover o design, produção, marketing e utilização de produtos que tenham um impacte ambiental reduzido durante o seu ciclo de vida e de fornecer aos consumidores melhor informação acerca do impacte ambiental que os produtos têm no ambiente. Este sistema comunitário de atribuição de rótulo ecológico destina-se a promover os produtos com um impacte ambiental reduzido em relação a produtos do mesmo grupo e a prestar informações e orientações correctas aos consumidores (Comissão Europeia, 2009).

Os produtos e serviços para obterem um certificado de performance ambiental têm de cumprir critérios específicos que variam de grupo para grupo de produtos. O ReUE insere-se no Rótulo Ecológico de Tipo I de acordo com as normas ISO. Para cada grupo de produtos são desenvolvidos e revistos critérios pelo Painel da União Europeia para a Rotulagem Ecológica em colaboração com a Comissão Europeia. Os critérios para cada grupo de produtos são difíceis de estabelecer, uma vez que são definidos especificamente para cada grupo de produtos, com foco nas fases de ciclo de vida do produto com maior impacte ambiental negativo, com o objectivo de que sejam atingidos elevados padrões de cumprimento ambiental e de qualidade.

Os produtos que sejam alvos desta certificação ambiental e que cumpram os requisitos estabelecidos pelos critérios são identificados através do logótipo da Ecolabel – uma flor. Até à data da realização do presente documento existiam 26 grupos de produtos com critérios ecológicos para atribuição do rótulo ecológico – Produtos de limpeza, colchões de cama, papel gráfico e de cópia, calçado, tintas de interiores e vernizes, televisões, computadores pessoais e fixo, lâmpadas, produtos de higiene entre outros.

Os critérios do ReUE são desenvolvidos por cientistas, pela indústria e especialistas de vários sectores e organizações imparciais não-governamentais que participam no desenvolvimento de critérios ambientais rigorosos. Os critérios finais são adoptados através da Decisão da Comissão Europeia. Em Portugal a Direcção Geral das Actividades Económicas é a entidade responsável pela implementação do esquema do rótulo ecológico a nível nacional.

Green Public Procurement (GPP)

O GPP é um processo onde as autoridades públicas procuram adquirir bens e serviços com reduzido impacte ambiental no decorrer do ciclo de vida quando comparados com outros bens e serviços com a mesma função primária que seriam procurados de outra forma. O GPP é um instrumento voluntário, o que significa que as autoridades públicas de cada estado membro podem determinar a extensão da implementação do sistema.

As autoridades públicas são os maiores consumidores da União Europeia pelo que ao utilizarem o seu poder de compra para escolher produtos e serviços com menor impacte ambiental no ambiente podem contribuir significativamente para um consumo e produção sustentável. As compras verdes são também acerca de influenciar o mercado – através da promoção e utilização do GPP, as autoridades públicas podem fornecer às indústrias incentivos para desenvolverem tecnologias e produtos mais ecológicas. Em alguns sectores, os compradores públicos comandam uma grande parte do mercado (transportes públicos e construção, serviços de saúde e educação) pelo que as suas decisões de compra têm um grande impacte.

2.4.3. LiderA

O Sistema LiderA, acrónimo de Liderar pelo Ambiente para a construção sustentável é um sistema voluntário Português independente baseado em multicritérios (para os edifícios são 43) cujo objectivo consiste em efectuar de forma eficiente e integrada de apoio, avaliação e certificação do ambiente construído que procure a sustentabilidade, atribuindo por isso uma certificação.

O sistema LiderA foi desenvolvido por Manuel Duarte Pinheiro, Doutorado em Engenharia do Ambiente e docente do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico, e resulta dos trabalhos de investigação, consultoria e projectos sobre sustentabilidade na construção e ambientes construídos realizados desde 2000 e que em 2005 levaram à publicação da primeira versão do LiderA e em 2007 às primeiras certificações.

Através dos seus princípios e critérios, o sistema permite apoiar o desenvolvimento de projectos que procurem a sustentabilidade e certificar a procura de sustentabilidade de produtos no ambiente construído (edifícios, zonas urbanas, empreendimentos, materiais e produtos) desde a fase de projecto, construção e até operação.

O LiderA é uma marca nacional registada, que consiste num sistema de avaliação da construção em níveis de desempenho ambiental numa óptica de sustentabilidade onde são comparados com diferentes valores de desempenho (A a E) os quais devem ser melhores que as práticas existentes (E). Se o desempenho comprovado pela verificação do LiderA atingir uma avaliação final da sustentabilidade das classes C, B, A, A+ ou A++, o edifício ou o ambiente construído é certificado com um bom nível de sustentabilidade

4Rs

Embora actualmente existam múltiplas formas de classificação os produtos em relação ao seu desempenho ambiental e auto declarações dos fornecedores, a área dos produtos é uma das áreas em que são colocadas mais questões ao Sistema LiderA o que levou em 2010 ao desenvolvimento de um catálogo que referencie e sistematize os produtos que procurem a sustentabilidade (Pinheiro, 2011).

O 4Rs é um catálogo de produtos e serviços sustentáveis, disponível online⁶, desenvolvido pelo LiderA em parceria com vários parceiros, disponibilizado para consulta no dia 26 de Maio de 2011. O conceito 4Rs significa reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar. O catálogo 4Rs procura *“apostar na procura e desenvolvimento de soluções que suportam nas organizações, produtos e serviços a redução das necessidades de recursos especialmente não renováveis, a reutilização de sistemas e soluções, a reciclagem de materiais e recuperação de materiais e energia nos resíduos”* (Pinheiro, 2011). A 4Rs aposta numa análise de sistemas, na aplicação das abordagens de análise e avaliação de ciclo de vida, ecodesign, biomimetismo, suporte para produtos e serviços sustentáveis.

O objectivo do catálogo de produtos sustentáveis passa por criar uma sistematização de produtos que procurem a sustentabilidade, tendo em vista suportar a decisão de escolha das soluções para os ambientes construídos e actividades existentes. A inserção de produtos no catálogo contribui para suportar a decisão da selecção de produtos que se enquadrem no consumo sustentável e que dinamizem a produção sustentável, auxiliando o cliente/consumidor na procura de alternativas sustentáveis de soluções a adoptar de uma forma acessível e fácil.

⁶ www.4rs.pt

2.4.4. Critérios e Sistemas de Classificação para Produtos de Iluminação

Em relação aos produtos de iluminação existem vários rótulos ecológicos com aplicação a vários tipos de lâmpadas. A Tabela 3 apresenta alguns dos tipos de rótulos utilizados actualmente em todo o mundo para os componentes de iluminação de interiores.

Tabela 3. Rótulos Ecológicos no Mundo para produtos de Iluminação de Interiores Adaptado de (Comissão Europeia, 2011)

Rótulo Ecológico	Flower Ecolabel	Blue Angel ⁷	Energy Star ⁸	Green Seal	Green Label ⁹
<i>Emitido por</i>	UE	Alemanha	USA	USA	Singapura
Lâmpada Incandescente	-	-	-	-	-
Lâmpada Fluorescente Compacta	✓ ¹⁰	✓ ¹¹	✓	✓	✓
Lâmpada Fluorescente Linear	✓	-	-	-	-
Lâmpadas LED	✓	✓ ¹³	✓	-	✓

Dos rótulos existentes a sua utilização a nível nacional é limitada, pelo que é importante dispor de uma classificação que possa ser generalizada a nível nacional ou para referenciar os produtos nacionais.

⁷ http://www.blauer-engel.de/en/products_brands/search_products/produkttyp.php?id=560

⁸ http://www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=find_a_product.showProductGroup&pgw_code=LB

⁹ <http://www.greenseal.org/GreenBusiness/Standards.aspx?vid=StandardCategory&cid=7>

¹⁰ Excepto LCF com balastro magnético;

¹¹ Não reguláveis apenas com balastro integrado

¹² Apenas com balastro electrónico integrado

¹³ Apenas lâmpadas sem alteração da cor

¹⁴ Apenas LEDs integrados (LED, drive, base padronizada)

3. Da legislação à Sustentabilidade segundo o Sistema LiderA

3.1. Sustentabilidade segundo o LiderA

O LiderA é um sistema voluntário de apoio ao desenvolvimento de soluções, avaliação da sustentabilidade da construção, atribuindo certificação em caso de desempenho comprovado.

As informações contidas neste subcapítulo têm como base as seguintes informações:

- Documento com a explicação sumária da abordagem do sistema LiderA da versão actual¹⁵
- Documento da apresentação Geral da abordagem do sistema LiderA da versão actual 2.00c¹⁶
- Informação disponibilizada no Website no Sistema LiderA¹⁷
- Anotações do curso de assessores LiderA¹⁸

O Sistema encontra-se organizado num conjunto de seis princípios de bom desempenho ambiental, o que se traduz em 22 áreas e 43 critérios nos quais os ambientes construídos são avaliados em função do seu desempenho no caminho para a sustentabilidade no seu ciclo de vida.

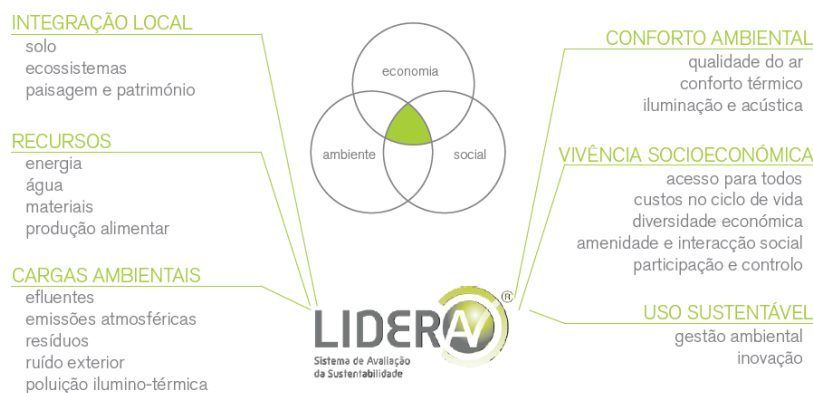


Figura 13. Vertentes do Sistema LiderA (Pinheiro, 2010)

O caminho para a sustentabilidade, de acordo com o Sistema LiderA é categorizado em diferentes valores de desempenho (limiares) apresentados em níveis de A (até A++) a G, sendo que o nível E representa a prática usual (ou de referência).

¹⁵ http://www.lidera.info/resources/LiderA_apresentacao_sumaria_2011_v1.pdf

¹⁶ http://www.lidera.info/resources/LiderA_Apresentacao_geral_2011_v1.pdf

¹⁷ <http://www.lidera.info>

¹⁸ Curso Formação Profissional da Fundec – Certificação ambiental da Construção Sustentável – sistema LiderA – Curso Assessores 10e 11 de Maio de 2011



Figura 14. Categorização dos níveis de desempenho global do LiderA V2.0 (Pinheiro, 2010)

O nível D corresponde a uma melhoria de 12.5% em relação à prática usual, o nível C representa uma melhoria de 25% face à prática usual, o nível B uma melhoria de 37.5% em relação à prática de referência, conforme se pode verificar na Figura 15.



Figura 15. Determinação dos níveis de desempenho de acordo com o Sistema LiderA

O Nível A corresponde em muitos critérios a um desempenho cerca de 50% superior ao verificado no nível E (Factor de melhoria 2). O nível A+ corresponde a um Factor 4 (melhoria de 75% face à classe E), o A++ corresponde a um Factor 10 (melhoria de 90% face à classe E) e a classe A+++ representa um nível regenerativo.

Os critérios do Sistema LiderA podem ser seleccionados tendo em conta o objecto de estudo, variando de caso para caso. No caso de estudo das lâmpadas são propostos 10 critérios de entre os 43 critérios estabelecidos pela metodologia do Sistema LiderA para avaliação da sustentabilidade dos edifícios. Os critérios propostos foram seleccionados por serem essenciais à classificação do desempenho ambiental, de acordo com as principais características das lâmpadas. No caso do estudo das lâmpadas foram considerados relevantes os critérios apresentados na Tabela 4:

Tabela 4. Critérios de avaliação propostos de acordo com a metodologia LiderA

Vertente	Área	Critério	NºCritério
Recursos (32%)	Energia (17%)	Certificação Energética	C7
		Intensidade em Carbono	C9
	Materiais (5%)	Durabilidade	C12
		Materiais Locais	C13
		Materiais de Baixo Impacte	C14
Cargas Ambientais (12%)	Resíduos (3%)	Produção de Resíduos	C19
		Gestão de Resíduos Perigosos	C20
Conforto Ambiental (15%)	Iluminação e Acústica (5%)	Níveis de Iluminação	C26
Vivências Sócio Económicas (19%)	Custos no Ciclo de Vida (2%)	Baixos Custos no Ciclo de Vida	C40
Uso Sustentável (8%)	Gestão Ambiental (6%)	Condições de Utilização Ambiental	C41

As percentagens indicadas na Figura 4 dizem respeito ao peso que cada vertente e área considerada no presente estudo tem na metodologia do Sistema LiderA. De realçar que estão a ser apenas consideradas 5 das 6 vertentes e 6 das 22 áreas da metodologia LiderA pelo que as percentagens indicadas em cada coluna não perfazem a totalidade de 100%.

De seguida irá proceder-se à descrição dos critérios e das áreas onde os critérios seleccionados se inserem de acordo com a metodologia LiderA, de acordo com a Apresentação Geral LiderA, versão 2.00c (Pinheiro, 2011).

Área da Energia

Esta área do sistema LiderA engloba três critérios – Certificação Energética (C7), Desenho Passivo (C8) e Intensidade em Carbono (C9), na vertente dos recursos. O consumo de energia tem vindo a aumentar nas actividades e nem sempre da forma mais eficiente na criação de riqueza. A geração de energia através da combustão de combustíveis não-renováveis liberta emissões poluentes, entre os quais o CO₂ que é um dos gases responsáveis pelo efeito de estufa (GEE). Na componente energética, o desafio segundo o LiderA passa por realizar um esforço no sentido de reduzir as necessidades de consumo, tendo em conta a possibilidade de estar interligado à certificação energética (C7), de forma bioclimática sempre que possível, ou seja desempenho passivo (C8) e nos consumos beneficiar os que provêm de fontes de energias renováveis o que se traduz em baixas intensidades em carbono (C9). No caso dos produtos de iluminação, as necessidades que decorrem do desempenho passivo são influenciadas apenas de forma indirecta, pelo que não é um parâmetro relevante na iluminação.

Eficiência Energética e Certificação Energética (C7)

O critério C7 encontra-se directamente associado ao consumo energético e no edificado diz respeito ao desempenho obtido na certificação energética (Sistema Nacional de Certificação energética e da Qualidade do

Ar). Neste critério são analisadas as necessidades energéticas dos edifícios para as condições normais de conforto, que traduzem-se nas medidas de redução do consumo energético.

Intensidade em carbono (C9)

Este critério estabelece o balanço de carbono emitido face à utilização de energia quer de fontes renováveis quer de fontes não renováveis. A solução ideal passa pela optimização da utilização de energia proveniente de fontes renováveis e pela utilização de equipamentos eficientes.

Área dos Materiais

Esta área compreende três critérios – Durabilidade (C12), Materiais Locais (C13) e Materiais de Baixo Impacte (C14) e inserem-se na vertente dos recursos.

A importância desta área relaciona-se com o facto de que as actividades associadas ao edificado nos colocarem entre os maiores consumidores de recursos materiais, que ocupam o solo, consomem combustíveis fósseis, outros materiais e produzem resíduos durante o seu tempo de vida. A produção e utilização de materiais nos edifícios têm um impacto significativo no ambiente e nos custos associados ao projecto.

No âmbito da procura pela sustentabilidade dos materiais importa que seja reduzida a intensidade de materiais utilizados e privilegiar, caso seja possível, a utilização de materiais locais, reciclados e/ou renováveis, bem como garantir que têm baixo impacto ambiental, preferencialmente evidente através da sua certificação ambiental.

Durabilidade (C12)

A durabilidade dos materiais está directamente ligada ao consumo de materiais e aos ambientes construídos sendo por vezes muito difícil a sua determinação uma vez que depende de vários factores, entre eles, condições ambientais e condições de utilização e manutenção por parte dos utilizadores. A durabilidade dos ambientes construídos e dos materiais deve ser aumentada numa forma de progredir para a sustentabilidade, uma vez que desta forma o consumo de materiais de construção e de fabricação pode ser diminuído e os encargos ambientais associados às fases de renovação, demolição dos ambientes construídos existentes, deposição de materiais em fim de vida e construção de novos ambientes construídos são minimizados.

Materiais Locais (C13)

A utilização de materiais que estejam disponíveis localmente (até um máximo de 100km) contribui para a diminuição das necessidades de transporte dos materiais, englobando a energia e emissões provenientes do transporte, assim como promove a integração da construção e a dinâmica da economia local.

Materiais de Baixo Impacte (C14)

Com este critério pretende-se fomentar a utilização de materiais com reduzido impacto ambiental, através da utilização de materiais certificados ambientalmente (através de rótulo ecológico ou por outros sistemas de certificação reconhecidos), de materiais reciclados ou materiais com melhor desempenho ambiental.

Área dos Resíduos

As estratégias de gestão de resíduos devem assentar numa lógica de redução na sua produção (C19), na gestão de resíduos perigosos (C20) e na sua valorização (C21) em todas as fases de vida do edificado, de forma a aumentar a percentagem de resíduos valorizados, quer na construção, quer na operação, quer na desconstrução. Esta área faz parte da vertente de cargas ambientais.

Produção de Resíduos (C19)

Nas fases de construção/vida de um empreendimento devem ser definidas inicialmente as técnicas, soluções e materiais que permitem reincorporar os resíduos ou que produzem menores quantidades, de forma a reduzir a produção de resíduos na sua globalidade. A diminuição da produção de resíduos só é alcançada se for acordada entre todos os envolvidos no processo e for pensada em todas as fases do ciclo de vida dos ambientes construídos.

Gestão de Resíduos Perigosos (C20)

Este critério tem como principal objectivo promover a selecção dos materiais e seus resíduos, considerando a produção reduzida de resíduos perigosos, considerando as condições que devem ser tomadas no que respeito ao armazenamento e destino final adequado.

Área da Iluminação e Acústica

Esta área engloba os níveis de iluminação (C26) e o isolamento acústico/níveis sonoros (C27) e insere-se na vertente de conforto ambiental. Os níveis de iluminação devem ser assegurados consoante o tipo de actividade realizada, ou seja, deve existir um bom nível de iluminação no edifício e no espaço envolvente, quer de forma natural quer de forma artificial.

Níveis de Iluminação (C26)

Os níveis de iluminação, quer para o interior quer para o exterior, dependem das actividades que se desenvolvem em cada área assim como das características dos ocupantes. É importante que seja possível utilizar a iluminação natural quando possível.

Área dos Custos no Ciclo de Vida

Um dos aspectos que mais peso tem na viabilidade da construção são os custos, uma vez que se repercutam em todo o tempo de vida útil da obra pelo que devem ser perspectivados os custos no ciclo de vida. Esta área engloba apenas o C40 – Baixos Custos no Ciclo de Vida - e está inserida na vertente de vivências socioeconómicas.

Baixos Custo no Ciclo de Vida (C40)

Este critério tem em conta as várias fases de vida dos edifícios (concepção, operação e demolição) sendo a fase mais influente a de operação uma vez que representa o período de tempo mais longo.

Área da Gestão Ambiental

A área da gestão ambiental contém dois critérios – Condições de utilização ambiental (C41) e Sistemas de gestão ambiental (C42) e faz parte da vertente de uso sustentável. O critério das condições de utilização

ambiental consiste na gestão dos aspectos ambientais através da informação aos agentes envolvidos ou através de sistemas de gestão. Desta forma pode ser assegurada a consistência e concretização dos critérios e soluções com reflexos no desempenho ambiental.

Condições de Utilização Ambiental (C41)

É importante que as condições de utilização ambiental estejam disponíveis aos agentes envolvidos (operários de construção, ocupantes, elementos da manutenção, etc.) no que diz respeito aos mecanismos simplificados e às especificações ambientais, para que seja perceptível o modo de operação dos sistemas edificados na forma mais adequada, de modo a que seja garantido um bom desempenho ambiental.

Os critérios apresentados dizem respeito à abordagem do sistema LiderA com uma maior aplicabilidade para os sistemas construídos, uma vez que o sistema foi desenvolvido para a certificação ambiental de edifícios. Para o caso em estudo, os critérios foram adaptados para poderem ser aplicados aos produtos de iluminação, mantendo no entanto os conceitos principais de cada um dos critérios seleccionados, alterando apenas os limites estabelecidos e as principais linhas de acção.

4. Categorização e Critérios a considerar no Caso de Estudo

Neste capítulo proceder-se-á à apresentação da categorização e dos critérios utilizados no processo de sistematização para posicionamento dos produtos de iluminação de acordo com a metodologia LiderA.

4.1. Categorização Ambiental

No presente caso de estudo a vertente ambiental tem um maior peso na sistematologia desenvolvida uma vez que a metodologia de investigação utilizada na categorização dos produtos de iluminação engloba o sistema LiderA e o rótulo ecológico da União Europeia que têm um carácter mais ecológico, mais ambiental, sendo que os critérios com vertente ambiental têm um maior destaque.

No entanto a ACV não deve incluir apenas aspectos mais concentrados na área ambiental e nos impactes negativos e positivos que os produtos e serviços têm sobre o ambiente. A ACV deve incluir critérios no âmbito do desenvolvimento sustentável, ou seja, deve incluir critérios ambientais, sociais e económicos para que sejam tidos em conta todas as vertentes da sustentabilidade. Desta forma devem ser incluídos critérios económicos e sociais nos processos de decisão que não só contribuem para uma ACV mais completa e exaustiva, mas que também permitem informar o consumidor acerca de todas as considerações que devem ter em conta no momento de decisão.

A ACCV é um dos exemplos de inclusão de outros critérios para além dos ambientais, sendo um critério da vertente económica. A ACCV é um processo de avaliação dos custos económicos do produto ou serviço ao longo de todo o ciclo de vida que tem em conta não só o custo de aquisição, mas como o custo de operação (energia, água), de manutenção e os custos de eliminação quando atinge o fim de vida. A adopção deste critério no processo de decisão de compra do consumidor permite que este tenha uma estimativa de todos os gastos que irá ter com aquele produto, o que em conjunto com os critérios ambientais permite que este tome uma decisão sustentada não só a nível ambiental mas também a nível económico.

4.2. Rótulos Ambientais Utilizados no caso de estudo

Como instrumentos utilizados no desenvolvimento dos critérios a utilizar para sistematizar o desempenho ambiental dos produtos de iluminação foram tidos em conta principalmente os critérios existentes do ReUE para o grupo das lâmpadas. Foi também feito um levantamento dos critérios utilizados na atribuição de alguns rótulos de ecológicos a produtos de iluminação, nomeadamente os critérios dos rótulos *Der Blaue Engel*, da *Energy Star* e do *Green Seal*. Em relação aos rótulos ambientais do tipo III, não foram encontrados nenhuns EPDs de produtos de iluminação até à data, pelo que não foram utilizados como base teórica neste estudo.

4.2.1. Critérios Utilizados do Rótulo Ecológico Europeu

De acordo com a Decisão da Comissão de 6 de Junho de 2011 foram definidos um conjunto de 11 critérios para atribuição do ReUE às lâmpadas, encontram-se indicados na Tabela 5.

Tabela 5. Critérios de atribuição do ReUE para as lâmpadas (Comissão Europeia, 2011)

	Critério	Requisito
1	Eficiência Energética	10% melhor que o valor lúmen/watt em conformidade com a classe A (lâmpadas com 1 e com 2 casquilhos).
	Tempo de Vida (horas)	Lâmpada com 1 casquilho – 15 000 horas; Lâmpada com 2 casquilhos – 20 000 horas.
	Manutenção do Fluxo Luminoso	Lâmpada com 1 casquilho – 80% a 9 000 horas; Lâmpada com 2 casquilhos – 90% a 16 000 horas.
	Teor de Mercúrio (mg)	Lâmpada com 1 casquilho - < 1.5; Lâmpada com 2 casquilhos - < 3.0
2	Ciclos ligado desligado	CFL e LED – o número de ciclos ligado/desligado que a lâmpada pode suportar devem ser superiores ao tempo de vida da lâmpada expressa em horas. As lâmpadas que afirmem suportar ciclos ligado/desligado frequentes devem suportar mais de 60 000 ciclos.
3	Índice de Reprodução de Cores	Superior ou igual a 85.
4	Coerência Cromática	A fonte luminosa deve ter uma temperatura de cor correlacionada (Correlated Colour Temperature, CCT) em dispersão numa elipse de MacAdam de 3 fases ou superior.
5	Substâncias e misturas perigosas	O produto ou qualquer uma das suas partes não devem conter substâncias indicadas no artigo 57º do Regulamento (CE) nº1907/2006 nem substâncias ou misturas a que tenham sido as advertências de perigo e frases de risco presente na tabela da presente Decisão de Comissão.
6	Substâncias incluídas na lista em conformidade com o artigo 59º, nº1 do Regulamento (CE) nº 1907/2006	Não será concedida derrogação dos critérios de exclusão previstos no artigo 6º, nº6 para as substâncias identificadas como substâncias que suscitam muito grande preocupação e incluídas na lista prevista do artigo 59º do Regulamento (CE) nº1907/2006, presentes em misturas num artigo ou em qualquer parte homogênea de um artigo complexo em concentrações superiores a 0.1%.
7	Componentes de Plástico	As substâncias plastificantes utilizadas devem satisfazer os critérios aplicáveis às substâncias perigosas estabelecidas nos critérios 5 e 6. Não é permitido a incorporação de: DNOP (ftalato de di-octilo), DINP (ftalato de di-isodecilo) e DIDP (ftalato de di-isodecilo). Os componentes de plástico não devem conter um teor de cloro superior a 50% em peso.
8	Embalagens	Não devem ser utilizados plásticos laminados e compósitos na embalagem do produto. As caixas de cartão devem ser feitas com 80% de material reciclado pós-consumo e os materiais plásticos devem conter pelo menos 50% de material reciclado pós-consumo.
9	Instruções de Utilização	As lâmpadas devem ser vendidas juntamente com as informações relevantes para o utilizador, na embalagem ou num panfleto vendido juntamente com o produto. Deve conter recomendações de boa utilização do produto do ponto de vista ambiental.
10	Responsabilidade social	Durante a produção dos produtos de iluminação devem ser respeitados os princípios e direitos fundamentais em matéria de condições de trabalho. O beneficiário da licença deve assegurar que a produção das fontes luminosas respeita as convenções da OIT ¹⁹ .
11	Informações que devem constar no rótulo ecológico da União Europeia	Um rótulo opcional com caixas de texto deve conter o seguinte texto: «-Eficiência energética elevada – poupa dinheiro, - Longa Duração, - Submetido a ensaio de desempenho».

¹⁹ <http://www.ilo.org>

A presença da flor do ReUE num produto de iluminação garante (Comissão Europeia, 2011):

- O produto tem um tempo de vida útil entre 5 a 9 anos (10 000 horas), ou seja, dez vezes superior ao tempo de vida das lâmpadas incandescentes;
- O produto vai consumir cinco vezes menos energia em comparação com uma lâmpada incandescente;
- Não vai tremeluzir quando se acender;
- Contém muito pouco mercúrio;
- Utiliza pelo menos 65% de material reciclado na embalagem;
- É garantido 70% a 90% do fluxo inicial de luz após 10 000 horas de funcionamento, dependendo do tipo de lâmpada.

A União Europeia disponibiliza uma Check List (Comissão Europeia, s.d.) para as lâmpadas para uma avaliação inicial que inclui as várias fases do ciclo de vida, os critérios e os resultados esperados. A título exemplificativo, a seguinte Tabela 6 apresenta os principais critérios adoptados pelo ReUE e de outros rótulos ecológicos que têm disponíveis critérios para lâmpadas, de forma reduzida.

Tabela 6. Comparação entre os critérios do ReUE e outros Rótulos ecológicos existentes

		ReUE	GPP (EU)	Der Blaue Engel	Energy Star	Green Seal
	Critérios Ecológicos/ Rótulos Ecológicos					
1	Eficiência energética	X	X	X	X	X
	Tempo de Vida (horas)	X	X	X	X	X
	Manutenção do Fluxo Luminoso	X			X	X
	Teor de Mercúrio (mg)	X	X	X	X	X
2	Ciclos ligado/desligado	X		X		
3	Índice de Reprodução de Cores	X			X	X
4	Coerência Cromática	X			X	X
5	Substâncias e Misturas Perigosas	X	X		X	X
6	Componentes de Plástico	X				
6	Embalagem	X	X		X	X
8	Instruções de Utilização	X				
9	Responsabilidade Social	X				
10	Informações que deve constar no rótulo ecológico	X				

[X] – Cumpre o critério

Os rótulos ecológicos apresentam muitas diferenças entre si no que diz respeito aos critérios considerados para atribuição de rótulo a uma lâmpada. O rótulo do GPP para além dos critérios apresentados na Tabela 6 ainda considera o Design e Instalação dos controlos de Iluminação e o rótulo *Der Blaue Engel* considera a radiação Ultra Violeta emitida pela lâmpada, o campo electromagnético e a protecção contra choque eléctrico para lâmpadas com dupla terminação. O rótulo Energy Star considera para além dos critérios referidos o tempo de iniciação, o tempo de aquecimento, a segurança e confiança no produto, a consistência de cor, a temperatura de cor correlacionada, a regulação da intensidade, a garantia, a temperatura mínima de operação, o ruído audível e a voltagem operacional.

Todos os parâmetros indicados são bastante importantes na classificação do desempenho sustentável de uma lâmpada pelo que os critérios estabelecidos no presente trabalho pretendem ir ao encontro da maioria dos critérios referidos.

4.3. Produtos de Iluminação Disponíveis no Mercado

O Regulamento (CE) Nº 244/2009 define lâmpada como (Comissão Europeia, 2009):

Fonte fabricada de modo a produzir uma radiação óptica, geralmente na gama visível, incluindo quaisquer componentes adicionais necessários para o arranque, alimentação eléctrica ou funcionamento estável dessa lâmpada ou para a distribuição, filtragem ou transformação da radiação óptica, quando esses componentes não possam ser retirados sem danificar de forma permanente a unidade funcional.

Os sistemas de iluminação são constituídos pela lâmpada, pelo balastro, pela luminária e pelos controlos de iluminação (Comissão Europeia, 2011), sendo que o estudo apenas engloba lâmpadas, não sendo do âmbito da dissertação o estudo do sistema de iluminação completo. Na presente dissertação de mestrado pretende-se verificar os tipos de lâmpadas existentes no mercado e classificá-las de acordo com o seu desempenho ambiental, de modo a possibilitar uma escolha informada e mais sustentável por parte dos consumidores.

Como introdução aos tipos de lâmpadas e critérios de classificação existentes, onde são utilizadas terminologias específicas da área de iluminação, no próximo subcapítulo será feita uma abordagem à terminologia utilizadas nos produtos destinados a iluminação.

Apesar de algumas diferenças, as lâmpadas disponíveis em todo o mundo utilizam em grande parte a mesma tecnologia e variedades de lâmpadas iguais ou semelhantes podem ser encontradas em todos os países. A relação entre os tipos de lâmpadas mais comuns encontra-se na Figura 16 (OECD/IEA, 2006).

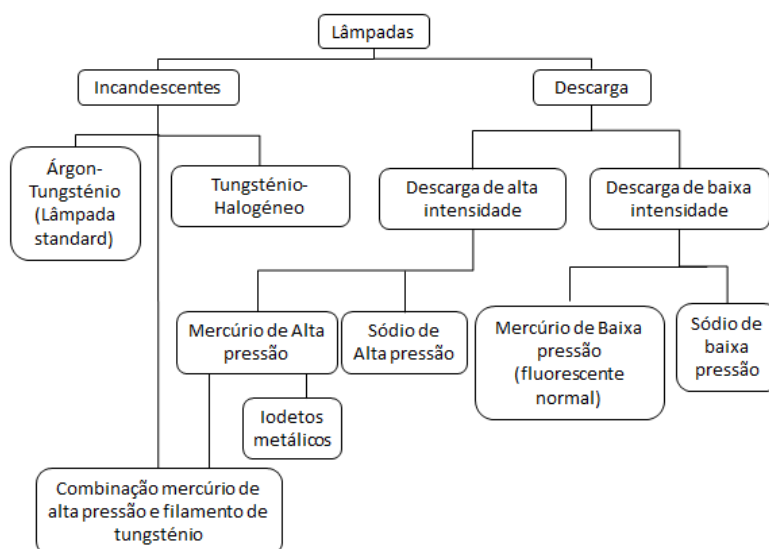


Figura 16. Tipos de lâmpadas eléctricas (OECD/IEA, 2006)

Actualmente existem lâmpadas de elevado rendimento energético que têm como objectivo substituir as lâmpadas incandescentes e outras lâmpadas pouco eficientes do ponto de vista energético (Oettinger, s.d.).

Nesta secção será feita uma abordagem aos diferentes tipos de lâmpadas disponíveis comercialmente e irá descrever-se a energia, custo e as características de iluminação.

Tabela 7. Tipos de Lâmpadas Estudadas

Tipo Lâmpada	Imagem	Descrição	Eficiência	Principais Características	Aplicação
Incandescente		Lâmpada de filamento no qual o filamento funciona no interior de uma ampola sob vácuo ou cheia com um gás inerte através da passagem da corrente eléctrica.	Converte apenas 5% da energia em luz visível e os restantes 95% são emissões de calor. Eficiência Energética : 10-15 lm/W	Tempo de vida útil: 1 000 horas Elevado IRC: 100 Baixo Preço de aquisição	Iluminação Geral, local, ambiente e pontual
Fluorescente Lineares		Lâmpada de descarga de mercúrio a baixa pressão na qual a maior parte da luz é emitida por uma ou várias camadas de substâncias fosforescentes que são excitadas pela radiação ultravioleta da descarga.	Eficiência Energética: 60-104 lm/W	Tempo de vida útil: 7500 – 30 000 horas IRC: 86 Baixo custo de aquisição	
CFL		Lâmpada Economizadora. Unidade que não pode ser desmantelada sem ficar danificada de forma permanente, equipada com um casquilho e que incorpora uma lâmpada fluorescente e quaisquer outros componentes necessários para o arranque e para o funcionamento estável da lâmpada.	Utilizam menos 65% a 80% de energia em relação às lâmpadas incandescentes. Eficiência Energética: 35 a 80 lm/W Converte 35% ²⁰ da energia em luz visível e o restante em calor.	Tempo de vida útil: 5 000 a 25 000 horas 4 vezes mais caras que uma lâmpada incandescente Menos custos em termos de ciclo de vida	Indicada para iluminação pontual
Halogéneo		Lâmpada de filamento de tungsténio rodeado por um gás que contém halogéneos ou compostos halogenados. As lâmpadas halogéneas de tungsténio são fornecidas com ou sem uma fonte de alimentação integrada.	Baixa a média: 15 – 33 lm/W	Tempo de vida útil: 2 000 a 6 000 horas IRC: 95	Iluminação Pontual
LED		Dispositivo electrónico de estado sólido que inclui uma junção p-n, emitindo radiação óptica quando excitado por uma corrente eléctrica. Uma lâmpada LED incorpora um ou vários LED	Consumem menos 80% de energia em relação a uma lâmpada incandescente Eficiência Energética: 85 a 98 lm/W	Tempo de vida útil superior a 25 000 horas	

²⁰ <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/equipamentos-eficientes/iluminacao>

4.3.1. Remoção das Lâmpadas Incandescentes do Mercado

As lâmpadas incandescentes tradicionais têm uma eficiência energética muito baixa pelo que não satisfazem os requisitos mínimos de eficiência energética para as lâmpadas de uso doméstico no mercado europeu. Desta forma, desde 1 de Setembro de 2009 que as lâmpadas que não cumprem estes requisitos têm sido retiradas progressivamente do mercado até ao final de 2012. As lâmpadas incandescentes claras de 100 W ou as que não cumpriam os requisitos de classe C foram as primeiras a ser retiradas do mercado (Comissão Europeia, 2009).

A Figura 17 representa a evolução do processo de remoção das lâmpadas convencionais menos eficientes do mercado.

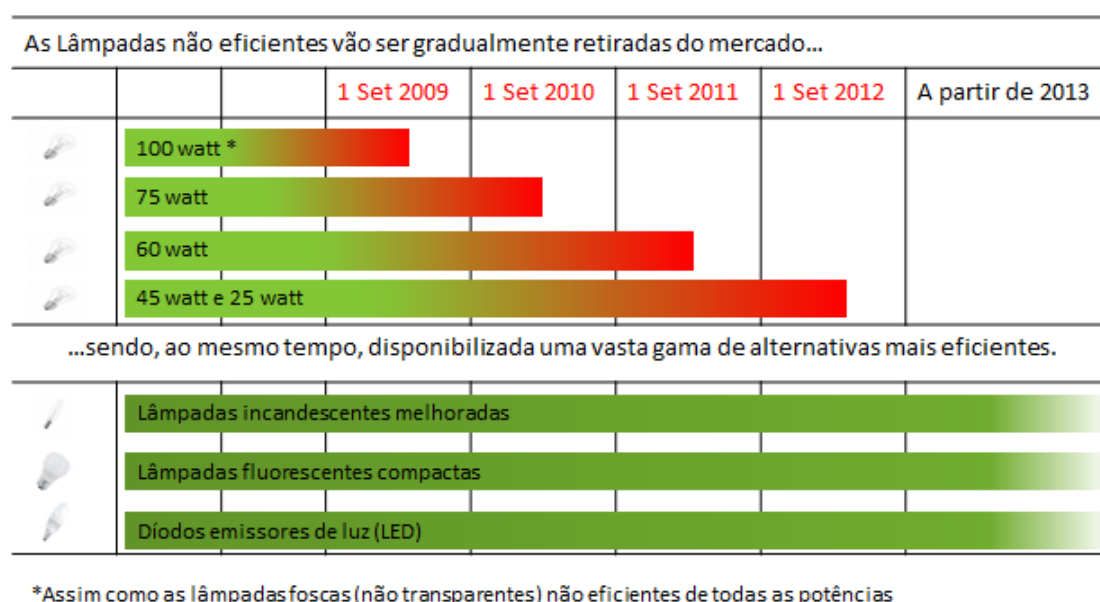


Figura 17. Processo de retirada das lâmpadas convencionais do mercado europeu (Adaptado de Comissão Europeia, 2009)

Após as lâmpadas incandescentes serem retiradas do mercado, os consumidores europeus continuarão a ter uma elevada gama de produtos mais eficientes por onde escolher. A actual legislação exige um bom desempenho para as lâmpadas alternativas existentes e que estas proporcionem o mesmo nível de satisfação que as lâmpadas incandescentes tradicionais (Comissão Europeia, 2009).

A escolha de lâmpadas mais eficientes permite uma maior poupança de energia e de dinheiro. A utilização de lâmpadas de baixo consumo permite que uma família diminua em 15% a sua factura de electricidade, o que é equivalente a uma poupança de 25 a 50 euros por ano (Comissão Europeia, 2009), sendo que este valor depende da dimensão do agregado familiar e do número de lâmpadas utilizado.

Os novos critérios de eficiência energética para as lâmpadas permitirão uma poupança superior a 40 mil milhões de kWh até 2020, o que é equivalente ao consumo de electricidade de 11 milhões de famílias

européias no mesmo período e permitirão diminuir as emissões de CO₂ até 15 milhões de toneladas por ano (Comissão Europeia, 2009).

A Figura 18 representa a poupança de energia que se obtém da substituição de lâmpadas incandescentes tradicionais por alternativas mais eficientes energeticamente.

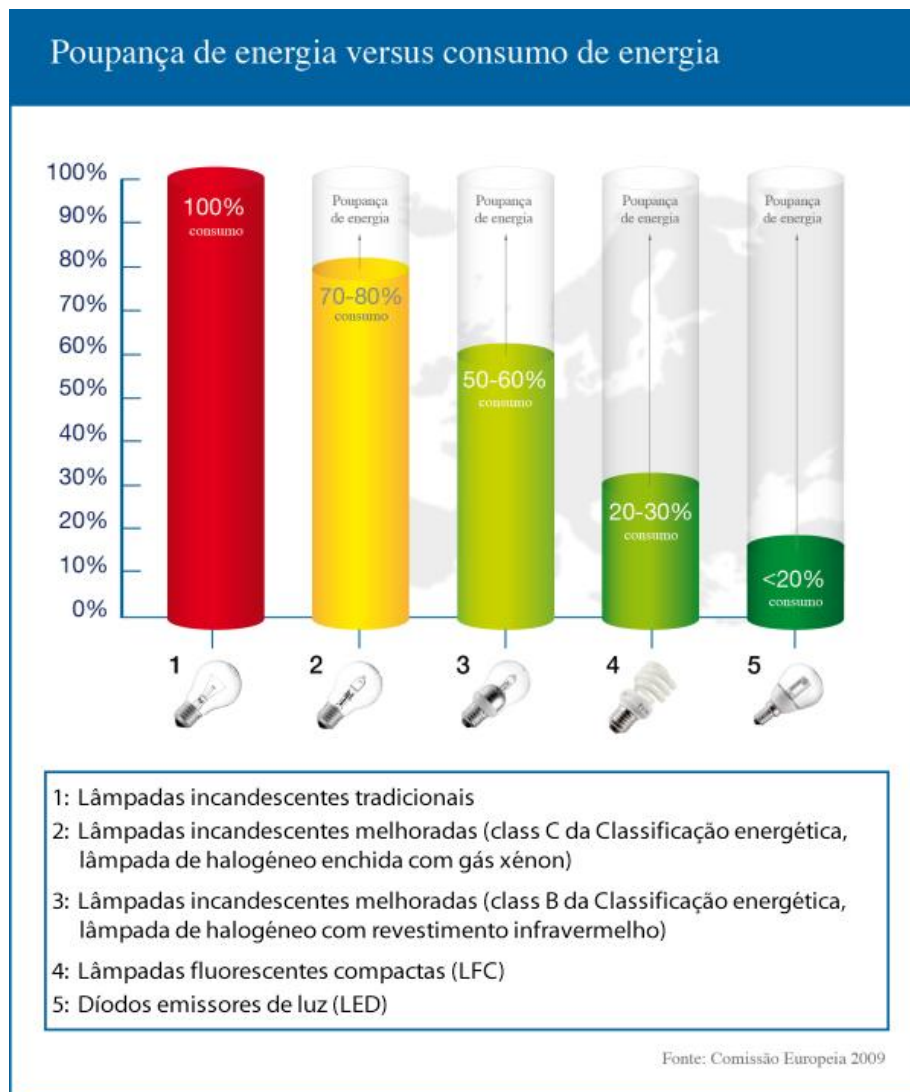


Figura 18. Poupança de energia versus o Consumo de Energia (Comissão Europeia, 2009)

4.3.2. Ciclo de Vida das Lâmpadas

Na Figura 19 encontra-se um esquema simplificativo onde são consideradas todas as fases do ciclo de vida das lâmpadas, apresentando as entradas e saídas de cada fase.

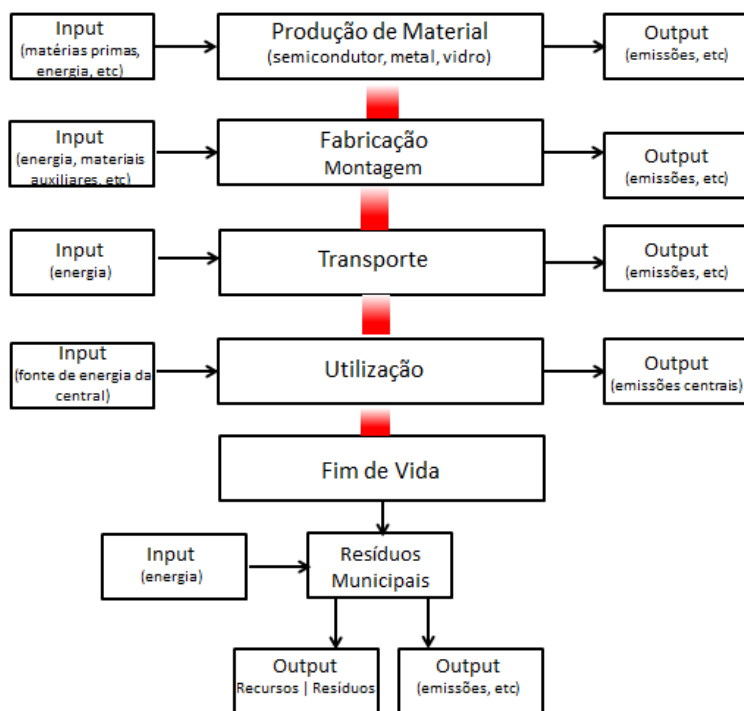


Figura 19. Esquema do Ciclo de Vida das Lâmpadas (Adaptado de (OSRAM & Siemens, 2009))

Na Figura 20 estão indicados os principais materiais que fazem parte das lâmpadas incandescentes, compactas fluorescentes e LED.

Grupo Lâmpadas	Exemplo	Peso (g)					
		Total	Vidro	Metais	Electrónicos	Plásticos	Restantes ¹
Incandescente (GLS)	60 W	23	18	3	-	-	2
Halógeno	35 W	2.5	2	0.5	-	-	0.01
Halógeno Integrada	30 W	79	20	10	19	28	2
Fluorescente	36 W	120	115	3	-	-	2
CFL Integrada	11 W	120	65	4	25	25	1
CFL (não integrada)	13 W	55	40	3	-	10	2
HID	MHL 400 W	240	195	42	-	-	3
	HPS 150 W	150	105	44.5	-	-	0.5
LED	7 W	124	15	50	27	29	3

¹ Os restantes são os aditivos no envelope da lâmpada incluindo eléctrodos, revestimento e partes cerâmicas

Figura 20. Composição dos tipos de lâmpadas representativos (Adaptado de (ELCF, s.d.))

4.3.3. Principais Impactes Ambientais verificados no ciclo de vida das Lâmpadas

Os produtos de iluminação apresentam diversos impactes ambientais durante as várias fases do seu ciclo de vida, sendo que o principal impacte provém do consumo de energia eléctrica na fase de utilização. Os impactes provenientes da fase de fabricação e transporte são constantes para cada tipo de tecnologia, no entanto os da fase de utilização variam de acordo com a forma de utilização da lâmpada (Welz, et al., 2011).

Na Tabela 8 encontram-se referidos os impactes ambientais mais relevantes que ocorrem durante o ciclo de vida das lâmpadas.

Tabela 8. Principais Impactes Ambientais Verificados nas diferentes fases de vida das lâmpadas (Comissão Europeia, 2011)

Produção	Consumo de Energia e de matérias-primas na fabricação das lâmpadas que contribuem para a diminuição de matérias-primas disponíveis. No decorrer da fabricação são utilizadas substâncias perigosas.
Distribuição	Emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis durante o transporte e diminuição das reservas de combustíveis não renováveis.
Utilização	Consumo de Energia, Emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis para a produção de electricidade, diminuição das reservas de combustíveis não renováveis
Fim de Vida	Libertação de Mercúrio, Geração de resíduos

Na Figura 21 estão representados os impactes ambientais dos produtos de iluminação na área dos recursos, no ar, no solo e na água.

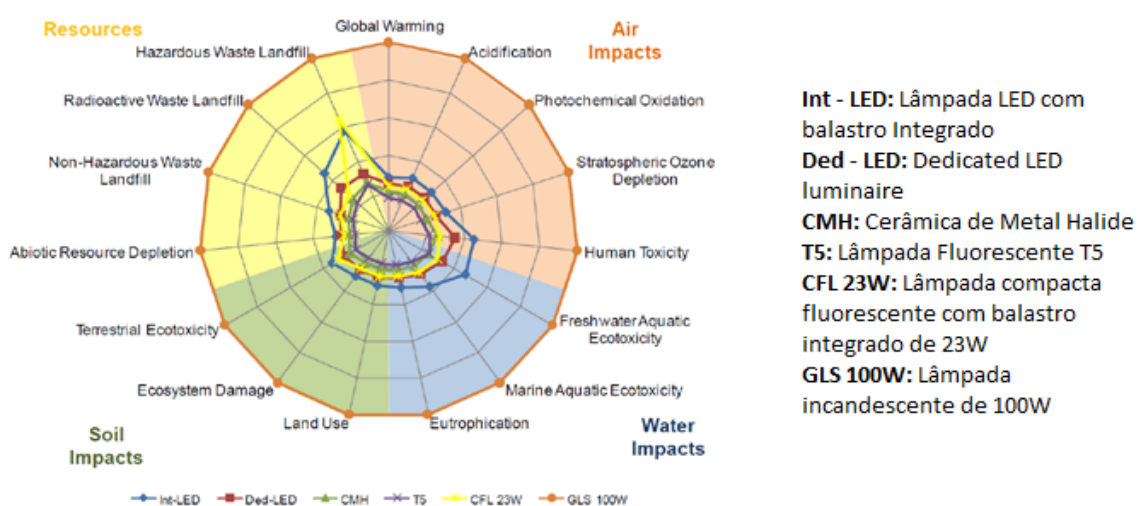


Figura 21. Impactes Ambientais de diversos tipos de lâmpadas existentes actualmente (Comissão Europeia, 2011)

Analisando a Figura 21 a lâmpada incandescente (GLS 100 W) é a que apresenta a pior performance entre as lâmpadas consideradas, devido à sua menor eficácia o que resulta num maior impacte ambiental por unidade de serviço de iluminação. A seguir à lâmpada incandescente o produto com pior

performance é o Int-LED seguido do CFL de 23 W. A lâmpada que apresenta uma melhor performance é a T5 com um impacto de 20% em relação ao impacto da lâmpada incandescente (Comissão Europeia, 2011). Embora a lâmpada fluorescente T5 seja a mais eficiente de entre as opções consideradas não quer dizer que estas lâmpadas sejam colocadas em todo o lado porque são menos indicadas para aplicações que requerem uma menor fonte de luz ou direccionada.

4.3.3.1. Fase de Produção das Lâmpadas

Durante a fase de produção os impactos ambientais mais relevantes provêm das acções para obtenção dos recursos, da energia gasta para os obter, do mercúrio utilizado na produção de alguns tipos de lâmpadas, e da poluição do ar, solos e água (Comissão Europeia, s.d.).

Na Figura 22 encontra-se um esquema da energia primária utilizada para a fabricação de GLS (lâmpada convencional), de CFL e de LED para uma base de 25 000 horas considerando que as GLS têm uma duração de 1 000 horas, as CFL de 10 000 horas e as LED de 25 000 horas.

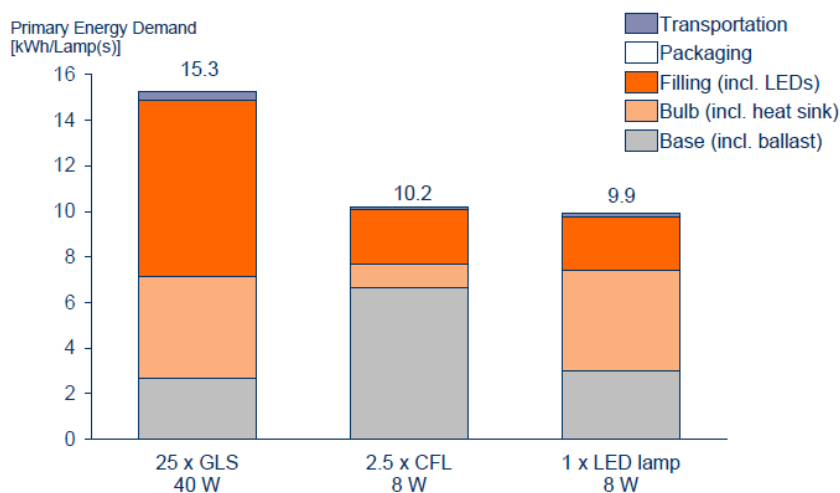


Figura 22. Energia Primária utilizada na fabricação de lâmpadas incandescentes, CFL e LED (OSRAM & Siemens, 2009)

Nas lâmpadas incandescentes é utilizado gás nobre como preenchimento do interior da lâmpada cujo impacto ambiental é desprezável uma vez que estes gases são inertes (VITO, Outubro 2009).

O mercúrio é a substância presente nas lâmpadas com maior relevância em termos de impacto ambiental. Nos últimos anos os avanços tecnológicos no processo de produção e nos materiais utilizados permitiram que a quantidade de mercúrio utilizado nas lâmpadas fosse diminuída sem comprometer o output de luz ou a duração de vida das lâmpadas. Por exemplo, o conteúdo de mercúrio nas lâmpadas fluorescentes foi reduzido em mais de 90% nas últimas três décadas (Comissão Europeia, 2011). Os impactos ambientais do mercúrio estão relacionados com a sua toxicidade no ambiente e na sua capacidade de se acumular ao longo da cadeia alimentar e na sua contaminação do solo e da água.

Para além do mercúrio, podem ser encontradas substâncias perigosas como o chumbo e o sódio dependendo do tipo de lâmpadas. É importante que os impactes ambientais destas substâncias sejam geridos como por exemplo a toxicidade, em particular na fase de fim de vida.

4.3.3.2. Fase de Distribuição das Lâmpadas

Nesta fase os principais impactes ambientais resultam do transporte e distribuição das lâmpadas desde o local onde são fabricadas até ao local de venda e posterior local de utilização e da produção de resíduos das embalagens das lâmpadas (Comissão Europeia, 2011). No transporte os principais impactes são em relação ao consumo de combustível do veículo utilizado, desde a sua extracção até à sua queima, com libertação de gases de efeito de estufa para a atmosfera. Nesta fase verificam-se também os impactes ambientais relativos ao processo de empacotamento (produção de cartão e plástico).

4.3.3.3. Fase de Utilização das Lâmpadas

O principal impacte ambiental verificado na iluminação é derivado do consumo de energia na fase de utilização, não só pelas lâmpadas mas também pelos balastos e pelos controlos devido às emissões de gases com efeito de estufa. O principal impacte ambiental do consumo de energia provém da geração de energia, onde energia fóssil como petróleo, gás natural e carvão é convertida em electricidade, resultando em emissões de gases com efeito de estufa para o ambiente e na diminuição das reservas dos combustíveis de origem fóssil.

A iluminação dos interiores dos edifícios representa uma parte significativa do consumo de energia. O consumo de electricidade global respeitante à iluminação encontra-se distribuído aproximadamente em 28% para o sector residencial, 48% para o sector de serviços, 16% para o sector industrial e 8% para iluminação de ruas e outros (Halonen, et al., 2010).

O maior responsável pelos gastos energéticos é o aquecimento do espaço, seguido pela iluminação, como se pode verificar na Figura 23. Apesar de representar uma pequena porção do consumo total de energia, a iluminação é o principal uso final de energia (DTI, 2002) pelo que existe uma grande oportunidade para reduzir o seu consumo (Wall & Crosbie, 2009). O consumo de electricidade para iluminação no sector comercial foi estimado em 185 TWh em 2005 nos países membros da União Europeia (Comissão Europeia, 2011).

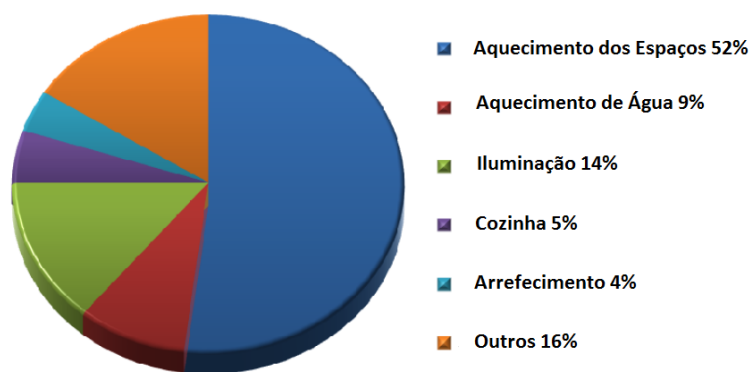


Figura 23. Consumo de Energia por uso final dos edifícios comerciais da UE (Comissão Europeia, 2011)

A quantidade de electricidade utilizada para iluminação nos edifícios difere consoante o tipo de edifício. O European Green Light Programme estimou o consumo de electricidade para fins de iluminação da UE15² em 28.8 TWh para edifícios de escritórios e 15 TWh para edifícios educacionais (Comissão Europeia, 2011). Em alguns edifícios a iluminação representa grande parte do consumo energético total. Nos edifícios de escritórios Europeus cerca de 50% do seu consumo total de electricidade é destinado à iluminação, enquanto a quota de electricidade para iluminação é de 20-30% nos hospitais, 15% na indústria, 10-15% nas escolas e 10% nos edifícios residenciais (Comissão Europeia, 2011).

O impacto ambiental dominante é devido ao consumo de electricidade, pelo que o desenvolvimento de ecoprodutos para iluminação, com lâmpadas e balastros mais eficientes contribui para a redução do consumo de energia de iluminações em interiores, reduzindo as emissões de CO₂ da combustão dos combustíveis fósseis para gerar electricidade. Um menor consumo de energia resulta em menores impactos no ciclo de vida dos combustíveis, incluindo menos acções de exploração, extracção, refinação, processamento, transporte e armazenamento dos combustíveis.

4.3.3.4. Fase de Fim de Vida das Lâmpadas

Na fase de fim de vida das lâmpadas são gerados resíduos perigosos e não perigosos (Comissão Europeia, s.d.) pelo que um correcto processo de tratamento final é essencial para minimizar os impactos ambientais que surgem na fase final de vida destes produtos.

Actualmente os produtores das lâmpadas são responsáveis pela gestão adequada dos resíduos dos equipamentos eléctricos e electrónicos no fim de vida de acordo com a Directiva 2002/96/CE relativa aos resíduos eléctricos e electrónicos e que será abordada mais à frente no presente documento. A directiva estabelece que os produtores devem promover a recolha separada dos REEE e evitar que estes sejam tratados como resíduos urbanos indiferenciados. Para tal os produtores devem informar os utilizadores do procedimento a realizar quando os produtos atingem o seu fim de vida e devem disponibilizar locais de recolha selectiva dos resíduos.

O maior problema associado com a deposição final das lâmpadas está relacionado com o mercúrio e com a libertação de vapor de mercúrio para a atmosfera. O mercúrio pode ser recuperado das

lâmpadas, sendo as lâmpadas encaminhadas para centrais de tratamento que têm a tecnologia necessária para dismantelar as lâmpadas e recuperar o mercúrio apropriadamente sem que este seja libertado na atmosfera, permitindo que este seja novamente utilizado em novos processos de fabricação de lâmpadas (Comissão Europeia, 2011). De acordo com a directiva dos REEE nas lâmpadas de descarga de gás o mercúrio deve ser retirado (Comissão Europeia, 2003).

4.3.4. Estratégias para diminuir os impactes ambientais negativos dos produtos de iluminação

De modo a minimizar os efeitos negativos sobre o ambiente podem ser postas em prática algumas estratégias como a utilização de luz ambiente, redução dos níveis de iluminação através de dispositivos que permitem regular o fluxo luminoso, utilização de controlo manual, sensores de ocupação e temporizadores (Dubois & Blomsterberg, 2011).

Um estudo recente indica que os investimentos em iluminação energeticamente eficiente é uma das maneiras com melhor relação custo/benefício para reduzir emissões de CO₂ e muitos estudos demonstram que a electricidade utilizada para iluminação pode ser reduzida em 50% através da utilização de tecnologias existentes (Enkvist, et al., 2007).

4.4. Critérios de avaliação propostos

Neste subcapítulo serão definidos e discutidos os critérios utilizados no desenvolvimento da categorização dos produtos de iluminação de acordo com a escala de desempenho na procura da sustentabilidade para o caso das lâmpadas.

Os critérios propostos foram seleccionados de entre os critérios da metodologia LiderA como sendo os que melhor se adequam aos produtos em estudo, de acordo com a versão V2.0. Os critérios do LiderA foram adaptados aos produtos de iluminação uma vez que por vezes os limites estabelecidos pelo LiderA não se enquadram ao objecto de estudo.

Dos critérios propostos, o critério da Eficiência Energética, dos Materiais de Baixo Impacte, da Gestão de Resíduos Perigosos, dos Baixos Custos de Ciclo de Vida e das Condições de Utilização Ambiental são essenciais para a avaliação de ciclo de vida dos produtos de iluminação, sendo dos critérios apresentados os mais relevantes para a análise que se pretende realizar. Os restantes critérios propostos embora não sejam os mais relevantes em termos de caracterização da procura de sustentabilidade dos produtos de iluminação, foram incluídos no método de modo a complementar o método desenvolvido.

Cada critério em estudo pode ser incluído em mais do que uma vertente do desempenho sustentável. Na Tabela 9 encontram-se representadas as relações dos critérios com as vertentes ambiental, social e económica. A inserção do critério dos Níveis de Iluminação na vertente Social está relacionado com o facto de este critério estar mais relacionado com a utilização específica dos produtos, tendo um carácter mais social, ou seja, com a qualidade da iluminação e não tanto com o desempenho sustentável sendo

que a avaliação deste critério está relacionado com o índice de reprodução de cores (IRC), tempo de arranque, tempo de aquecimento, ciclo ligado/desligado e regulação de intensidade, cuja importância será apresentada com maior pormenor na secção 4.4.8.

Em relação ao critério dos Materiais de Baixo Impacte, Gestão de Resíduos Perigosos e das Condições de Utilização Ambiental, a sua inclusão na vertente social está relacionada com o perigo que o mercúrio, presente em alguns tipos de lâmpadas, representa para a Saúde Pública em caso de libertação por quebra da lâmpada. Neste critério é dada importância à quantidade de mercúrio presente na lâmpada (Materiais de Baixo Impacte), à recuperação do mercúrio por parte do fornecedor através das acções de sensibilização junto dos consumidores para que coloquem as lâmpadas em fim de vida em locais próprios e bem identificados (Gestão de Resíduos Perigosos) e à informação junto do consumidor de como proceder em caso de quebra de lâmpadas com conteúdo de mercúrio (Condições de Utilização Ambiental). A libertação para a atmosfera representa um perigo para a saúde pública devido à sua toxicidade, pelo que produtos que contêm mercúrio devem ser manuseados com cuidado e o consumidor deve estar bem informado de como proceder.

Tabela 9. Ligação entre cada critério de desempenho e as vertentes de sustentabilidade

	Desempenho Sustentável		
	Ambiental	Social	Económico
Eficiência Energética (C7)	☐	☐	☐
Intensidade em Carbono (C9)	☐	☐	☐
Durabilidade (C12)	☐	☐	☐
Materiais Locais (C13)	☐		☐
Materiais Baixo Impacte (C14)	☐	☐	
Produção de Resíduos (C19)	☐		
Gestão de Resíduos Perigosos (C20)	☐	☐	
Níveis de Iluminação (C26)		☐	
Baixos Custos no Ciclo de Vida (C40)			☐
Condições de Utilização Ambiental (C41)	☐	☐	☐

Os critérios propostos são todos relevantes no contexto de estudo e encontram-se relacionados entre si. Para cada um dos critérios pretende-se que seja desenvolvido uma proposta individual seguida da apresentação do processo de avaliação do critério, através de limites estabelecidos para cada um dos níveis de desempenho.

Os critérios propostos não fazem distinção entre os vários tipos de lâmpadas existentes no mercado, sendo que os limites propostos são iguais para todos os tipos de lâmpadas em estudo.

A relação entre os limiares de cada nível de desempenho ambiental definidos para cada critério variam de acordo com o esquema da Figura 24, para os critérios quantitativos. Em caso de critérios cujo objectivo é aumentar o desempenho do produto (por exemplo, a durabilidade das lâmpadas) utiliza-se a escala na parte superior da Figura 24. No caso do principal objectivo passar pela diminuição dos valores

(quantidade de mercúrio presente em alguns tipos de lâmpadas) utiliza-se a escala da parte inferior da Figura 24. Em ambos os casos o valor de referência é sempre o E, sendo que os valores de cada nível de desempenho obtêm-se sempre a partir do valor do nível E a multiplicar pelo factor do nível que se pretende definir.



Figura 24. Factores de Desempenho de cada Nível Sustentável de acordo com a metodologia LiderA

A unidade funcional utilizada no presente trabalho foi a seguinte: **fornecimento de 500 lúmens durante 25 000 horas**. Nas fórmulas que serão apresentadas nas seguintes secções as parcelas relativas ao cálculo do número de lâmpadas necessárias para perfazer a unidade funcional serão apresentadas como **UF**.

De seguida procede-se à descrição e caracterização dos critérios em estudo e dos valores referentes a cada categoria de avaliação do desempenho sustentável do produto em questão.

4.4.1. Eficiência Energética e Certificação Energética

A Eficiência Energética descreve o output de luz (lm) da fonte de iluminação em relação ao input de potência (W). Quanto maior este valor maior a eficiência energética da lâmpada. Uma vez que a fase do ciclo de vida das lâmpadas em que ocorrem mais impactes é a fase de utilização (Figura 6) a utilização de lâmpadas mais eficientes contribui para a redução do consumo de energia na iluminação de interiores, reduzindo as emissões de CO₂ provenientes da combustão de combustíveis necessária para gerar electricidade numa primeira instância (energia primária). A utilização de produtos mais eficientes energeticamente contribui para a diminuição dos impactes do ciclo de vida dos combustíveis, incluindo redução das emissões provenientes da exploração, extracção, refinamento, processamento, transporte e armazenagem (Comissão Europeia, 2011).

Actualmente encontra-se em vigor o Decreto-Lei nº108/2007 de 12 de Abril (Ministério Economia e Inovação, 2007) que estabelece uma taxa ambiental sobre as lâmpadas de baixa eficiência energética. Esta taxa pretende estimular o cumprimento dos objectivos em questões de diminuição das emissões de CO₂ de forma a reduzir os impactes ambientais que estes provocam à escala local, regional e global. A taxa imposta por este decreto de lei é cobrada aos produtores das lâmpadas.

A implementação desta taxa tem também como objectivo incentivar os produtores e os consumidores a desenvolver e a utilizar, respectivamente, soluções mais eficientes e economicamente mais vantajosas.

Os tipos e modelos abrangidos de lâmpadas de baixa eficiência energética sobre os quais incide a taxa estabelecida no Decreto Lei nº108/2007 encontram-se determinados na Portaria nº54/2008 de 18 de Janeiro (Ministério Economia e Inovação, 2008).

Os valores dos parâmetros da taxa sobre as lâmpadas de baixa eficiência energética encontram-se estabelecidos na Portaria nº63/2008 de 21 de Janeiro (Ambiente e Ordenamento do Território, et al., 2008). Esta taxa incide sobre todas as lâmpadas incandescentes de utilização genérica, sem halógeno, com casquilho E14, E27 e B22 de potência entre 15 W e 200 W e tensão de funcionamento entre 220 V e 240 V e sobre as lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio, entre 50 W e 1 000 W e assume o valor de 0.41 €, com base nos seguintes parâmetros:

Tabela 10. Parâmetros de atribuição de taxa a lâmpadas de baixa eficiência às lâmpadas incandescentes e de descarga de vapor de mercúrio Fonte (Ambiente e Ordenamento do Território, et al., 2008)

$W_{\text{lâmpada}}$	54 W
$W_{\text{referência}}$	10 W
$\text{Horas}_{\text{lâmpada}}$	1 000 horas

A consideração deste critério na vertente ambiental está relacionada com o consumo de energia e de todos os impactes ambientais que daí advêm, sendo que como referido anteriormente, lâmpadas com uma maior eficiência energética contribuem para a diminuição do consumo de energia e para a diminuição da escassez dos recursos não renováveis. Lâmpadas com poupança de energia é o factor chave para melhorar o desempenho ambiental das lâmpadas. As lâmpadas mais eficientes energeticamente podem reduzir o consumo de energia até 70% e podem durar até 15 vezes mais que as lâmpadas equivalentes menos eficientes (ELCF, s.d.). Na Tabela 11 encontram-se os limiares definidos para cada nível de desempenho em relação ao critério da Eficiência Energética. Os valores foram definidos em função da eficiência energética de uma lâmpada incandescente standard e o objectivo é que as lâmpadas tenham valores mais elevados de eficiência energética pelo que foi utilizada a escala de melhoria do desempenho de acordo com a Figura 24.

Tabela 11. Processo de Avaliação do critério C7 do sistema LiderA

C7 – Eficiência Energética	Limiares								
	Eficiência Energética das lâmpadas medida em lúmen por watt (lm/W)								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	[150, ∞[	[60,150[	[30,60[	[20.63;30[	[18.75;20.63[	[16.875;18.75[	[15;16.875[	[13.125;15[	[0;13.125[

4.4.2. Intensidade em Carbono

O CO₂ em conjunto com outros gases – metano, óxido nitroso entre outros – são chamados de GEE em consequência das acções que provocam no ambiente e na saúde humana quando são libertados para a atmosfera por meio das actividades humanas. Estes gases são responsáveis por aprisionar o calor na atmosfera contribuindo assim para o aumento da temperatura global do planeta, pelas alterações na precipitação, entre outras consequências, o que tem efeitos a nível da saúde, da agricultura, dos ecossistemas, biodiversidade, recursos hídricos entre outros (EPA, 2011)

Uma das formas de emissão do CO₂ para a atmosfera devido a actividades humanas é através da combustão de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão), sendo emitido na fase de utilização das lâmpadas proveniente do processo de geração de electricidade necessária ao seu funcionamento.

Em 2008 foi realizado um estudo de ACV com o objectivo de comparar lâmpadas compactas fluorescentes e lâmpadas incandescentes (Ramroth, 2008). Em relação às emissões de GEE, o estudo concluiu que 99% das emissões provenientes das lâmpadas incandescentes são oriundas do processo de geração de electricidade sendo o restante 1% proveniente do transporte da lâmpada pelo consumidor. Em relação às CFL o estudo concluiu que 93% das emissões resultam da fase de utilização e 7% da fase de fabricação das lâmpadas. O mesmo estudo analisou as emissões de CO₂ de uma lâmpada incandescente de 100 W e de uma CFL de 23 W determinando assim as 5 maiores contribuições de emissões de CO₂ equivalente, comparando o serviço fornecido pelas lâmpadas em 10 000 horas a 1 600 lm. Os resultados obtidos encontram-se nas Tabela 12 e Tabela 13.

Tabela 12. Top 5 das contribuições das emissões de kg CO₂ eq para lâmpadas incandescentes de 100 W

Adaptado de (Ramroth, 2008)

Processo	kg CO ₂ equivalente
Electricidade utilizada pelos consumidores nos USA	730
Transporte da loja para residência por veículo pessoal	2.42
Produção da gasolina utilizada no veículo pessoal	0.447
Electricidade utilizada na fabricação na China	0.355
Navio porta contentores	0.303

Tabela 13. Top 5 das contribuições das emissões de kg CO₂ eq para lâmpadas incandescentes de 100 W

Adaptado de (Ramroth, 2008)

Processo	kg CO ₂ equivalente
Electricidade utilizada pelos consumidores nos USA	168
Circuito Integrado	13
Transporte da loja para residência por veículo pessoal	2.42
Produção da gasolina utilizada no veículo pessoal	0.447
Impressão no cartão (embalagem)	0.194

Para proceder à categorização deste critério estimou-se a quantidade de CO₂ emitida na unidade funcional pelos vários tipos de tecnologias de lâmpadas durante o seu ciclo de vida.

Para o cálculo das emissões de CO₂ foram consideradas as etapas de produção, transporte e utilização. Para a fase de fim de vida não foi feita nenhuma estimativa da quantidade de CO₂ emitido por falta de informação em relação aos processos de tratamento.

$$\begin{aligned} \text{Emissão CO}_2(\text{kg CO}_2 \text{ eq}) = \\ \text{Emissão Produção (kg CO}_2 \text{ eq)} + \text{Emissão Transporte(kg CO}_2 \text{ eq)} + \\ \text{Emissão Utilização(kg CO}_2 \text{ eq)} \quad (1) \end{aligned}$$

O valor de x representa a quantidade de lâmpadas necessárias produzir para perfazer um fornecimento de 500 lúmens durante 25 000 horas.

Produção

O cálculo das emissões de CO₂ na fabricação foi realizado de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Emissões CO}_2 \text{ Fabricação (kg CO}_2 \text{ eq)} = \left(\sum W \times FE \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{kWh}} \right) \right) \times \text{kWh} \times \text{UF} \quad (2)$$

Na Equação (2) o W representa o peso de cada tipo de energia utilizada na produção da lâmpada (mistura energética) do país de produção, o FE ($\text{kg CO}_2 \text{ eq/kWh}$) é o factor de emissão de CO₂ por cada tipo de fonte de energia utilizada na produção de lâmpadas obtido através da conversão do FE ($\text{kg CO}_2 \text{ eq/GJ}$)²¹. O kWh corresponde à quantidade de energia primária necessária para produzir as lâmpadas, e o UF corresponde ao cálculo do número de lâmpadas que é necessário produzir para perfazer a quantidade de lâmpadas necessárias na unidade funcional.

Um estudo de ACV realizado pela OSRAM e pela Siemens (OSRAM & Siemens, 2009) comparou a energia primária necessária para fabricar lâmpadas GLS, CFL e LED. Para assegurar a comparabilidade dos três tipos de lâmpadas foi escolhido como unidade funcional de 25 000 horas. No caso das GLS são necessárias 25 lâmpadas na unidade funcional definida uma vez que a sua duração é de 1 000 horas, as CFL com duração e 10 000 horas são necessárias 2.5 lâmpadas e as LED com tempo de vida útil é apenas necessária uma lâmpada. De acordo com a Figura 22 os valores são os seguintes:

Tabela 14. Energia Primária Necessária para produzir lâmpadas GLS, CFL e LED (OSRAM & Siemens, 2009)

Tipo de Lâmpada	kWh/Lâmpada(s)
25 GLS (40 W)	15.2
2.5 CFL (8 W)	10.2
LED (8 W)	9.9

²¹ Factores de emissão de CO₂ por tipo de combustível disponível no Despacho nº17313/2008 disponível no Diário da República, 2ªSérie, Nº22 de 26 de Junho de 2008

Para produzir apenas uma Lâmpada Incandescente (GLS) são necessários 0.61 kWh e para produzir uma CFL são necessários 4.08 kWh (OSRAM & Siemens, 2009).

A quantidade de CO₂ emitido depende da composição da energia utilizada, sendo que a mistura de electricidade utilizada quer na fabricação das lâmpadas quer na sua utilização têm elevado impacto nos resultados de ACV (OSRAM & Siemens, 2009). Para determinar qual a mistura de electricidade a utilizar nos cálculos das emissões de CO₂ foi feito um levantamento do local de fabricação junto das principais superfícies que comercializam lâmpadas, tendo-se reunido uma amostra considerada demonstrativa da realidade, concluindo-se que as lâmpadas vendidas em Portugal têm como principal origem a China e a Polónia. No presente trabalho foram apenas considerados estes dois locais como principais fabricantes de lâmpadas, embora existam lâmpadas provenientes de outros locais mas em menores quantidades, pelo que não foram considerados.

Tabela 15. Misturas Energéticas da República Popular da China e da Polónia e respectivo Factor de Emissão de CO₂

Combustível	Mistura Energética		FE kg CO ₂ e/kWh ²²
	República Popular da China ²³	Polónia ²⁴	
Carvão	0.7882	0.8878	0.34
Petróleo	0.0045	0.0179	0.264
Gás Natural	0.0137	0.0316	0.231
Energia Nuclear	0.0139	-	0.036
Biocombustíveis	0.0006	0.0345	0.198

Transporte

Para a estimativa do cálculo das emissões de CO₂ durante o transporte foi estabelecido um cenário de transporte para uma lâmpada proveniente da República Popular da China, sendo o seguinte:

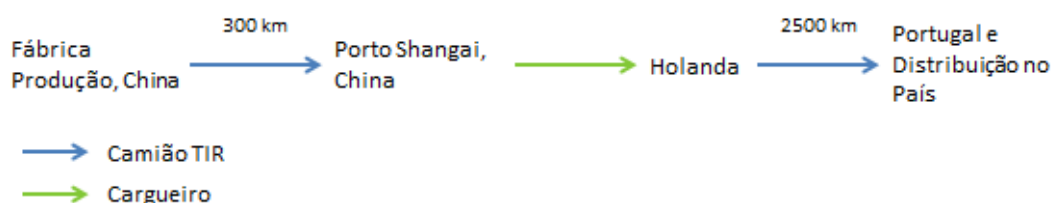


Figura 25. Percorso Considerado no Transporte das Lâmpadas

²² Factores de emissão de CO₂ por tipo de combustível disponível no Despacho nº17313/2008 disponível no Diário da República, 2ªSérie, Nº22 de 26 de Junho de 2008

²³ Cálculos efectuados com base nos valores indicados em http://www.iea.org/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=CN data último acesso 04/05/2012

²⁴ Cálculos efectuados com base nos valores indicados em http://www.iea.org/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=PL Data último acesso 04/05/2012

O percurso foi considerado para o transporte de lâmpadas da marca Philips desde o local de produção na República Popular da China, com paragem na Holanda onde a Philips tem sede considerando-se que é na sede da empresa que as lâmpadas são redistribuídas para os países que as comercializam, considerando-se que para Portugal o transporte é feito por um camião TIR. Todas as envolventes consideradas no processo de cálculo das emissões de CO₂ são apenas estimativas uma vez que não foi possível encontrar informação a respeito do transporte das lâmpadas para Portugal.

Os cálculos efectuados permitiram concluir que o transporte das lâmpadas é desprezável em relação às componentes de fabricação e utilização. Os cálculos efectuados encontram-se no Anexo I.

Utilização

O cálculo para as emissões de CO₂ provenientes da fase de utilização foram efectuados com base na seguinte fórmula:

$$\text{Emissões CO}_2 \text{ (kg CO}_2 \text{ eq)} = (\sum P \times FE \text{ (kg CO}_2 \text{ eq/kWh)}) \times \text{Potência (kW)} \times EP \times 25\,000 \text{ (h)} \times 500 \text{ (lm)/Fluxo luminoso (lm) (3)}$$

Na fase de utilização foi considerado a mistura de energia em Portugal, sendo que o **P** presente na equação (3) diz respeito à percentagem de cada combustível que multiplica pelo factor de emissão de CO₂ de cada tipo de energia. São apenas considerados as fontes de energia não renováveis nos cálculos. Os pesos utilizados no cálculo para cada tipo de energia são os seguintes:

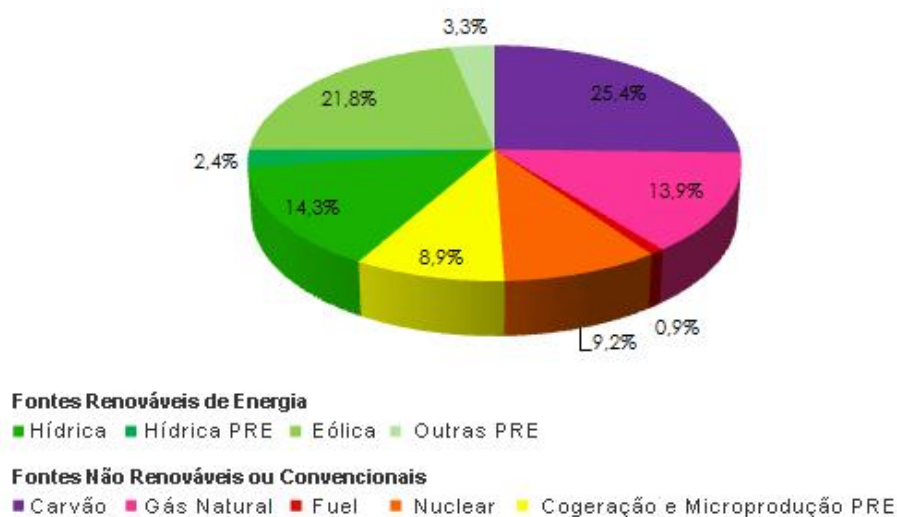


Figura 26. Origem da electricidade fornecida em Dezembro de 2011 em Portugal (EDP, 2011)

Os factores de emissão de CO₂ para cada tipo de energia utilizada na mistura energética em Portugal encontram-se indicados na Tabela 15.

O **W** na equação (3) corresponde à potência da lâmpada em watt que a multiplicar por 10⁻³ é transformado em kWh. O valor **EP** diz respeito à energia primária que é necessária para produzir energia útil (electricidade) sendo que para gerar 1 kWh são necessários 3.3 kWh (OSRAM & Siemens, 2009) de energia primária. As **25 000 horas** dizem respeito à duração estabelecida na unidade funcional e a

última parcela diz respeito à quantidade de lâmpadas necessárias utilizar para perfazer um fornecimento de luz de 500 lúmens.

Na Tabela 16 encontram-se os limiares definidos para cada uma das classes de desempenho ambiental em relação às emissões de CO₂ expresso em kg CO₂ equivalente. Os limiares considerados para este critério encontram-se indicados na Tabela 16.

Tabela 16. Processo de Avaliação do critério C9 do sistema LiderA

C9 – Intensidade Carbónica	Limiares								
	Cálculo da quantidade de dióxido de carbono emitido para a atmosfera pelos produtos de iluminação na fase de fabricação e utilização (kg CO ₂ eq) na unidade funcional								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	[0; 47]	]47; 117.5]	]117.5; 235]	]235; 293.75]	]293.75; 352.5]	]352.5; 411.25]	]411.25; 470]	]470; 528.75]	]528.75; ∞[

4.4.3. Durabilidade

A durabilidade dos produtos de iluminação é definida como sendo o tempo de vida útil das lâmpadas, que se caracteriza pela quantidade de horas que estes produtos mantêm a sua eficiência luminosa.

As lâmpadas incandescentes são as que possuem um menor tempo de vida útil, tendo uma duração média de apenas 1 000 horas, uma lâmpada compacta fluorescente dura de 7 500 horas a 30 000 horas, uma CFL de 5 000 a 25 000 horas, halógeno 2 000 horas a 6 000 horas e uma lâmpada LED pode durar mais de 25 000 horas, tal como se pode verificar na Tabela 7.

O critério da Durabilidade encontra-se incluído de forma implícita em critérios como a Intensidade em Carbono ou a Produção de Resíduos uma vez que os cálculos são realizados com base na Unidade Funcional definida. Embora esteja incluído nos restantes critérios, foi incluído no método de procura do desempenho da sustentabilidade para permitir uma avaliação mais independente das acções que advêm da utilização de lâmpadas com maior ou menor durabilidade, motivo pelo qual a sua avaliação de forma individual foi considerada necessária.

Na Figura 27 encontra-se um esquema representativo e simplificativo das acções resultantes da utilização de lâmpadas com maior tempo de vida útil.

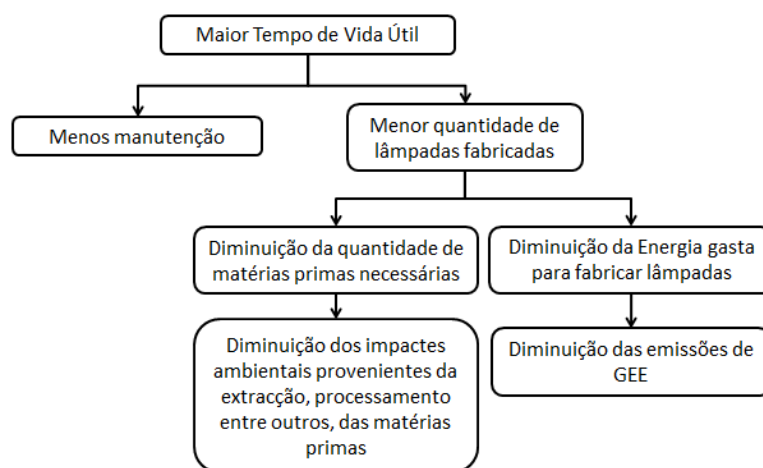


Figura 27. Consequências do aumento do tempo de vida útil das lâmpadas

De forma a garantir que as lâmpadas duram o tempo de vida mencionado o utilizador tem de seguir as instruções dadas pelo fabricante, caso estas sejam fornecidas juntamente com a lâmpada. Cada lâmpada é indicada para um certo tipo de utilização e por vezes o não cumprimento das indicações feitas pelo fabricante pode levar a que o tempo de vida da lâmpada não atinja o estipulado, como é o caso da colocação de uma lâmpada num ambiente com temperatura superior/inferior à indicada que pode perturbar o desempenho da lâmpada ou a colocação de uma lâmpada que suporta poucos ciclos de ligar/desligar num local em que seja necessário desligar e ligar a lâmpada constantemente, o que contribui para que a lâmpada atinja o fim de vida mais depressa do que o esperado.

Um dos parâmetros de avaliação de desempenho das lâmpadas é o FSL que é a fracção do número total de lâmpadas que continuam a operar num determinado tempo, em condições definidas e com frequência de comutação. No presente trabalho este critério não foi incluído devido à falta de informação disponibilizada nas fichas de produtos consultadas.

Na Tabela 17 encontram-se os limiares utilizados na avaliação do desempenho sustentável das lâmpadas no que diz respeito à durabilidade.

Tabela 17. Processo de Avaliação do critério C12 do sistema LiderA

C12 - Durabilidade	Limiares							
	Tempo de vida útil dos produtos de iluminação (horas).							
	A++	A+	A	B	C	D	E	F
	G							
	[50000; ∞[	[20000; 50000[	[10000; 20000[	[6875; 10000[	[6250; 6875[	[5625; 6250[	[5000; 5625[	[4375; 5000[
								[0;4375[

4.4.4. Materiais Locais

Na metodologia LiderA são considerados materiais locais todos os materiais provenientes de locais com distâncias inferiores a 100 km em relação ao serviço a classificar. No caso das lâmpadas este critério teve de ser adaptado uma vez que após pesquisa de informação concluiu-se que não existem fábricas de produção de lâmpadas em terreno nacional. Desta forma os limiares definidos para os materiais locais foram definidos com base numa escala mais global, como se pode verificar na Tabela 18.

A inclusão deste critério no processo de classificação pretende que seja dada preferência e maior relevância a produtos oriundos de locais mais próximos de Portugal de forma a minimizar os impactes ambientais provenientes do transporte destes materiais em longas distâncias, nomeadamente no que diz respeito ao consumo de matérias-primas não renováveis e emissões de CO₂. É dada também preferência a lâmpadas importadas de locais com melhores práticas de utilização de combustíveis fósseis.

Tabela 18. Processo de Avaliação do critério C13 do sistema LiderA

C13 – Materiais Locais	Limiares								
	Origem dos produtos de Iluminação (Fabricação)								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	Portugal	Espanha	França	Reino Unido	Europa*	América do Norte e do Sul	Ásia	África	Oceânia

*excepto Portugal, Espanha, França, Inglaterra

Para determinar o local de fabricação das lâmpadas foi feito um levantamento junto das superfícies que disponibilizam este tipo de produto tendo-se reunido uma amostra considerada representativa concluindo-se que a maioria dos produtos são fabricados na República Popular da China e na Polónia.

4.4.5. Materiais de Baixo Impacte

No critério de materiais de baixo impacte avalia-se a quantidade de mercúrio presente nas lâmpadas que necessitam deste metal para funcionar, como é o caso das lâmpadas fluorescentes e das CFLs.

O mercúrio é um material perigoso, líquido à temperatura ambiente e volátil. O principal problema relacionado com o mercúrio provém da sua toxicidade para a saúde humana, podendo causar inflamações, e para o ambiente, uma vez que é um composto com capacidade de se bio acumular na cadeia trófica e de contaminar a água e os solos.

O problema da presença de mercúrio nas lâmpadas está relacionado com a sua libertação em caso de quebra dos produtos e na sua gestão quando as lâmpadas atingem o seu fim de vida, uma vez que é tecnicamente impossível produzir CFLs sem mercúrio, uma vez que permite que a lâmpada seja uma fonte eficiente de luz, mas o desenvolvimento de tecnologias tem contribuído para a diminuição da quantidade de mercúrio presente neste tipo de lâmpadas. Quando uma CFL é parte, o nível de vapor de

mercúrio no ar da sala pode aumentar relativamente, mas o vapor libertado acaba por se transformar em gotículas de líquido que podem aderir a superfícies ou poeiras durante algum tempo, principalmente se o espaço não é arejado suficientemente, sendo que o mercúrio pode assim acabar por ser inalado ou ingerido pelas pessoas presentes na sala (Comissão Europeia, 2011).

No entanto a utilização de CFLs para além de permitirem a poupança de energia em relação às lâmpadas incandescentes, diminuem a quantidade de mercúrio libertado para a atmosfera pelos processos de geração de energia proveniente de centrais que utilizam carvão, uma vez que o mercúrio que se encontra nas lâmpadas pode ser recuperado (questão abordada com mais detalhe na secção destinada ao critério da Gestão de resíduos perigosos) mas o mercúrio que é libertado para a atmosfera pela geração de energia não pode ser capturado. Tendo em conta que um terço da electricidade na Europa é produzida através do carvão, a utilização de qualquer lâmpada contribui para as emissões de mercúrio para a atmosfera pelo que a utilização de lâmpadas mais eficientes energeticamente torna-se mais vantajoso (Comissão Europeia, 2011).

A quantidade de mercúrio presente na lâmpada depende da tecnologia. Na Figura 28 podem ser visualizadas as quantidades de mercúrio resultantes de diversos tipos de lâmpadas.

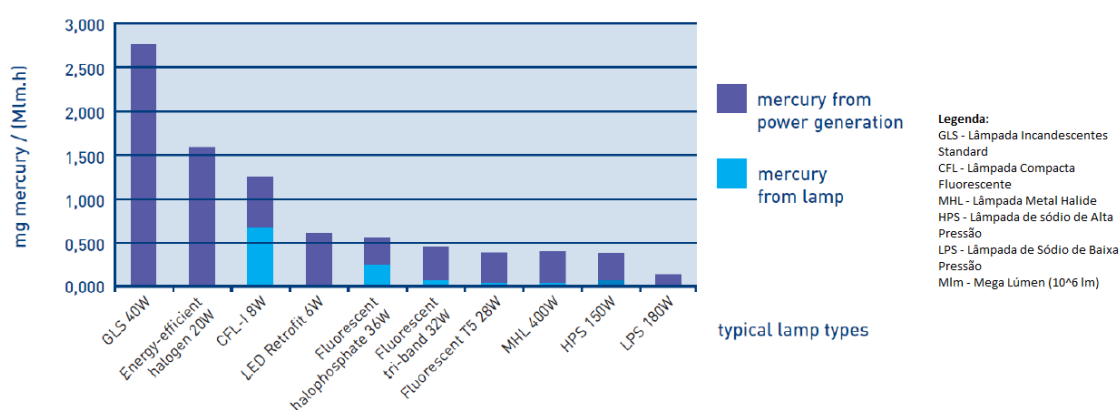


Figura 28. Quantidade de mercúrio existente em diversos tipos de lâmpadas (Comissão Europeia, 2011)

No método desenvolvido foi apenas considerada a quantidade de mercúrio presente na lâmpada, não tendo sido considerado por falta de informação, a quantidade de mercúrio libertado para a atmosfera por combustão de combustíveis fósseis nem foi considerada a fase de fim de vida em termos de recuperação do mercúrio presente nas lâmpadas e possível reincorporação em novos produtos. No entanto, a sua consideração tem extrema importância a nível de ACV uma vez que permite estimar a quantidade de mercúrio que não tem como principal destino aterros sanitários ou incineradoras com consequência de contaminação de solos e emissões para a atmosfera, respectivamente, considerando os efeitos negativos que este composto tem no meio ambiente e em termos de saúde pública por ser um composto tóxico.

As questões relacionadas com a gestão do mercúrio quando a lâmpada atinge o fim de vida e a informação ao consumidor de como proceder em caso de quebra de lâmpadas serão abordados em maior detalhe nas secções 4.4.7 e 4.4.10 respectivamente.

Na Tabela 19 encontram-se indicados os limiares seleccionados para a avaliação deste critério. O valor da prática usual, ou seja do nível **E** é de 4 mg uma vez que é a média de mercúrio utilizado nas lâmpadas (Energy Star, 2010).

Tabela 19. Processo de Avaliação do critério C14 do sistema LiderA

C14 – Materiais de Baixo Impacte	Limiares								
	Quantidade de mercúrio presente na lâmpada expresso em miligramas por lâmpada (mg Hg/lampâda)								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	[0;0.4]	]0.4;1]	]1;2]	]2;2.5]	]2.5;3]	]3;3.5]	]3.5;4]	]4;4.5]	]4.5,∞[

4.4.6. Produção de Resíduos

O cálculo da produção de resíduos foi feito por estimativa tendo em contas as dimensões da lâmpada, uma vez que não existem valores disponíveis nas fichas do produto acerca das dimensões das embalagens. Foram consideradas as medidas da lâmpada em análise (comprimento e diâmetro) disponíveis na ficha de produto e estimou-se a embalagem individual considerando que está é um paralelepípedo com as seguintes características e dimensões:

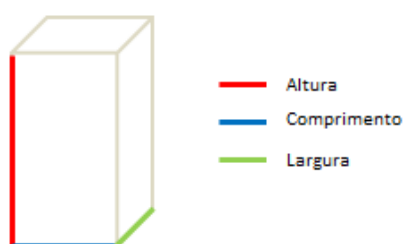


Figura 29. Modelo de embalagem utilizado na estimativa da produção de resíduos

Tabela 20. Estimativa das dimensões da embalagem das lâmpadas

	Estimativa
Altura (m)	Comprimento lâmpada (mm) x 10^{-3} + 0.01
Comprimento (m)	Diâmetro lâmpada (mm) x 10^{-3} + 0.01
Largura (m)	Diâmetro lâmpada (mm) x 10^{-3} + 0.01
Espessura (m)	0.001

O cálculo do volume da embalagem foi calculado considerando as quatro paredes laterais e a parte superior e inferior da embalagem, segundo a seguinte equação:

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = (4 \times \text{Altura} \times \text{Comprimento} \times \text{Espessura}) + (2 \times \text{Comprimento} \times \text{Largura} \times \text{Espessura}) \quad (4)$$

Como composição da embalagem considerou-se que 40% da sua constituição é cartão e que os restantes 60% dizem respeito a plástico, com densidades de 689 kg/m^3 ⁽²⁵⁾ e $1\,200 \text{ kg/m}^3$ ⁽²⁶⁾ respectivamente. O cálculo da gestão de resíduos foi efectuado na unidade funcional ou seja, quantos resíduos são produzidos nas embalagens da quantidade de lâmpadas que perfazem 25 000 horas de funcionamento e 500 lúmens.

$$\text{Produção de Resíduos (g)} = \left((0.4 \times \rho_{\text{cartão}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) + 0.6 \times \rho_{\text{plástico}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \times \text{Volume Embalagem (m}^3\text{)} \right) \times \text{UF} \times 1000 \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right) \quad (5)$$

A importância da quantificação da produção de resíduos na ACV está relacionada principalmente com o gasto de recursos na sua produção, com a energia despendida para a fabricação e com a gestão dos resíduos quando estes atingem o seu fim de vida. As lâmpadas são produtos frágeis e muitos dos modelos são vendidos em embalagens individuais pelo que torna-se inevitável a utilização de materiais para o seu acondicionamento durante o processo de transporte até ao utilizador. No entanto podem ser escolhidos materiais com possibilidades de reciclagem e promover acções de sensibilização junto dos consumidores para que façam reciclagem das embalagens e das próprias lâmpadas quanto já não tiverem mais utilidade, evitando assim que materiais com potencial de reciclagem sejam encaminhados para aterro ou incineração.

Na Tabela 21 encontram-se os limiares definidos para o critério da Produção de Resíduos.

Tabela 21. Processo de Avaliação do critério C19 do sistema LiderA

C19 – Produção de Resíduos	Limiares								
	Estimativa de resíduos produzidos (g) pelas embalagens das lâmpadas na unidade funcional.								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	[0;100]	]100;250]	]250;500]	]500;625]	]625;750]	]750;875]	]875;1000]	]1000;1125]	]1125;∞[

4.4.7. Gestão de Resíduos Perigosos

Nos produtos de iluminação o resíduo perigoso com maior relevância em termos de impactes ambientais é o mercúrio que existe nas lâmpadas fluorescentes e nas CFL. De forma a minimizar estes impactes ambientais torna-se importante que o fornecedor tenha medidas de gestão bem definidas e implementadas no que diz respeito à recolha de lâmpadas uma vez que o mercúrio contido nos produtos pode ser recuperado em centrais especializadas e tratado adequadamente, podendo mesmo

²⁵ <http://www.aqua-calc.com/page/density-table/substance/Cardboard> Data de último acesso 06/05/2012

²⁶ http://www.engineeringtoolbox.com/engineering-materials-properties-d_1225.html Data de último acesso 06/05/2012

ser reutilizado evitando que seja necessário produzir mais mercúrio (Comissão Europeia, 2011). A importância da recuperação do mercúrio está relacionado com a sua toxicidade para a saúde pública, para a biodiversidade e para os solos. As lâmpadas ao serem colocados em locais próprios no fim de vida podem recicladas correctamente, retirando dos aterros e das incineradoras este tipo de resíduos que por conterem mercúrio tornam-se resíduos perigosos.

Para que todo o processo de recuperação seja posto em prática torna-se essencial que o fornecedor divulgue junto dos consumidores a importância da recolha das lâmpadas e que disponibilize locais adequados e de fácil acesso a que os consumidores se possam deslocar para colocar as lâmpadas quando estas atingem o seu fim de vida útil, quer contenham mercúrio ou não.

O fornecedor deve também disponibilizar informação junto do consumidor a forma como este deve proceder em casa de quebra da lâmpada que contém mercúrio, uma vez que a libertação de mercúrio para o compartimento do local de quebra pode ter efeitos prejudiciais para a saúde do utilizador.

Nesta base foram estabelecidos três pontos essenciais com atribuição e pontos no critério de gestão de resíduos perigosos, de acordo com a Tabela 22:

Tabela 22. Processo de Avaliação do critério C20 do sistema LiderA

C20 – Gestão de Resíduos Perigosos	Limiares								
	• Estratégias de recolha de produtos com Hg e outros metais pesados – 2 créditos • Informação de onde se deve colocar a lâmpada no fim de vida e o que fazer em caso de quebra (embalagem) – 2 créditos • Informação de onde se deve colocar a lâmpada no fim de vida e o que fazer em caso de quebra (no Website) – 2 créditos								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	6	-	4	-	2	-	-	-	-

4.4.8. Níveis de Iluminação

Os níveis de iluminação variam de acordo com as necessidades do espaço a iluminar, pelo que existem certos factores que têm de ser tidos em conta na escolha de uma nova lâmpada. À partida têm de ser definido o local a iluminar e tem que se ter em conta quais as principais actividades que vão ser realizadas no espaço. O critério dos níveis de iluminação engloba a avaliação do desempenho do produto de iluminação em função do IRC, o tempo de arranque, o tempo de aquecimento, os ciclos ligado/desligado e a possibilidade do fluxo luminoso poder ser regulado.

O IRC é definido como sendo a capacidade que a lâmpada tem em reproduzir fielmente as cores das superfícies e dos objectos, normalmente em comparação com uma lâmpada de tungsténio ou com a luz natural. É medido na escala de índice de reprodução de cores (Ra) que varia de 0 a 100. Uma lâmpada

com IRC de 0 significa que é impossível distinguir as cores e um valor de 100 significa que não existe distorção das cores (Comissão Europeia, 2011).

Tabela 23. Processo de Avaliação do critério C26 – Índice de Reprodução de Cores do sistema LiderA

C26a – Níveis de Iluminação	Limiares – Índice de Reprodução de Cores								
	Capacidade que a lâmpada tem para reproduzir fielmente as cores das superfícies e dos objectos, medidos na escala de índice de reprodução de cores (Ra)								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	[90;100]	[75;90[	[50;75[	[37.5;50[	[25;37.5[	[12.5;25[	[10;12.5[	[5;10[	[0;5[

O tempo de arranque de uma lâmpada é o tempo que uma lâmpada demora a acender depois de ligado o interruptor. O tempo de aquecimento é o tempo que uma lâmpada demora para atingir 60% da luminosidade máxima depois de acesa. Este tipo de informação é essencial no caso das CFLs uma vez que podem demorar até 2 segundos a arrancar e 60 segundos para atingir 60% do fluxo luminoso. É importante ter esta informação em conta quando se adquire um produto novo uma vez que este tipo de lâmpadas não são indicadas para locais como corredores e escadarias devido ao tempo que demoram a acender podendo causar transtornos para os utilizadores.

Os limiares utilizados para a avaliação do tempo de arranque e para o tempo de aquecimento encontram-se indicados na Tabela 24 e Tabela 25.

Tabela 24. Processo de Avaliação do critério C26 – Tempo de Arranque do sistema LiderA

C26b – Níveis de Iluminação	Limiares – Tempo Arranque								
	Tempo que uma lâmpada demora a arrancar expresso em segundos								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	[0; 0.05]	]0.05; 0.125]	]0.125; 0.25]	]0.25; 0.32]	]0.32; 0.375]	]0.375 ;0.44]	]0.44; 0.5]	]0.5; 0.56]	]0.56; ∞[

Tabela 25. Processo de Avaliação do critério C26 – Tempo de Aquecimento do sistema LiderA

C26c – Níveis de Iluminação	Limiares – Tempo Aquecimento								
	Tempo que uma lâmpada demora até atingir 60% do seu fluxo luminoso total								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	[0;6]	]6;15]	]15;30]	]30;37.5]	]37.5;45]	]45;52.5]	]52.5;60]	]60;67.5]	]67.5;∞[

O parâmetro ciclos ligar/desligar é definido como a resistência que uma lâmpada tem à quantidade de ciclos ligado/desligado que está sujeita durante o seu ciclo de vida. Esta informação é importante no caso das CFLs uma vez que não devem ser utilizadas em locais em que sejam frequentemente ligadas e desligadas, como nas casas de banho e nos corredores ou em locais com sensores de movimento. Não é

aconselhável ligar e desligar este tipo de lâmpadas mais de três vezes por dia em média (Comissão Europeia, s.d.) com consequência de as lâmpadas não tingirem o tempo de vida indicado, uma vez que as CFLs perdem o revestimento de electrões no eléctrodo impedindo a lâmpada de criar e manter o arco eléctrico. Esta perda de revestimento ocorre durante a fase de utilização mas é acelerado quando a lâmpada é acesa (Ramroth, 2008)

Para estes locais são mais adequadas lâmpadas que suportam até 1 milhão de ciclos ligar/desligar e outros tipos de lâmpadas que são insensíveis ao número de vezes que são ligadas e desligadas com é o caso das lâmpadas incandescentes melhoradas (Comissão Europeia, s.d.).

Na Tabela 26 encontram-se indicados os valores dos ciclos ligado/desligados utilizados na avaliação deste critério.

Tabela 26. Processo de Avaliação do critério C26 – Ciclos Ligado/Desligado do sistema LiderA

C26 d – Níveis de Iluminação	Limiares – Ciclos Ligado/Desligado								
	Resistência que uma lâmpada tem à quantidade de ciclos ligado/desligado a que está sujeita durante o seu ciclo de vida.								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	[100000; ∞[	[40000; 100000[	[20000; 40000[	[13750; 20000[	[12500; 13750[	[11250; 12500[	[10000; 11250[	[8750; 10000[	[0; 8750[

Alguns tipos de lâmpadas são compatíveis com reguladores da intensidade luminosa, o que permite que o utilizador adapte o fluxo luminoso às suas necessidades. A regulação da intensidade é um factor positivo na utilização da lâmpada uma vez que impede que seja desperdiçada energia por exemplo nas horas em que ainda existe alguma luz natural e não é necessário ter a lâmpada a operar no máximo da sua capacidade de iluminação. A regulação da intensidade contribui para a poupança de energia uma vez que o fluxo luminoso pode ser aumentado à medida que anoitece, e o utilizador pode diminuir a intensidade sempre que as actividades o permitem.

Tabela 27. Processo de Avaliação do critério C26 – Regulação da Intensidade do sistema LiderA

C26e – Níveis de Iluminação	Limiares – Regulação da Intensidade								
	Compatibilidade da lâmpada com reguladores de intensidade luminosa								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	Compatível	-	-	-	-	-	-	-	Não compatível

4.4.9. Baixos Custos no Ciclo de Vida

O critério dos Baixos Custos no Ciclo de Vida consiste numa ACCV do produto em análise, com o objectivo de identificar soluções com elevado desempenho ambiental e com reduzidos custos económicos. A ACCV é muito importante na medida em que permite a comparação dos custos entre vários produtos com funções semelhantes, podendo aliado à eficiência e ao nível de iluminação ser determinante no momento de escolha do produto. O factor económico tem um elevado peso no momento da decisão uma vez que a maior parte dos consumidores quando compra um novo produto dá maior relevância ao preço de aquisição unitário, não considerando todos os custos acrescidos que uma lâmpada tem nas restantes fases da sua vida. Incluir a ACCV na ACV torna-se assim essencial para que o consumidor possa escolher produtos eficientes do ponto de vista económico e ambiental.

Na avaliação dos produtos de iluminação foram analisados os custos na aquisição, na operação e no fim de vida para o fornecimento de 500 lúmen durante 25 000 horas (unidade funcional). Não foram considerados os custos relativos ao transporte das lâmpadas desde o local onde são adquiridas pelo consumidor até ao local de utilização uma vez que depende da distância percorrida, do combustível utilizado, o que não se encontra no âmbito da presente dissertação.

Os Custos de Ciclo de Vida são calculados através da seguinte fórmula:

$$\text{Custos Ciclo de Vida (€)} = \text{Custo Aquisição (€)} + \text{Custo Operação (€)} + \text{Custo Fim Vida (€)} \quad (6)$$

De seguida serão descritos os cálculos efectuados para a obtenção dos Custos de Ciclo de Vida.

Aquisição

Na fase de aquisição da lâmpada é contabilizado o custo de aquisição na unidade funcional, ou seja, para o fornecimento de 500 lúmens durante 25000 horas. A equação utilizada é a seguinte:

$$\text{Custo Aquisição (€)} = \text{Custo Aquisição Unitário (€)} \times UF \quad (7)$$

Operação

Na fase de operação das lâmpadas o custo que ocorre é o relacionado com o consumo de energia:

$$\text{Custo Operação (€)} = \text{Potência (W)} \times 10^{-3} \frac{\text{kW}}{\text{W}} \times 25\,000 \text{ (h)} \times \frac{500}{\text{FluxoLuminoso}} \left(\frac{\text{lm}}{\text{lm}} \right) \times \text{Tarifa Electricidade} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \quad (8)$$

A tarifa considerada foi a tarifa simples de venda a clientes finais em BTN até 20.7 kVA de 0.1393 €/kWh²⁷.

Fim de Vida

De acordo com a Directiva 2002/96/EC todos os produtores de EEE são responsáveis pelo financiamento da gestão dos resíduos provenientes dos seus próprios produtos. Existem valores definidos que o

²⁷ <http://www.edpsu.pt/pt/particulares/tarifasehorarios/BTN/Pages/TarifasBTNate20.7kVA.aspx> Data de último acesso 06/05/2012

produtor paga por unidade e por tipo de tecnologia – EcoTaxa - para que os produtos sejam tratados correctamente quando atingem o fim de vida.

Existe também uma taxa para as lâmpadas de baixa eficiência energética (Eco BEE) de acordo com o Decreto-Lei nº108/2007. Das lâmpadas incluídas no presente estudo apenas as lâmpadas incandescentes são sujeitas a esta taxa, sendo o valor igual para qualquer marca.

No presente trabalho avaliaram-se lâmpadas de três marcas: Philips®, OSRAM® por serem das marcas mais conhecidas nacionalmente e da marca Continente® por ter preços de aquisição mais acessíveis o que pode levar a que os consumidores no momento de escolha optem pelos modelos de marcas mais baratas, pelo que se considerou relevante a sua análise.

Como pode ser verificado pela Tabela 28 os valores da EcoTaxa variam de produtor para produtor. O motivo devido ao qual isso acontece não se insere no âmbito deste trabalho. Até ao momento não foi possível encontrar os valores da taxa para as lâmpadas de marca Continente pelo que foram considerados iguais aos das lâmpadas de marca Philips. Os preços adoptados pelos produtores de EcoTaxa e da Eco BEE são os seguintes (OSRAM, 2010) (Philips, 2012):

Tabela 28. Valores de EcoTaxa e EcoBEE aplicados aos produtos de iluminação

Lâmpada	EcoTaxa (€)		Eco BEE (€)
	Philips®	OSRAM®	
Incandescentes	-	-	0.41
Halogéneo ²⁸	0.14	0.16	-
Fluorescente Tubular	0.14	0.16	-
CFL	0.14	0.16	-
LED	0.12	0.16	-

A equação utilizada para o cálculo dos custos na fase de fim de vida é a seguinte:

$$\text{Custo Fim de Vida (€)} = \text{Taxa (€)} \times UF \quad (9)$$

Os limiares utilizados para a classificação deste critério são os seguintes:

Tabela 29. Processo de Avaliação do critério C40 do sistema LiderA

C40 – Baixos Custos no Ciclo de Vida	Limiares								
	Custo no Ciclo de Vida dos produtos de iluminação na unidade funcional								
	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
	[0; 40]	]40; 100]	]100; 200]	]200; 250]	]250; 300]	]300; 350]	]350; 400]	]400; 450]	]450; ∞[

²⁸ Nos documentos consultados as lâmpadas de halogéneo não estão sujeitas a nenhuma EcoTaxa. No entanto no âmbito do presente trabalho considerou-se uma EcoTaxa igual às restantes lâmpadas.

4.4.10. Condições de Utilização Ambiental

É importante que sejam fornecidas aos utilizadores as condições de utilização ambiental do produto, uma vez que possibilitam uma utilização correcta do ponto de vista ambiental. Para que tal aconteça torna-se essencial que o utilizador seja informado acerca das principais características do produto.

Segundo a Comissão Europeia na Embalagem dos produtos deve constar a seguinte informação (European Commission, 2010): output de luz (W, lm), possibilidade de regular o fluxo luminoso, temperatura de cor em Kelvin (K), tempo de vida útil em horas, nível de energia da União Europeia, temperatura de operação, número de ciclos ligado/desligado que a lâmpada consegue suportar e o tempo que a lâmpada demora até atingir 60% do seu fluxo luminoso. Por esta informação ser considerada essencial, a avaliação deste critério só prossegue no caso da presença de todos estes parâmetros na embalagem. Caso algum não se verifique, a este critério serão atribuídos 0 pontos, o que equivale a um nível de desempenho G de acordo com a Tabela 30.

A informação destes parâmetros é muito importante uma vez que permite que o utilizador tome uma decisão baseada na informação presente na embalagem e permite que o utilizador identifique facilmente a lâmpada que corresponde às suas necessidades. Por exemplo a indicação da temperatura ideal da lâmpada permite que o utilizador saiba rapidamente se a lâmpada é a indicada para o exterior ou interior, porque existem lâmpadas que operam apenas numa determinada gama de valores.

A informação do conteúdo de mercúrio na embalagem e de como proceder em caso de quebra da lâmpada e possível libertação de vapor de mercúrio também devem estar presentes na embalagem para que o utilizador possa saber o que fazer correctamente. A informação do que deve ser feito quando a lâmpada atinge o fim de vida também deve ser esclarecida de simples de modo a informar o utilizador de que a lâmpada pode e deve ser reciclada, de modo a evitar a sua deposição em aterro ou a sua incineração. Na Tabela 30 encontra-se indicado o processo de avaliação deste critério.

Tabela 30. Processo de Avaliação do critério C41 do sistema LiderA

C41 – Condições de Utilização Ambiental	Limiares							
	- Informação na Embalagem - Output de Luz (W, lm), Regulação, Temperatura de cor (K), Durabilidade, Rótulo Europeu, Temperatura de operação, Ciclos de Comutação, Temperatura de aquecimento – 3 créditos (obrigatórios) - Informação do Conteúdo de Hg na Embalagem - 2 créditos - Informação de procedimento em caso de quebra (embalagem) - 1 crédito - Informação de como proceder em caso de fim de vida (embalagem) - 1 crédito - Instruções de utilização e recomendações para utilização correcta do ponto de vista ambiental - 1 crédito							
	A++	A+	A	B	C	D	E	F
	8	7	6	5	4	3	-	-

4.4.11. Critérios não considerados

Neste subcapítulo será feita uma breve referência a parâmetros que deveriam ser incluídos numa ACV dos produtos de iluminação, devido à sua importância no ciclo de vida dos produtos. No entanto estas informações não se encontram acessíveis nas fichas do produto, pelo que não foi possível considerar estes parâmetros no presente trabalho.

Materiais de Baixo Impacte (C14)

No critério de materiais de baixo impacte ambiental deviam ser incluídos a quantidade de materiais perigosos como o chumbo e o cádmio presente nas lâmpadas. Devia também ser considerado, caso se verifique, a percentagem de material reciclado existente nas embalagens dos produtos.

Produção de Resíduos (C19)

Por falta de informação não foram considerados os resíduos produzidos das lâmpadas em si, ou seja, a quantidade de resíduos de lâmpadas produzidos num determinado período de tempo.

Reciclagem de Resíduos (C21)

A quantidade de resíduos reciclados por tonelada produzida, quer das embalagens (plástico e cartão), das próprias lâmpadas e da quantidade de mercúrio recuperado são factores importantes e que devem ser tidos em conta uma vez que a reciclagem evita que sejam produzidos novos materiais evitando a utilização de mais recursos quer materiais quer energéticos.

Controlo de ameaças Humanas (C39)

Na ACV dos produtos de iluminação devia ser considerado se o produto tem protecção contra choques eléctricos, se foi testado por terceiros e registado num Laboratório Certificado ou se suporta picos de tensão.

5. Avaliação de Produtos Sustentáveis

Neste capítulo será apresentado o trabalho de investigação realizado referente à avaliação dos produtos de iluminação em relação aos critérios definidos e categorizados no capítulo anterior.

Após a sistematização dos critérios desenvolvidos, procedeu-se à selecção de um conjunto de produtos para avaliação do seu desempenho sustentável de acordo com os critérios propostos seguindo-se a inserção dos produtos avaliados no catálogo de produtos sustentáveis de acordo com a metodologia LiderA.

5.1. Catálogo de Produtos e Serviços Sustentáveis – Sistematização de acordo com o LiderA

Uma das questões mais abordadas ao Sistema LiderA é a de quais os produtos que devem ser considerados na área da construção uma vez que essa informação não se encontra disponível para consulta. O catálogo de produtos e serviços sustentáveis foi assim desenvolvido em 2010 para disponibilizar ao cliente/consumidor um catálogo com produtos sustentáveis que permitam auxiliá-lo (s) na procura de alternativas sustentáveis que se adoptem de forma acessível e fácil.

O objectivo do catálogo é a criação de uma sistematização dos produtos que procuram a sustentabilidade com vista a suportar a decisão de escolha das soluções para os ambientes construídos e actividades existentes (Pinheiro, 2011).

O catálogo de produtos sustentáveis encontra-se disponível para consulta Online sendo possível que os fornecedores/prestadores de serviços enviem a informação ambiental do seu produto para o responsável do projecto para que o seu produto seja inserido no catálogo online, onde a informação será disponível ao cliente/consumidor que tenha interesse em utilizar produtos sustentáveis. A inserção dos produtos será feita de forma progressiva à medida que a classificação dos produtos nas classes LiderA é efectuada.

São considerados produtos sustentáveis os produtos que tenham como base a lógica estruturante de serem produtos com um bom desempenho ecológico no seu ciclo de vida, que dispõem de um nível equilibrado económico e social (Pinheiro, 2011). A informação do desempenho ambiental do produto, se possui rótulos ou certificações ambientais, estudos de ACV, declarações ambientais do produto entre outras informações relevantes são todos factores necessários para inserção dos produtos.

No catálogo encontram-se disponíveis os produtos que satisfaçam as necessidades do cliente/consumidor, e que assegurem a saúde e bem-estar, pesando na sua decisão de escolha, que cada vez é mais exigente e consciente, o melhor desempenho energético, o menor consumo de água, a menor toxicidade, maior durabilidade e que contribuam para o ambiente, para a sociedade e para a economia local (Pinheiro, 2011). Os produtos disponíveis no site online dirigem-se principalmente aos potenciais utilizadores – projectistas, construtores, responsáveis pelas aquisições, entidades ambientais,

produtores, fornecedores, importadores de outros países (PALOP, Brasil e Espanha) bem como o público em geral (Pinheiro, 2011).

Segundo o Sistema LiderA a sistematização da classificação de produtos sustentáveis pode ser efectuada de duas formas (Pinheiro, 2011):

1. A indicação de qual o desempenho através de um modelo de equiparação a rótulos ou classificações ambientais existentes;
2. Pela classificação e verificação efectuada pelo LiderA.

As linhas gerais para equiparação a rótulos ou classificações ambientais existentes são as seguintes (Pinheiro, 2011):

- a) Declaração ambiental - o produto será enquadrada entre as classes C a A++;
- b) Satisfação de compras ecológicas (em cada um dos dezoito grupos definidos pela U.E.) em que será atribuída em função da respectiva melhoria;
- c) Produtor/fornecedor com sistema de gestão ambiental (SGA) ou declaração de responsabilidade social atribuída a respectiva classe função da melhoria;
- d) Produtos tradicionais, manufacturados com cuidados de sustentabilidade atribuída a respectiva classe função da melhoria;
- e) Rótulos ambientais (tipo I) ou com aprovação credível no mercado de uma terceira parte (função do da sua abrangência nas fases do ciclo de vida e do respectivo desempenho) será atribuída classe C a A++. Por exemplo, a equiparação para o rótulo ecológico é de pelo menos A+.

Para uma classificação e avaliação efectuada pelo LiderA será efectuada uma análise específica que abrange uma avaliação de ciclo de vida e uma opinião pericial para produtos de muito elevado desempenho. A equipa LiderA realiza a verificação das características apresentadas dos produtos/serviços. No caso do Sistema LiderA a abordagem de classificação considera: (i) a abrangência do ciclo de vida, (ii) desempenho do serviço, (iii) aspectos sociais e económicos e (iv) desempenho nos critérios ambientais tais como: consumo de recursos renováveis e não renováveis; potencial de aquecimento global; potencial de depleção da camada de ozono; toxicidade humana e ecológica, contributos para produtos foto químicos (smog); potencial de acidificação; potencial de eutrofização entre outros (Pinheiro, 2011).

A consulta das lâmpadas poderá ser feita através dos seguintes passos:

1. Entrar no site www.4rs.pt
2. Seleccionar Menu> Catálogo de Produtos> Produtos para construção e reabilitação> Sistemas eléctricos e de iluminação

Na ficha de cada produto apresentado no Catálogo de Produtos Sustentáveis encontram-se os seguintes campos: descrição, aspectos de desempenho sustentável do produto, dados do fornecedor e classificação do produto.

5.2. Método de Avaliação dos Produtos

Os produtos de iluminação são avaliados segundo a metodologia LiderA e enquadrados nas classes existentes de G a A⁺⁺ com base na categorização dos critérios propostos.

No modelo desenvolvido foram atribuídas percentagens para cada critério proposto. Para ajustar a ponderação dada a cada um dos critérios sugeridos foram realizados vários cenários de forma a determinar qual a ponderação ajustada para o conjunto dos critérios de forma a que o resultado final seja fiel à realidade.

No Cenário base distribuíram-se os pesos de forma igual, ou seja, para os dez critérios em avaliação foi dado um peso de 10% a cada e para o caso do critério 26 (níveis de iluminação) que contém 5 subcritérios cada um teve a ponderação de 2%.

Os Cenários 2, 3 e 4, denominados de agora em diante por cenário social, económico e ambiental respectivamente, foram definidos com base na Tabela 9, sendo que para cada cenário foi dado maior peso aos critérios mais relevantes de cada área, com o objectivo de verificar a influência de cada área na classificação das lâmpadas. Por exemplo, no cenário económico foi dado mais peso ao critério relativo aos baixos custos no ciclo de vida por ter um âmbito mais relacionado com a área económica.

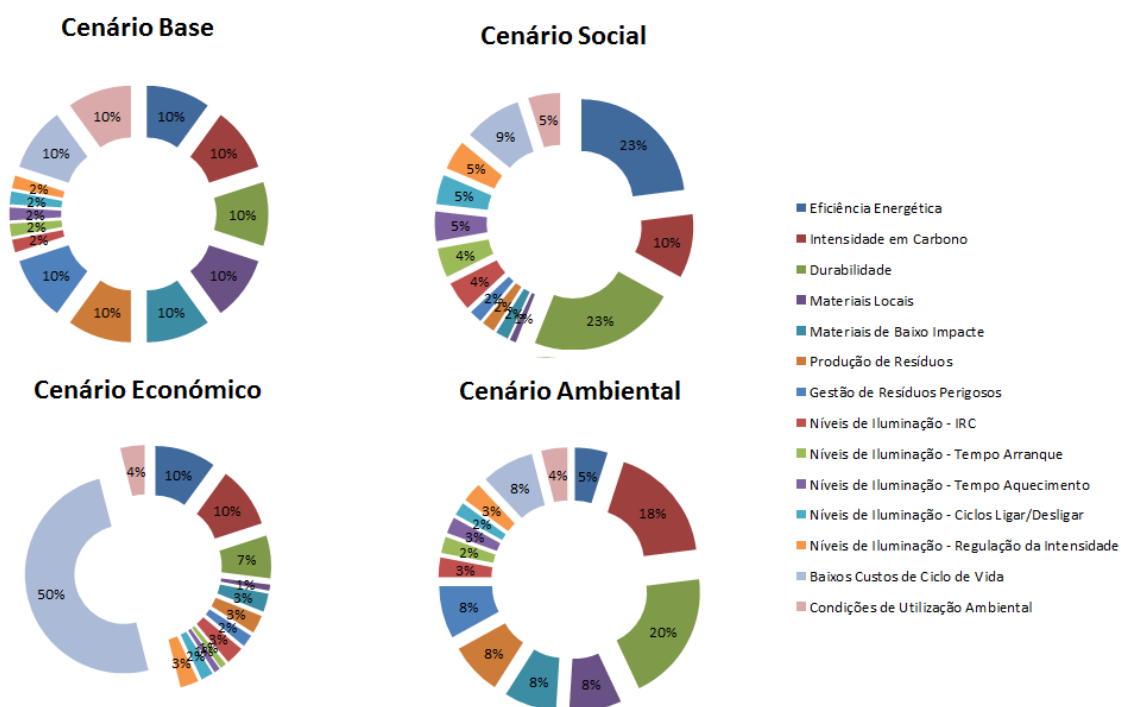


Figura 30. Ponderações propostas para os vários cenários estudados

Realizou-se também um cenário de acordo com os pesos dados pela metodologia LiderA a cada vertente e a cada área, de acordo com os valores indicados na Tabela 4. Através dos pesos dados pelo Sistema LiderA foi feita uma distribuição apenas para os critérios propostos, tendo-se obtido os resultados presentes na Figura 31.

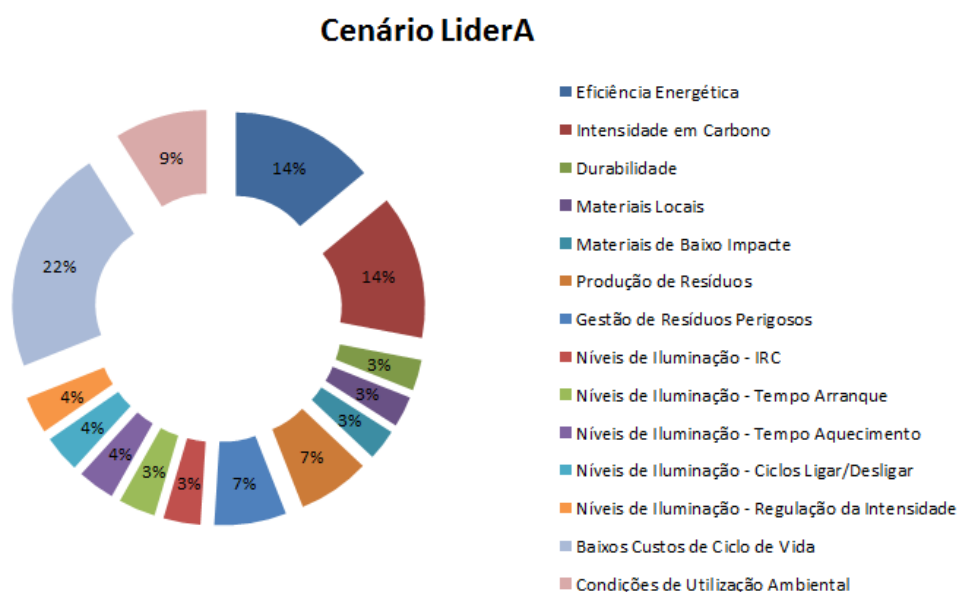


Figura 31. Ponderação dos critérios de acordo com a metodologia LiderA

Através da análise dos pesos obtidos para cada critério proposto de acordo com a metodologia LiderA verifica-se que o critério da Durabilidade tem pouco peso (apenas 3%) tendo em conta o objecto de estudo. O critério da durabilidade no caso de estudo das lâmpadas tem elevada importância uma vez que no mercado estão disponíveis várias tecnologias com diferentes tempos de vida útil e a escolha de produtos com maior durabilidade contribui para a diminuição de consumo de lâmpadas, para a diminuição do consumo de matérias-primas necessárias na produção das lâmpadas e contribui para a diminuição de resíduos produzidos. Assim sendo foi feito um ajustamento dos pesos dos critérios propostos de forma a que o tempo de vida útil das lâmpadas tenha um maior peso na ponderação final do método de classificação, tendo-se definido o cenário final com as ponderações indicadas na Figura 32.

Cenário Final

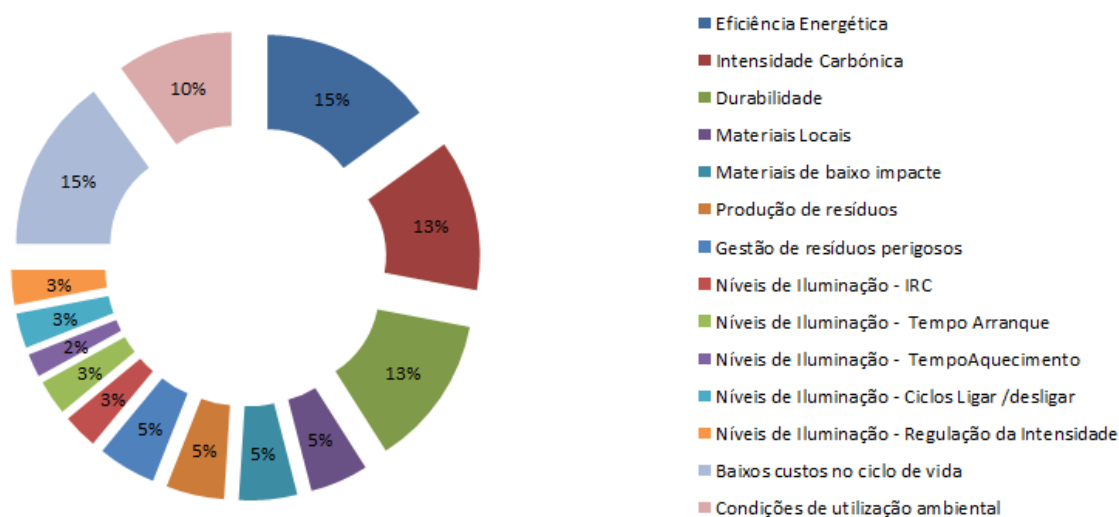


Figura 32. Ponderação final para os critérios propostos

Os resultados finais são obtidos através da ponderação do peso de cada critério proposto com o peso que cada classe tem de acordo com os factores de desempenho da metodologia LiderA, de acordo com a Tabela 31:

Tabela 31. Factores de Desempenho considerados para cada nível de classificação de acordo com a metodologia do Sistema LiderA

Nível de Desempenho	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Factor de Desempenho	1.9	1.75	1.5	1.375	1.25	1.125	1	0.875	0.75

5.3. Conjunto de Produtos Avaliados

No trabalho de pesquisa efectuado foi feita uma pesquisa aos principais produtos de iluminação existentes no mercado para efeitos de iluminação de edifícios. Para tal foi feito um levantamento junto dos locais de venda dos principais modelos e marcas disponíveis tendo-se optado por avaliar lâmpadas das marcas Philips®, OSRAM® e Continente®. O interesse do estudo das lâmpadas de marca Continente prende-se com o facto de que estas lâmpadas terem preços mais acessíveis sendo a opção para muito consumidores na altura da compra, pelo que torna-se importante a sua inclusão no estudo realizado.

A escolha final dos produtos de lâmpadas foi feita de forma a incluir os principais produtos disponíveis no mercado e utilizados pelos consumidores nos seus edifícios, incluindo-se modelos das lâmpadas incandescentes, halogéneo, fluorescente tubulares, compactas fluorescentes e as LED. Pretendeu-se com os modelos seleccionados abranger todas as gamas de produtos disponíveis no que diz respeito às potências, níveis de iluminação assim como o tipo de casquilho.

Os dados utilizados na avaliação do desempenho sustentável das lâmpadas foram obtidos através da informação disponibilizada pelos produtores nos sites online, onde a maior parte da informação pode ser consultada, nos catálogos dos produtos disponíveis pelas marcas online.

Algumas das informações consideradas foram obtidas através do levantamento da informação junto das superfícies que comercializam as lâmpadas, uma vez que não se encontram disponíveis nas fichas de produtos e nas páginas online dos produtos. Foi o caso da informação contida na embalagem e do local onde os produtos são fabricados.

Nas fichas de produto online as informações fornecidas ao consumidor são semelhantes entre os produtores, apresentando de uma forma geral as seguintes informações:

- Características Gerais: Nesta secção é indicada a informação acerca do casquilho, do formato do bulbo e do seu acabamento (fosco ou claro) e o tempo de vida esperado em horas e em anos;
- Características Técnicas da Luz: Local onde se encontram descritos o IRC, a temperatura de cor, o fluxo luminoso, a eficiência luminosa da lâmpada e o factor de manutenção do fluxo luminoso da lâmpada no fim do tempo de vida nominal;
- Características Eléctricas: Potência Média da Lâmpada, a Tensão que suporta, se a intensidade é regulável ou não, o tempo de arranque e o de aquecimento são algumas das características indicadas nesta secção;
- Características Ambientais: nesta secção verificam-se as informações acerca da etiqueta de eficiência energética e o conteúdo de mercúrio da lâmpada;
- Condições de Medição: apresentada a quantidade de ciclos ligar/desligar que uma lâmpada suporta durante o seu ciclo de vida;

- **Dimensões do Produto:** são apresentadas as dimensões da lâmpada como o seu comprimento total, o diâmetro do bulbo e a largura;
- **Dados do Produto:** O peso, o nome do produto, o código de barras do produto e o código de encomenda encontram-se descritos nesta secção.

Algumas fichas de produtos indicam se devem ser tomadas algumas considerações extra para garantir o bom desempenho do produto e algumas têm também indicações importantes de segurança e para o ambiente.

No Catálogo de Produtos e Serviços Sustentáveis é disponibilizada a seguinte informação:

Desempenho sustentável: Indicação das principais características do produto em relação à eficiência energética, durabilidade, consumo de energia, intensidade luminosa, custos no ciclo de vida entre outros factores característicos do desempenho da lâmpada.

Fornecedor: Informação da marca do produto e das principais informações relativas ao fornecedor como a morada, o web-site, o contacto electrónico.

Descrição do Produto: Descrição das principais características do produto e da sua aplicabilidade.

Classificação: Nesta secção é indicado o nível de desempenho atribuído à lâmpada após classificação pelo método desenvolvido assente na metodologia LiderA.

Alguns dos aspectos indicados anteriormente não foram considerados na avaliação dos produtos visto não representarem grande relevância na categorização dos critérios desenvolvidos.

6. Aplicabilidade dos Resultados Obtidos

Como caso de aplicação dos produtos classificados neste capítulo proceder-se-á ao estudo de dois casos de aplicação para as lâmpadas avaliadas. Será feita uma análise ao Edifício HEXA e uma a possibilidade de substituição de todas as lâmpadas existentes na Torre Sul do Instituto Superior Técnico (IST). A análise é feita com base nas necessidades de iluminação e cada espaço e numa ACCV.

6.1. Edifício HEXA

Um dos casos de estudo propostos é o projecto HEXA que é um edifício desenvolvido pelo Professor Manuel Duarte Pinheiro e a sua equipa do LiderA. O edifício HEXA é um caso ilustrativo de aplicação para o desenvolvimento de abordagens de sustentabilidade, consistindo num quarteirão constituído por doze edifícios tipo aos quais são aplicados os critérios do sistema LiderA. O edifício tipo é constituído por seis pisos acima do terreno e por duas caves (pisos de estacionamento e arrumos). Cada piso, entre o 1º e o 5º andar é composto por dois apartamentos de habitação multifamiliar de tipologia T3, com três quartos, uma sala, uma cozinha e duas instalações sanitárias (Real, 2010).



Figura 33. – Quarteirão tipo do projecto HEXA (imagem da esquerda) e Alçado principal do edifício (imagem da direita) (Real, 2010)

Propõe-se a escolha de tipos de lâmpadas para cada divisão de um apartamento tipo através de critérios que devem ser tidos em conta na escolha dos produtos a colocar em cada divisão. A escolha da lâmpada deve ser feita conforme as necessidades de cada espaço de acordo com o seguinte:

Tabela 32. Critérios a considerar na aquisição de uma nova lâmpada (Deco, 2011)

Divisão	Local/Ação	Lâmpada	Potência (W)	Intensidade Luminosa (lm)	Observações
Sala de Estar e Jantar	Candeeiro Tecto	CFL	20 a 25	1 200 a 1 700	Várias lâmpadas com diferentes fluxos luminosos para criar áreas versáteis
	Parede	2 a 3 CFL	11	650 (cada)	
	Ler, Estudar, Pintar, Costurar	Halogéneo	35	500	
Cozinha	Mesa de Refeições	CFL não reflectora	11 a 15	650 a 850	Um único candeeiro é desadequado porque ao trabalhar na bancada, lava-louça ou fogão o corpo provoca sombras
	Tecto	Fluorescentes Tubulares	2 de 45 W ou 1 de 39 W	3 000	
Casa de Banho	Espelho	Halogéneo	20		Uma lâmpada de cada lado. Boa Reprodução de Cores.
	Tecto	CFL	15		Lâmpadas com elevados Ciclos Ligado/Desligado
Quarto	Roupeiro	Pequenas Lâmpadas LED			
	Tecto	CFL	15	850	Lâmpada com regulador de intensidade para os diferentes usos e um interruptor junto à cabeceira
Escadarias					CFL desaconselhadas porque têm atrasos nos arranques



Figura 34. Planta do piso tipo – Edifício HEXA (Pinheiro, Setembro 2010)

Na Tabela 33 encontram-se propostas do tipo de lâmpadas que podem ser utilizadas em cada divisão do apartamento tipo do edifício HEXA escolhidas de acordo com os critérios indicados na Tabela 32.

Tabela 33. Lâmpadas sugeridas para o apartamento tipo do edifício HEXA

Divisão		Principais Características								
		Acrónimo	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)	Eficiência Energética (lm/W)	Durabilidade (horas)	Ciclos Ligar/Desligar	Custo Aquisição Unitário (€)	CCV (€)	Nível Desempenho
Quarto (3)	Roupeiro	P LED 5	340	7	49	40 000	SV	96,24	195	A
	Mesa Cabeceira	P LED 1	136	3	45	20 000	15 000	42,78	312	A
	Tecto	P CFL 4	700	13	54	8 000	20 000	59,94	231	A
Sala	Tecto	O CFL 1	1 440	22	65	20 000	50 000	14,96	33	A
	Parede	P CFL 4	700	13	54	8 000	20 000	19,98	77	A
Cozinha	Mesa	P CFL 4	700	13	54	8 000	20 000	19,98	77	A
	Tecto	P F 4	3 350	36	93	54 000	SV	9,26	19	A
Casa de Banho (2)	Espelho	P H 3	200	20	10	2 000	8 000	4,70	504	C
	Tecto	P CFL 4	700	13	54	8 000	20 000	39,96	154	A
Escadaria		P LED 5	340	7	49	40 000	SV	32,08	65	A

Na Tabela 33 o acrónimo utilizado significa o seguinte: a primeira letra diz respeito à primeira letra do fabricante da lâmpada (P para Philips, O para OSRAM); as letras no meio representam o tipo de lâmpada (por exemplo, F é uma lâmpada fluorescente e H de halógeno); o número é utilizado simplesmente para numerar o tipo de lâmpada por produtor.

No quarto e na casa de banho os custos foram considerados a triplicar e a dobrar devido à existência de 3 quartos e de 2 casas de banho no apartamento, respectivamente. Para as lâmpadas seleccionadas o custo de aquisição é de 340 € e no Ciclo de Vida para o fornecimento de 500 lúmens durante 25 000 horas o custo é de 1667 €. De referir que das lâmpadas seleccionadas apenas uma das soluções propostas (P H 3) obteve classificação LiderA C.

6.2. Torre Sul do Instituto Superior Técnico

Como caso de estudo para aplicação dos produtos avaliados escolheu-se a Torre Sul do IST que entre os 12 pisos que a compõem, entre Corredores, Casas de Banho, Salas, Anfiteatros, Laboratórios e Gabinetes apresenta a seguinte distribuição de produtos de lâmpadas:

Tabela 34. Quantidade de lâmpada Fluorescentes existentes na Torre Sul do IST

	Lâmpadas Fluorescentes		
	18 W	36 W	58 W
Lâmpadas (total)	52	1616	66

As características das lâmpadas essenciais à ACCV são as seguintes:

Tabela 35. Características das Lâmpadas Fluorescentes presentes na Torre Sul do IST

Potência (W)	Custo Aquisição (€)	Fluxo luminoso (lm)	EcoTaxa (€)	Tempo Vida (h)
18	9,26	1 350	0,14	54 000
36	9,26	3 350	0,14	54 000
58	10,52	5 200	0,14	54 000

De entre o conjunto de lâmpadas seleccionadas para avaliação em níveis de desempenho foram seleccionadas duas lâmpadas, uma CFL e uma LED. As lâmpadas foram seleccionadas principalmente com base no fluxo luminoso uma vez que se pretende substituir a mesma intensidade luminosa existente em cada divisão da Torre Sul. Convém referir que quer as lâmpadas CFL seleccionadas quer as três lâmpadas fluorescentes existentes na Torre Sul obtiveram classificação e desempenho sustentável nível A. No que diz respeito à lâmpada LED não foi possível obter todos os valores necessários para a sua avaliação. As lâmpadas sugeridas para substituição das lâmpadas fluorescentes existentes são as seguintes:

Tabela 36. Características das lâmpadas sugeridas para substituição na Torre Sul no IST

Lâmpada	Potência (W)	Custo Aquisição (€)	Fluxo luminoso (lm)	EcoTaxa (€)	Tempo Vida (h)
LED	7	24.93	500	0,12	45 000
CFL	20	18.33	1 150	0,16	10 000

Para a avaliação das lâmpadas fluorescentes existentes na Torre Sul procedeu-se a uma ACCV para cada tipo de lâmpadas segundo os seguintes cálculos:

$$\text{Custos Aquisição (€)} = \text{Custo Aquisição (€)} \times \text{N}^{\circ}\text{Lâmpadas} \times \frac{25000 \text{ (h)}}{\text{Duração (h)}} \quad (10)$$

$$\text{Custos Operação (€)} = \text{N}^{\circ}\text{Lâmpadas} \times \text{Potência (W)} \times 10^{-3} \left(\frac{\text{kW}}{\text{W}} \right) \times 25\,000 \text{ (h)} \times \text{Tarifa Electricidade} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \quad (11)$$

Foi considerada a tarifa simples de venda a clientes finais em BTN até 20.7 kVA de 0.1393 €/kWh.

$$\text{Custos Fim de Vida (€)} = \text{N}^{\circ}\text{Lâmpadas} \times \text{EcoTaxa (€)} \times \frac{25\,000 \text{ (h)}}{\text{Duração (h)}} \quad (12)$$

Para as lâmpadas da Tabela 36 os cálculos foram realizados para fornecer a mesma intensidade luminosa existente actualmente em cada divisão da Torre Sul, durante 25 000 horas. Por exemplo, se uma divisão possui 4 lâmpadas de 18 W que fornecem 1 350 lm cada, perfaz um total de 5 400 lúmens na divisão. Para perfazer 5 400 lúmens são necessárias 10.8 lâmpadas LED (5400 lm/500 lm).

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 37. Análise de Custo de Vida para as lâmpadas fluorescentes existentes na Torre Sul do Instituto Superior Técnico e para as soluções propostas

Lâmpada	Custo Aquisição (W)	Custo Operação (€)	Custo Fim de Vida (€)	ACCV (€)
Torre Sul IST	10 488.85	219 188.55	112.39	229 789.79
LED	161 407.9	284 095.39	776.93	446 280.22
CFL	232 193.28	352 913.52	2 026.78	587 133.59

Na Figura 35 encontram-se as percentagens da contribuição do custo de cada fase de vida das lâmpadas fluorescentes existentes na Torre Sul no seu custo total.

ACCV Lâmpadas Fluorescentes - Torre Sul, IST

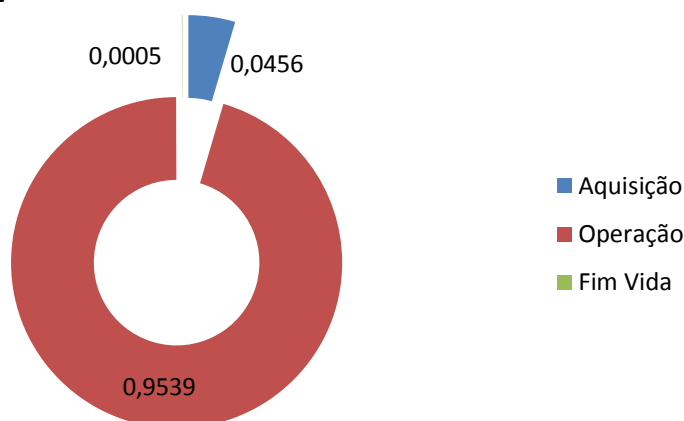


Figura 35. Ponderação do custo de cada fase do ciclo de vida considerada para as lâmpadas fluorescentes da Torre Sul do IST

Após análise dos resultados da Tabela 37 conclui-se que as lâmpadas existentes na Torre Sul são a melhor solução a nível económico, uma vez que após cálculo dos CCV para os três cenários estudados continuam a ser a solução mais económica para uma avaliação de 25 000 horas.

7. Discussão dos Resultados

Os critérios propostos para a avaliação do desempenho sustentável dos produtos de iluminação têm elevada importância a nível ambiental, uma vez que permitem ao consumidor escolher produtos com base no desempenho sustentável, contribuindo assim para a preservação do ambiente e para a diminuição dos impactos ambientais que advêm da utilização destes produtos.

Através dos resultados obtidos verifica-se que a metodologia do sistema LiderA utilizada na sistematização dos critérios é suficiente para a classificação sustentável dos produtos de iluminação, uma vez que permite classificar a lâmpadas nas vertentes ambiental, social e económica com base nas principais características destes produtos. A metodologia LiderA dispõe dos critérios essenciais à classificação dos produtos, englobando quase todos os pontos cruciais no ciclo de vida das lâmpadas. A principal limitação da classificação das lâmpadas em níveis de desempenho sustentável passa pela falta de informação disponível pelos produtores nas fichas dos produtos, sendo que muita da informação que poderia ser incluída não se encontra disponível ou com fácil acesso, prejudicando por vezes a avaliação do desempenho das lâmpadas. A existência de poucos documentos de ACV e o facto de não ter sido possível encontrar declarações ambientais do produto disponíveis para consulta limita o estudo efectuado, uma vez que poderiam conter informação relevante para o presente estudo. No entanto a falta de informação disponível não condicionou a categorização da sistematização de critérios proposta.

A nível de ciclo de vida das lâmpadas não foram abordados os aspectos relacionados com a extracção das matérias-primas, não sendo contabilizada a energia, a produção de resíduos, os impactos ambientais ou os custos gastos na sua extracção, processamento e transporte.

A nível de fabricação dos produtos de iluminação apenas foi possível realizar uma estimativa das emissões de CO₂ para a atmosfera através dos valores de energia gastos na sua produção num estudo de ACV dos produtos de iluminação realizado pela OSRAM, *Opto Semiconductores* (OSRAM & Siemens, 2009). Não foi possível contabilizar a produção e posterior reciclagem de resíduos ou a aplicabilidade de processos de reciclagem e de reutilização dos constituintes das lâmpadas no processo de fabricação, devido à dificuldade de contabilização destes processos uma vez que dependem da atitude do consumidor.

Em termos de durabilidade não foi possível incluir na avaliação o Factor de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada, que é a razão entre o fluxo de luz emitido pela lâmpada num certo tempo na sua vida e o fluxo inicial, uma vez que esta informação está disponível para várias horas não havendo conformidade entre os vários produtos.

Dos materiais perigosos utilizados na fabricação e presentes nas lâmpadas apenas foi possível incluir o mercúrio por ser o único cuja informação se encontra disponível nas fichas de produtos. Não foi encontrada informação acerca do conteúdo de chumbo, cádmio ou de outros materiais com efeito nocivo no ambiente.

Um dos critérios do sistema LiderA com maior importância em relação aos resíduos também não foi incluído por falta de informação – o critério da reciclagem de resíduos. A sua inclusão é bastante difícil uma vez que a quantidade de resíduos reciclados depende sempre da atitude do utilizador quando os produtos atingem o fim de vida. A quantidade de cartão e plástico reciclados incluídos na embalagem, a recuperação e reutilização de mercúrio quando as lâmpadas atingem o fim de vida e a reciclagem das lâmpadas são factores com elevada importância no ciclo de vida das lâmpadas, uma vez que permitem a redução da quantidade de materiais utilizados e contribuem para o fecho do ciclo dos materiais em questão. Todos estes factores devem ser incluídos para a realização de uma ACV completa, no entanto no presente trabalho a sua inclusão não foi possível por falta de dados.

No desenvolvimento do método de classificação foram considerados todos os critérios essenciais à avaliação de entre os critérios presentes na metodologia LiderA, estando representadas quatro das seis vertentes e dez dos quarenta e três critérios do sistema LiderA. Os critérios seleccionados englobam as dimensões social, ambiental e económica possibilitando uma análise sustentável adequando-se ao objectivo do presente estudo da procura de produtos com desempenho sustentável, o que representa uma mais valia para o consumidor que pretenda fazer uma escolha informada e sustentada.

A inclusão do critério dos custos de ciclo de vida é uma mais valia para todo o processo de avaliação de desempenho sustentável uma vez que a principal preocupação do consumidor no momento de compra são os custos associados ao produto, principalmente o custo de aquisição. No momento de compra o preço de aquisição pode ser muitas vezes o factor de exclusão e que por vezes pode ser a diferença entre a compra de um produto mais sustentável ou um que apresenta pior desempenho ambiental no ciclo de vida. A maior parte dos consumidores quando se deslocam a uma superfície comercial nem consideram os custos da fase de operação da lâmpada, não contabilizando que para os modelos mais eficientes disponíveis no mercado e que apresentam custos superiores, os valores gastos em electricidade são muito menores em relação a um produto com baixo custo de aquisição mas com péssimo desempenho ambiental. É o caso das lâmpadas LED em relação às lâmpadas incandescentes, sendo apresentada na Tabela 38 uma breve comparação entre a ACCV dos dois produtos.

Tabela 38. Comparação da Análise de Custos de Ciclo de Vida de uma lâmpada Incandescente de uma lâmpada LED na Unidade Funcional (fornecimento de 500 lm durante 25000 horas)

Acrónimo	Custo Aquisição Unitário (€)	Custo Aquisição na UF (€)	Custo Operação na UF (€)	Custo Fim de Vida na UF (€)	Custo Ciclo de Vida na UF (€)	Nível Desempenho Sustentável
P I 1	1.33	77.33	202	23.84	304	E
P LED 3	16.68	23.17	28	0.28	51	A

Através da análise da Tabela 38 verifica-se que a aquisição de uma lâmpada incandescente que tem um preço cerca de dez vezes menor ao da LED apresenta um custo de ciclo de vida aproximadamente 600% superior ao da LED, sendo que a lâmpada LED tem um desempenho 2 vezes superior.

Através dos resultados obtidos para a ACCV dos produtos seleccionados (Tabela 47, Figura 39) verifica-se que para a unidade funcional seleccionada (fornecimento de 500 lúmens durante 25 000 horas) a lâmpada mais económica do grupo avaliado é uma lâmpada fluorescente da marca Philips (acrónimo P F 4) com um custo de 19 € no decorrer do ciclo de vida. Este resultado deve-se ao facto de esta lâmpada possuir elevada durabilidade (54 000 h) e elevado fluxo luminoso (3 350 lm) o que faz com que sejam apenas necessárias 0.07 lâmpadas para satisfazer as condições da unidade funcional. A lâmpada com maiores custos durante o ciclo de vida (318 €) é uma lâmpada incandescente de marca Philips (acrónimo P I 2) uma vez que são necessárias 57.5 lâmpadas para satisfazer a unidade funcional seleccionada, uma vez que a lâmpada possui baixa durabilidade (1 000 horas, sendo necessárias 25 lâmpadas para atingir 25 000 h) e baixo fluxo luminoso (215 lm, sendo que para atingir 500 lm são necessárias 2.3 lâmpadas).

Através da análise dos resultados obtidos para a amostra de lâmpadas apresentada (Tabela 45) verifica-se que a maior parte dos produtos apresentam desempenho sustentável superior à prática usual. Verifica-se por parte dos produtores uma preocupação em desenvolver produtos sustentáveis, sendo que a Philips® tem disponível no seu site online secções destinadas a lâmpadas economizadoras de energia²⁹ com disponibilização de informação ao consumidor acerca das vantagens da aquisição deste tipo de produtos.

A ponderação considerada na categorização dos critérios propostos foi efectuada através da realização de um cenário base em que todos os critérios apresentam o mesmo peso percentual e a análise de três cenários – ambiental, social e económico – onde foi dada mais ênfase aos critérios com maior incidência em cada uma das áreas. Para determinação do cenário final foi efectuada uma calibração de modo a que os resultados obtidos estejam de acordo com a prática verificada actualmente, ou seja, sabe-se que as lâmpadas incandescentes apresentam um pior desempenho sustentável em relação às restantes tecnologias, motivo pelo qual estão a ser retiradas gradualmente do mercado.

A inclusão das lâmpadas incandescentes no grupo de produtos avaliados teve como objectivo a comparação do desempenho sustentável destes produtos com as versões mais eficientes que estão disponíveis no mercado actualmente.

Em relação aos dados recolhidos, por vezes não foi possível obter informação para todos os critérios propostos para cada tipo de produto seleccionado, pelo que quando a informação não estava disponível o critério obtém a pior classificação possível – Classe G.

Através dos resultados obtidos, que podem ser consultados na tabela presente no Anexo III (Tabela 45), verifica-se que as lâmpadas incandescentes são as que possuem pior desempenho ambiental (classe E) resultando, tendo obtido na maioria dos critérios avaliados classificações mais baixas, como foi o caso da eficiência energética, durabilidade, sendo que em alguns critérios estas lâmpadas no geral obtiverem

²⁹ <http://www.philips.pt/c/-/16552/cat/>

boas classificações – Presença de materiais perigosos devido à inexistência de mercúrio na sua composição, boa reprodução de cores e possibilidade de regular a intensidade luminosa.

Os melhores resultados foram obtidos nas lâmpadas CFL e LED, que obtiveram na maioria classificação A, sendo as melhores tecnologias disponíveis em relação à sustentabilidade no conjunto de produtos avaliados.

Em relação aos CCV verifica-se uma relação entre as lâmpadas com pior desempenho sustentável e as lâmpadas com custos mais elevados no ciclo de vida, assim como que as lâmpadas com menores custos de ciclo de vida apresentam um desempenho ambiental superior, como pode ser verificado na Figura 40. Esta relação preço/desempenho ambiental da lâmpada está relacionado principalmente com os custos de energia durante a fase de utilização da lâmpada, uma vez que lâmpadas mais ineficientes energeticamente têm gastos superiores em electricidade. As lâmpadas com melhores desempenhos ambientais são mais eficientes energeticamente o que resulta em menores custos durante o ciclo de vida. No entanto as lâmpadas com melhor desempenho sustentável apresentam maiores custos de aquisição, mas que rapidamente são compensados na fase de utilização por menores custos com a electricidade.

O produto de iluminação ideal é um produto que tenha um bom nível de qualidade aliado a um bom desempenho ambiental, social e económico, ou seja, que tenha custos acessíveis no ciclo de vida, que apresente um baixo consumo energético para diminuir a quantidade de electricidade consumida o que contribui para a diminuição de consumo de energias não renováveis e para a diminuição de emissão de GEE entre outros.

A análise de desempenho dos produtos a nível sustentável foi realizada apenas para um pequeno grupo de produtos, quando comparada com a quantidade de lâmpadas disponíveis actualmente no mercado. Desde o desenvolvimento da primeira lâmpada em 1879 pela invenção de Thomas Edison, que têm sido desenvolvidas muitas tecnologias de lâmpadas, pelo que existem muitos produtos, de muitas marcas no mercado. Não sendo possível a avaliação de tamanha quantidade de lâmpadas disponíveis no mercado foram seleccionados 37 produtos entre três marcas.

8. Conclusões e Recomendações Futuras

Na Europa mais de 2.6 milhões de lâmpadas são vendidas anualmente. Se apenas 5% destas lâmpadas vendidas anualmente na Europa fossem rotulados pelo Rótulo Ecológico da União Europeia, a poupança de energia evitaria a emissão de 6 209 800 toneladas de CO₂ por ano (equivalente a um automóvel dar 952 000 vezes a volta à Terra) (Comissão Europeia, s.d.), o que demonstra a importância da avaliação dos produtos de iluminação.

A investigação apresentada no presente trabalho demonstra a importância da necessidade de certificação dos produtos de iluminação assim como as áreas em que se podem verificar progressos, nomeadamente no que diz respeito à disponibilização de informação por parte dos produtores de forma a possibilitar o desenvolvimento de métodos de certificação mais completos e rigorosos. Foi também demonstrado o processo que deve ser realizado para que se atinja o objectivo proposto, sendo no entanto escassa a informação a nível internacional sobre o assunto em estudo.

Após análise dos resultados obtidos podem ser retiradas as seguintes conclusões.

A falta de informação disponibilizada condiciona o desenvolvimento do método, uma vez que torna a avaliação incompleta por não serem incorporados todos os aspectos essenciais e importantes do ciclo de vida das lâmpadas, não condicionando no entanto os resultados obtidos.

Após realização do presente estudo conclui-se que alguma da legislação que diz respeito às lâmpadas devia ser revista, nomeadamente em termos da informação disponibilizada aos consumidores através do rótulo ecológico. Para além das principais características da lâmpada em termos de características de luminosidade, deviam estar presentes na própria embalagem ou através de folhetos explicativos, informação mais detalhada acerca da presença ou ausência de mercúrio nas lâmpadas, e principalmente deveria ser facultada aos consumidores informação acerca de como proceder em caso de quebra de lâmpada e onde a lâmpada deve ser colocada após quebra e quando atinge o fim de vida. Deveria ser fornecida informação detalhada de como o consumidor deve proceder, se precisa de luvas quando manuseia uma lâmpada partida e se os utensílios que utilizada para gerir os resíduos, como a pá e a vassoura, se podem ou não ser reutilizados, uma vez que ainda existem muitos consumidores que não sabem como proceder nestas situações.

O Rótulo ecológico comunitário não é o método mais exigente em relação a outros métodos existentes actualmente no que diz respeito à certificação de produtos de iluminação, uma vez que não engloba a maior parte dos critérios essenciais a uma avaliação completa de ciclo de vida dos produtos de iluminação.

Conclui-se que a ACV é o método mais eficiente na avaliação do desempenho ambiental dos produtos quando é possível ter acesso às informações completas do ciclo de vida do produto.

Justifica-se o âmbito proposto para o desenvolvimento do presente trabalho, uma vez que não existem muitos estudos na área da certificação dos produtos, sendo uma área pouco aproveitada embora os primeiros rótulos tenham aparecido há quase 30 anos. Não se verifica muita divulgação das vantagens dos produtos certificados e apenas uma pequena percentagem da população tem conhecimento da importância da utilização de produtos sustentáveis.

A metodologia LiderA dispõe de todos os critérios necessários a uma avaliação completa dos produtos, uma vez que dispõe de critérios que englobam todos os pontos principais, mesmo que por vezes os critérios tenham de ser adaptados para os produtos em questão.

Conclui-se a necessidade da implementação do método prático desenvolvido a nível nacional uma vez que a informação disponibilizada é escassa e a informação que existe actualmente nas embalagens das lâmpadas não é suficiente para uma compra de produto mais ecológica. Embora já seja disponibilizada muita informação nas embalagens das lâmpadas e a maior parte dos produtos já ter indicação do nível de energia, alguns pontos essenciais não são indicados como o custo total da lâmpada durante o seu ciclo de vida (Custo de Ciclo de Vida) o que por vezes pode levar à compra de produtos mais ineficientes apenas porque o custo de aquisição é mais acessível.

De acordo com a metodologia do Sistema LiderA foram seleccionados os seguintes critérios: Eficiência Energética e Certificação Energética, Intensidade em Carbono, Durabilidade, Origem dos Materiais (Materiais Locais), Materiais de baixo Impacte, Produção de Resíduos, Gestão de Resíduos Perigosos, Níveis de Iluminação, Baixos Custos de Ciclo de Vida e as Condições de Utilização Ambiental. De entre os critérios LiderA estes são os que melhor se adaptam ao âmbito do trabalho e para os quais é possível obter informação. No futuro espera-se que seja possível incluir no método prático desenvolvido a presença nas lâmpadas de outros materiais tóxicos para além do mercúrio, como por exemplo a quantidade de chumbo, a quantidade de resíduos produzidos pelas lâmpadas, a quantidade de lâmpadas que é possível reciclar na unidade funcional e se os produtos de iluminação possuem controlo de ameaças humanas (por exemplo se estão preparadas para suportar picos de tensão).

O método prático desenvolvido permite que sejam identificados os produtos com melhor desempenho ambiental no conjunto de produtos disponibilizados no mercado que desempenhem as mesmas funções, sendo uma vantagem para os consumidores que queiram optar por produtos mais ecológicos, visto que muitas vezes os consumidores não optam por escolhas mais sustentáveis por falta de informação no momento de compra. A disponibilização da informação obtida em relação à categorização do nível de desempenho ambiental dos produtos permite que um produtor, consumidor ou qualquer parte interessada identifique facilmente os produtos mais eficientes (e em quais os parâmetros o produto se verifica mais eficiente) que existem no mercado para o ambiente construído.

Conclui-se que as lâmpadas incandescentes são as menos sustentáveis existentes no mercado devido à baixa eficiência energética e baixa durabilidade, o que é sustentado através dos resultados obtidos pelo

método de classificação desenvolvido, onde estas lâmpadas obtiveram classificação de nível E. Por estes motivos estas lâmpadas estão a ser gradualmente retiradas do mercado desde Setembro de 2009 ao mesmo tempo que estão a ser disponibilizadas várias alternativas mais eficientes.

Através dos resultados obtidos conclui-se que as lâmpadas CFL e LED são as melhores tecnologias disponíveis no mercado em termos de produtos sustentáveis. Estas lâmpadas permitem poupanças de energia significativas em comparação com as lâmpadas incandescentes, como pode ser verificado

Em termos de CCV conclui-se que as lâmpadas mais eficazes energeticamente são as que possuem menores custos. Embora as lâmpadas mais eficientes estejam associadas a preços de aquisição mais elevados, estes custos são compensados no decorrer do ciclo de vida devido a gastos menores de electricidade e também porque como têm tempos de vida superiores necessitam de menos substituições.

Recomendações para trabalhos futuros

Considerando que a investigação realizada está sempre sujeita a melhorias apresenta-se de seguida alguns pontos com potencial de melhoramento, assim como algumas recomendações para trabalhos futuros.

- Complementar a metodologia desenvolvida com base na disponibilização contínua de informação e de estudos desenvolvidos na área, que possa possibilitar a obtenção da informação em falta, nomeadamente em relação ao processo de extracção e processamento das matérias-primas utilizadas na fabricação das lâmpadas, quantidade de produtos reciclados e incorporação de material reciclado.
- Efectuar uma melhor ponderação dos critérios propostos através da realização de um inquérito a pessoas especializadas na área.
- Realização de um estudo mais completo em relação aos custos de ciclo de vida para os produtos de iluminação.

Bibliografia

Alemanha, s.d. *Der Blaue Engel*. Disponível em: <http://www.blauer-engel.de/en/index.php>

[Acedido em 2011].

Ambiente e Ordenamento do Território, M., Desenvolvimento Regional, M., Economia, M. & Inovação, M., 2008. *Portaria nº63/2008, 21 de Janeiro*, s.l.: Diário da República.

Atanasiu, B. & Bertoldi, P., 2008. Residential electricity consumption in New Member States and Candidate Countries. *Energy and Buildings*, Volume 40, pp. 112-125.

AXS Marine, s.d. *AXS Marine*. Disponível: www1.axsmarine.com/distance [Acedido em Dezembro 2011].

Beals, G., 1997. *Thomas Alva Edison*. Disponível em:

<http://www.thomasedison.com/biography.html#lightbulb> [Acedido em 16 Abril 2012].

Comissão Europeia, 1998. *Directiva 98/11/CE*, Bruxelas: Jornal Oficial das Comunidades Europeias.

Comissão Europeia, 2003. *Directiva 2002/96/CE*, Bruxelas: Jornal Oficial da União Europeia.

Comissão Europeia, 2005. *Directiva 2005/32/CE*, Estrasburgo: Jornal Oficial da União Europeia.

Comissão Europeia, 2009. *European Commission, Energy - Saving Light Bulbs*.

Disponível em: http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/whatchanges/index_en.htm

[Acedido em 7 Outubro 2011].

Comissão Europeia, 2009. *Regulamento CE Nº 244/2009*, Bruxelas: Jornal Oficial da União Europeia.

Comissão Europeia, 2009. *Regulamento CE Nº245/2009*, Bruxelas: Jornal Oficial da União Europeia.

Comissão Europeia, 2009. *Síntese da Legislação da UE*.

Disponível em: http://europa.eu/legislation_summaries/other/l28020_pt.htm [Acedido em Abril 2012].

Comissão Europeia, 2010. *Decisão da Comissão Europeia 24/10/10*, Bruxelas: Jornal Oficial da União Europeia.

Comissão Europeia, 2011.

Disponível em: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/mercury-in-cfl/en/mercury-cfl/index.htm#3 [Acedido em 5 Maio 2012].

Comissão Europeia, 2011. *Decisão da Comissão Europeia 6/6/2011*, Bruxelas: Jornal da Comissão Europeia.

Comissão Europeia, 2011. *Green Public Procurement - Indoor Lighting*, Bruxelas

Comissão Europeia, 2012. *Directiva 2002/95/EC*, Bruxelas: Jornal Oficial da União Europeia.

Comissão Europeia, s.d. Disponível em:

http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/documents/light_bulbs.pdf [Acedido em 5 Maio 2012].

Comissão Europeia, s.d. *Comissão Europeia*.

Disponível em: http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/avariedchoice/chalo/index_pt.htm

[Acedido em 19 Novembro 2011].

Comissão Europeia, s.d. *Energia - Lâmpadas Economizadoras*.

Disponível em:

http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/howtochoose/packaging/packaging_pt.htm

[Acedido em 5 Maio 2012].

Comissão Europeia, s.d. *European Commission, Energy - Saving Light Bulbs*.

Disponível em: http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/whatchanges/index_en.htm

[Acedido em 7 Outubro 2011].

Comissão Europeia, 2009. *Síntese da Legislação da UE*.

Disponível em: http://europa.eu/legislation_summaries/other/l28020_pt.htm [Acedido em Abril 2012].

Continente Online, s.d. *Continente Online*.

Disponível em: http://www.continente.pt/images/paginas_externas/iconelamp/tabelasfinal1.pdf

[Acedido em 7 Maio 2012].

Deco Proteste, 2011.

Disponível em: <http://www.deco.proteste.pt/energia/poupar-na-iluminacao-da-casa-guia-rapido-s633731.htm> [Acedido em 7 Maio 2012].

Departamento Energia EUA, U., 2012. *Energy Savers*. Disponível em:

http://www.energysavers.gov/your_home/lighting_daylighting/index.cfm/mytopic=11985

[Acedido em Abril 2012].

Dubois, M.-C. & Blomsterberg, Â., 2011. Energy Saving potencial and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review. *Energy and Buildings*, Volume 43, pp. 2575-2582.

EDP, E. d. P., 2011. Disponível em: <http://edp5d.pt/origem-de-energia.aspx> [Acedido em 04 05 2012].

Energy Star, 2010. Disponível em:

http://www.energystar.gov/ia/partners/promotions/change_light/downloads/Fact_Sheet_Mercury.pdf

[Acedido em 5 Maio 2012].

Enkvist, A., Nauclér, T. & Rosander, J., 2007. *A cost curve for greenhouse gas reduction*, s.l.: The McKinsey Quartely.

EPA, E. P. A. - U. S., 2011. Disponível em: <http://www.epa.gov/climatechange/effects/index.html> [Acedido em Maio 2012].

European Lamp Companies Federation,

Disponível em:

<http://www.elcfed.org/documents/050301%20DYK%20the%20potential%20of%20energy%20savings%20of%20an%20energy%20efficient%20lamp.pdf> [Acedido em Outubro 2011].

European Comission, 2010. *European comission*. Disponível em:

<http://ec.europa.eu/energy/lumen/doc/consumers-en.pdf> [Acedido em 5 Maio 2012].

European Comission, 2011. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/gpp/what_en.htm

[Acedido em Novembro 2011].

Ferrão, P. C., 2009. *Ecologia Industrial, Princípios e Ferramentas*. Lisboa: IST Press.

Ferreira, J. V., 2004. *Análise de Ciclo de Vida dos Produtos*, Viseu: Escola Superior de Tecnologia de Viseu.

Freixo, R., 2011. *Categorização ambiental de produtos para a construção segundo a metodologia do LiderA - Caso das Tintas e Vernizes*, Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Governo EUA, s.d. *Energy Star*. Disponível em: <http://www.energystar.gov/> [Acedido em 2011].

Green Label, s.d. *Green Label*. Disponível em: <http://www.greenmart.sg/> [Acedido em 13 Novembro 2011].

Green Seal, 2012. *Green Seal*. Disponível em: <http://www.greenseal.org/> [Acedido em 2012].

Halonen, L., Tetri, E. & Bhusal, P., 2010. *Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings*, Espoo: s.n.

Huijbregts, M. A. et al., 2008. Ecological footprint accounting in the life cycle assessment of products. *Ecological Economics*, 64, pp. 798-807.

Krantz, H., Persson, A., Bennich, P. & Bladh, M., 2007. *Swedish homes - towards a delight future?*, Sweden: s.n.

Maxwell, D. & van der Vorst, R., 2011. Developing sustainable products and services. *Journal of Cleaner Production* 11, pp. 883-895.

Ministério Económia Inovação, 2007. *Decreto-Lei Nº108/2007*, s.l.: Diário da República.

Ministério Economia Inovação, 2008. *Portaria nº54/2008*, s.l.: Diário da República.

OECD/IEA, 2006. *Light's Labour's Lost, Policies for Energy-efficient Lighting*. France: IEA Publications.

OECD/IEA, 2011. *International Energy Agency*.

Disponível em: http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/PTBSFC.pdf [Acedido em Junho 2012].

Oettinger, G. H., s.d. *Comissão Europeia*.

Disponível em: http://ec.europa.eu/energy/lumen/editorial/index_pt.htm [Acedido em 19 Novembro 2011].

OSRAM, 2010. Disponível em:

http://www.rollear.pt/gestor/upload_files/osram_ilumina_geral_luminarias_%202010.pdf

[Acedido em Janeiro 2011].

OSRAM, O. S. G. & Siemens, C. T., 2009. *Life Cycle Assessment of Illuminants - A Comparison of Light Bulbs, Compact Fluorescent Lamps and LED Lamps*, s.l.: OSRAM.

Philips, 2012.

Disponível em: http://www.lighting.philips.com/pwc_li/pt_pt/connect/assets/Tabela-Illuminacao-Profissional-2012.pdf [Acedido em 6 Maio 2012].

Pinheiro, M. D., 2006. *Ambiente e Construção Sustentável*. Amadora: Instituto do Ambiente.

Pinheiro, M. D., 2010. *Sistema Voluntário para a Sustentabilidade dos Ambientes Construídos*, Lisboa: LiderA.

Pinheiro, M. D., 2011. *4Rs - Catálogo de produtos e serviços sustentáveis*. Disponível em: www.4rs.pt [Acedido em 2011].

Pinheiro, M. D., 2011. *Produtos e Serviços Sustentáveis, Sistematização segundo o LiderA*, Lisboa: LiderA.

Pinheiro, M. D., 2012. *Curso de Formação Profissional de Selecção de Produtos e Materiais Sustentáveis*. Lisboa: Fundec, DECivil, Instituto Superior Técnico, .

Pinheiro, M. D., Janeiro 2011. *LiderA - Sistema de Avaliação de Sustentabilidade*, Lisboa: s.n.

Pinheiro, M. D., Setembro 2010. *Manual para projectos de licenciamento com sustentabilidade segundo o Sistema LiderA*, Lisboa: LiderA.

Ramroth, L., 2008. *Rocky Mountain Institute*. [Online]

Available at: <http://www.rmi.org/cms/Download.aspx?id=4939&file=C08->

[02_CFL_LCA.pdf](http://www.rmi.org/cms/Download.aspx?id=4939&file=C08-02_CFL_LCA.pdf)&title=Comparison+of+Lifecycle+Analyses+of+Compact+Fluorescent+and+Incandescent

+Lamps+Based+on+Rated+Life+of+Compact+Fluorescent+Lamp

[Acedido em 2011].

Real, S., 2010. *Contributo da análise dos custos do ciclo de vida para projectar a sustentabilidade na construção*, Lisboa: s.n.

Rex, E. & Baumann, H., 2007. Beyond ecolabels: what green marketing can learn from conventional marketing. *Journal of Cleaner Production*, Volume 15, pp. 567-576.

Royal Society Chemistry, 1998. *Eco-labelling: Life-cycle assessment in action*, s.l.: Royal Society of Chemistry.

Roy, R., 1994. The evolution of ecodesign. *Technovation*, 14(6), pp. 363-380.

Shipping Container Housing Guide, s.d. *Shipping Container Housing Guide*. [Online]
Available at: <http://www.shipping-container-housing.com/20-foot-shipping-container.html>
[Acedido em Dezembro 2011].

Ship Technology, s.d. *Ship Technology*. Disponível em: <http://www.ship-technology.com/projects/emmamaerskcontainers/> [Acedido em Dezembro 2011].

Sustainable Products Corporation, s.d. *Sustainable Products Corporation*. Disponível em:
<http://www.sustainableproducts.com/susproddef.html> [Acedido em 1 Novembro 2011].

The Blue Angel, s.d. *The Blue Angel*.
Disponível em: <http://www.blauer-engel.de/en/index.php> [Acedido em 12 Novembro 2011].

Tifunovic, J. et al., 2009. Reductions in electricity consumption and power demand in case of the mass use of compact fluorescent lamps. *Energy*, pp. 1355-1363.

Trindade, P., s.d. *Rotulagem Ambiental*, Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P..

U.S. Department of Energy, U., 2012. *Energy Savers*. [Online]
Available at: http://www.energysavers.gov/your_home/lighting_daylighting/index.cfm/mytopic=11985
[Acedido em Abril 2012].

VITO, V. a. T., Outubro 2009. *Lot 19: Domestic lighting*, Bélgica: s.n.

Wall, R. & Crosbie, T., 2009. Potential for reducing electricity demand for lighting in households: An exploratory socio-technical study. *Energy Policy*, 37, pp. 1021-1031.

Welz, T., Hischer, R. & Hilty, L. M., 2011. Environmental impacts of lighting technologies - Life cycle assessment and sensitivity analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, 31, pp. 334-343.

Anexos

Anexo I - Cálculo das emissões de dióxido de carbono no processo de transporte

Neste ponto serão apresentados os cálculos efectuados para as emissões de CO₂ no processo de transporte desde o local de produção das lâmpadas até Portugal. Os cálculos representam apenas uma estimativa da quantidade de CO₂ emitido em Kg.

O trajecto considerado foi o seguinte:

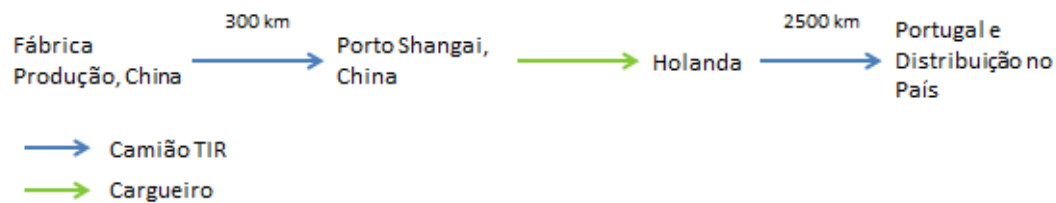


Figura 36. Trajectos considerados na fase de transporte desde o local de fabricação até ao local de distribuição ao consumidor

Para o transporte de lâmpadas desde o local de fabricação até Portugal seleccionaram-se dois métodos de transporte: Camião TIR de transporte de contentores (TEUs) e um Cargueiro (Emma Maersk). Para determinar quantas lâmpadas um contentor consegue transportar foram tidas em conta as seguintes considerações:

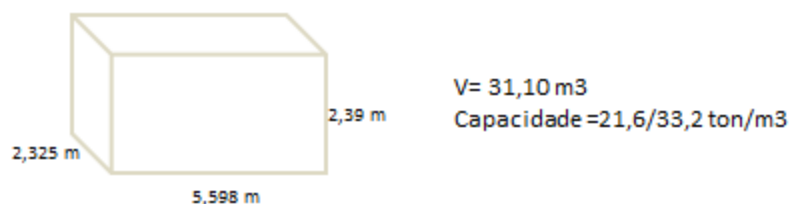


Figura 37. Dimensões de um TEU (ShippingContainerHousingGuide, s.d.)

Para uma amostra de 130 lâmpadas obteve-se que o peso médio das lâmpadas é de 75.22 g/lâmpada e que o volume médio é de $5.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{lâmpada}$ (através da estimativa do volume da embalagem) pelo que para saber quantas lâmpadas um contentor consegue transportar foram efectuadas as seguintes cálculos:

$$\frac{31.10 \text{ (m}^3\text{)}}{5.4 \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}} = 575749.64 \text{ lâmpadas} \quad (13)$$

$$575749.64 \text{ (lâmpadas)} \times 75.22 \left(\frac{\text{g}}{\text{lâmpada}} \right) = 43 \text{ toneladas} \quad (14)$$

Uma vez que a capacidade do contentor é de 21.6/33.2 ton/m³ a quantidade de lâmpadas que podem ser transportadas por contentor não podem ser calculadas através do seu volume, pelo que é necessário fazer os cálculos de acordo com o peso médio.

$$\frac{21.6 \text{ ton}}{75.2 \text{ g}} = 287157 \text{ lâmpadas/contentor} \quad (15)$$

Através do resultado anterior assumiu-se que cada contentor transporte em média **285000** lâmpadas.

Para o cálculo das emissões de CO₂ no transporte de lâmpadas de camiã TIR na unidade funcional seleccionou-se uma lâmpada incandescente de 200 lúmens e com duração de 1000 horas por serem as lâmpadas com pior desempenho, logo as lâmpadas que na unidade funcional seleccionado apresentam maior número de unidades necessárias de transportar. Para as lâmpadas incandescentes seleccionadas e na unidade funcional são necessárias transportar:

$$\frac{500 \text{ lm}}{200 \text{ lm}} \times \frac{25000 \text{ h}}{1000 \text{ h}} = 62.5 \text{ lâmpadas} \quad (16)$$

Percurso 1

No Percurso 1 considerou-se o transporte realizado pelo Camião TIR (Fábrica da Produção na China até ao Porto de Shanghai na China e do Porto de Amesterdão na Holanda até Portugal). Para o percurso de Camião TIR foram tidas em conta as seguintes considerações:

Tabela 39. Considerações tomadas no transporte de lâmpadas por Camião TIR

Percurso (km)	2800
Consumo Camião TIR (L/100 km) ³⁰	7.2
Consumo Camião TIR (L/2800 km)	201.6
PCI (MJ/kg)	42.3
FE (kg CO ₂ eq/GJ)	74
Densidade Gasóleo (kg/m ³)	850

Os cálculos efectuados para a estimativa da emissão de CO₂ nos processos de transporte dos contentores por Camião de TIR foram os seguintes:

$$\rho = \frac{m}{v} \Leftrightarrow m = \frac{850}{0.2016} = 171.36 \text{ kg de Gasóleo} \quad (17)$$

$$\frac{42.3 \text{ MJ}}{x} = \frac{1 \text{ kg Gasóleo}}{171.36 \text{ Kg Gasóleo}} \quad x = 7248.5 \text{ MJ} = 7.2485 \text{ GJ} \quad (18)$$

$$\frac{74 \text{ kg CO}_2\text{eq}}{x} = \frac{1 \text{ GJ}}{7.2485 \text{ GJ}} \quad x = 536.5 \text{ kg CO}_2\text{eq} \quad (19)$$

A emissão de CO₂ proveniente do transporte de lâmpadas na unidade funcional pelo Camião TIR é o seguinte:

³⁰ <http://www.volvotrucks.com/trucks/portugal-market/pt-pt/trucks/Volvo%20FL/Volvo%20FL/Introduction/Pages/introduction.aspx>

$$\frac{62.5 \text{ lâmpadas}}{285000 \text{ lâmpadas}} = \frac{x}{536.5 \text{ kg CO}_2\text{eq}} \quad x = 0.118 \text{ kg CO}_2\text{eq} \quad (20)$$

Percurso 2

Para o transporte de lâmpadas entre o Porto em Shangai e o de Amsterdão foi seleccionado o cargueiro Emma Maersk que tem as seguintes características:

Tabela 40. Características do Cargueiro Emma Maersk (ShipTechnology, s.d.)

Capacidade (contentores)	11000
Velocidade (nós)	25.5
Consumo Petróleo Bruto (gal/h)	1660

Para a rota marítima foi utilizado o site www1.axsmarine.com/distance que permite a simulação da rota marítima percorrida, o tempo de demora e a velocidade de andamento do cargueiro tendo sido seleccionada a rota do Suez que evita a zona comum de pirataria, com as seguintes características:

Tabela 41. Dados da Rota Marítima Percorrida (AXSMarine, s.d.)

Milhas náuticas	10 933
Duração Viagem (dias)	35
Velocidade (nós)	13

Os factores de conversão utilizados foram os seguintes:

Tabela 42. Factores de conversão

1 milha náutica ³¹	1.852 km
1 nó	1.852 km/h
1 gal	3.78541178 L

A distância percorrida e a velocidade alcançada pelo cargueiro são respectivamente

$$10933 \text{ milhas náuticas} \times \frac{1.852 \text{ km}}{\text{milha náutica}} = 20\,247.916 \text{ km} \quad (21)$$

$$13 \text{ nós} \times \frac{1.852 \text{ km/h}}{1 \text{ nó}} = 24.08 \text{ km/h} \quad (22)$$

Cálculo do consumo de petróleo bruto pelo percurso e por contentor

$$\frac{1660 \text{ gal}}{x} = \frac{24.08 \text{ km}}{20247.916 \text{ km}} \quad x = 1395828.1 \text{ gal} \quad (23)$$

$$\frac{1395828.1 \text{ gal}}{x} = \frac{11000 \text{ contentores}}{1 \text{ contentor}} \quad x = 126.9 \text{ gal} \quad (24)$$

$$\frac{1 \text{ gal}}{126.9 \text{ gal}} = \frac{3.78541178 \text{ L}}{x} \quad x = \frac{480.34 \text{ L}}{\text{contentor}} \quad (25)$$

³¹ <http://www.convertworld.com/pt/comprimento/Milha.html>

Características do Petróleo Bruto

Tabela 43. Características do Petróleo Bruto

Densidade (kg/m ³) ³²	890
PCI (MJ/kg)	42.3
FE (kg CO ₂ eq/GJ)	73.3

Cálculos para a emissão de CO₂ no transporte por cargueiro na Unidade Funcional

$$\rho = \frac{m}{v} \Leftrightarrow m = 0.480 \text{ m}^3 \times 890 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Leftrightarrow m = 427.5 \text{ kg} \quad (26)$$

$$\frac{42.3 \text{ MJ}}{x} = \frac{1 \text{ kg}}{427.5} \quad x = 18083.5 \text{ MJ} = 18.0835 \text{ GJ} \quad (27)$$

$$\frac{73.3 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}{x} = \frac{1 \text{ GJ}}{18.0835 \text{ GJ}} \quad x = 1325.26 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2 \text{ eq}}{\text{contentor}} \quad (28)$$

$$\frac{1325.26 \text{ kg CO}_2}{x} = \frac{285 \text{ 000 lâmpadas}}{62.5 \text{ lâmpadas}} \quad x = 0.2906 \text{ kg CO}_2/\text{lâmpada} \quad (29)$$

CO₂ emitido por uma lâmpada incandescente na Unidade Funcional na fase de transporte

$$\text{kg CO}_2 \text{ eq Fase Transporte} = \text{kg CO}_e \text{ eq Camião TIR} + \text{kg CO}_e \text{ eq Cargueiro} = 0.118 + 0.2906 = 0.409 \text{ kg CO}_e \text{ eq} \quad (30)$$

Nas fases de Produção e Utilização uma lâmpada incandescente com duração e 1000 horas e com um fluxo luminoso de 205 lúmens emite 635 *KgCO_eeq* pelo que se conclui que a quantidade de CO₂ equivalente emitido na fase de transporte pode ser desprezada.

³² http://www.chevronmarineproducts.com/docs/requirements_for_distillate_fuel_2010.pdf

Anexo II - Distribuição dos Produtos de Iluminação na Torre Sul do Instituto Superior Técnico

Tabela 44. Distribuição dos Produtos de Iluminação na Torre Sul do Instituto Superior Técnico

Pisos	Divisões	Fluorescência		
		18 W	36 W	58W
-2	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Salas	0	120	0
-1	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Laboratório	0	0	66
0	Corredores (acesas)	0	56	0
	Casas de Banho	0	4	0
1	Corredores (acesas)	0	48	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Anfiteatros	0	0	0
4	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Salas	24	208	0
5	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Salas	16	176	0
6	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Laboratórios	0	240	0
7	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Laboratórios	0	240	0
8	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Laboratórios (conf)	0	100	0
	Gabinets (conf)	0	110	0
9	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Laboratórios	0	0	0
	Gabinets	0	0	0
10	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Laboratórios	0	0	0
	Gabinets	0	0	0
11	Corredores (acesas)	0	4	0
	Casas de Banho	0	4	0
	Laboratórios (conf)	0	120	0
	Gabinets (conf)	0	110	0
	Escadas	12	0	0
	Total	52	1616	66

Anexo III - Classificação dos Produtos de Iluminação

Nas seguintes tabelas (Tabela 45;Tabela 46;Tabela 47) utiliza-se um acrónimo para cada tipo de lâmpada avaliado de forma a facilitar a sua identificação no presente estudo.

O acrónimo utilizado significa o seguinte:

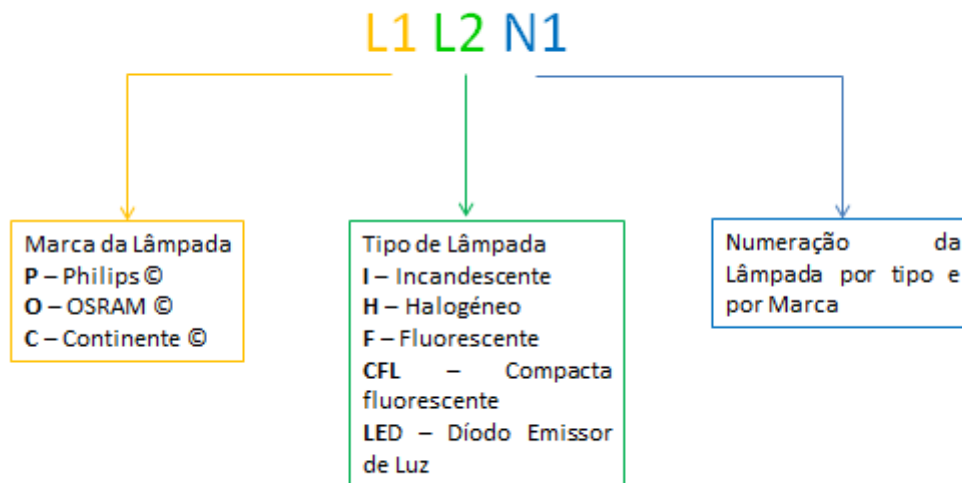


Figura 38. Definição do Acrónimo Utilizado na metodologia de classificação desenvolvida

Na tabela seguinte (Tabela 45) por motivos de apresentação de resultados e de espaço disponível na tabela os subcritérios do critério dos níveis de iluminação (C26) foram abreviados segundo o seguinte:

- Índice de Reprodução de Cores (IRC)
- Tempo Arranque
- Tempo Aquecimento
- Ciclos Ligado/Desligado
- Regulação da Intensidade

Anexo IV. a. Classificação do grupo de produtos de iluminação seleccionados

Na próxima tabela apresenta-se a classificação obtida por cada lâmpada de acordo com o sistema de classificação desenvolvido de acordo com a metodologia LiderA.

Tabela 45. Tabela com Classificação de Lâmpadas de acordo com a Metodologia LiderA

Acrónimo	Envolvente da Lâmpada	Nome	Imagem	Critérios Propostos													Classificação LiderA	
				C7	C9	C12	C13	C14	C19	C20	C26 14%					C40		C41
				15%	13%	13%	5%	5%	5%	5%	a	b	c	d	e	15%		10%
PI1	Sistemas eléctricos e de iluminação 23-15	Standard 25W E14 230V B35 CL 1CT		G	G	G	E	A++	G	C	A++	G	G	G	A++	D	A+	E
PI2		Standard 40W E27 230V P45 CL 1CT		G	G	G	E	A++	G	C	A++	G	G	G	A++	D	A+	E
OI1		Class A CL 40W 230V E27		G	F	G	E	A++	F	C	G	A++	G	G	A++	B	A+	D
OI2		Class B CL 25W 240V E14		G	G	G	E	A++	G	C	G	A++	G	G	G	D	A++	E
PH1		EcoClassic 53W E27 230V A55 CL 1CT		E	C	G	C	A++	A	C	A++	A	A++	G	G	A	A++	C
PH2		EcoClassic 42W E14 230V P45 CL 1CT		E	D	G	C	A++	A	C	A++	A	A++	G	A++	C	A++	C
PH3		EcoClassic 18W E14 230V P45 CL 1CT		G	F	G	C	A++	D	C	A++	A++	A++	A++	A++	C	A++	D

Acrónimo	Envoltente da Lâmpada	Nome	Imagem	Critérios Propostos														Classificação LiderA
				C7 15%	C9 13%	C12 13%	C13 5%	C14 5%	C19 5%	C20 5%	C26 14%					C40 15%	C41 10%	
											a	b	c	d	e			
OH 1	Sistemas Eléctricos e de Iluminação 23-15	64544 A Eco 52W 230V E27		E	C	G	C	A++	B	C	A++	A++	A++	A++	A++	A	A++	B
OH 2		64543 B Eco 42W 230V E14		E	D	G	C	A++	A	C	A++	A++	A++	A++	A++	B	A++	C
CH 1		EcoClassic30 Standard 53W E27 Clara		E	C	G	C	A++	A	G	A++	A++	C	G	G	A	A	D
CH 2		EcoClassic30 Standard 42W E14 Clara		E	D	G	C	A++	A	G	A++	A++	C	G	G	A	A	D
PF 1		MASTER TL5 HE Eco 13=14W/830 UNP		A+	A+	A+	E	A	A++	A	A+	G	G	G	A++	A++	A++	A
PF 2		MASTER TL5 Circular 60W/840 1CT		A+	A+	A	E	G	A++	A	A+	G	G	G	A++	A++	A++	A
PF 3		MASTER TL-D Xtra 18W/840 1SL		A+	A+	A++	E	C	A++	A	A+	G	G	G	A++	A++	A++	A
PF 4		Master TL-D Xtra 36W/840		A+	A+	A++	E	C	A++	A	A+	G	G	G	A++	A++	A++	A
PF 5		Master TL-D Xtra 58W/840		A+	A+	A++	E	C	A++	A	A+	G	G	G	A++	A++	A++	A

Acrónimo	Envolvente das Lâmpadas	Nome	Imagem	Critérios Propostos														Classificação LiderA
				C7	C9	C12	C13	C14	C19	C20	C26 14%					C40	C41	
				15%	13%	13%	5%	5%	5%	5%	a	b	c	d	e	15%	10%	
O F 1	Sistemas Eléctricos e de Iluminação 23-15	L 15W/827		A+	A+	A+	E	G	A++	A	A+	G	G	G	G	A++	A++	A
O F 2		L 40W/840 C		A+	A+	B	E	G	A++	A	A+	G	G	G	G	A++	A++	A
P CFL 1		Softone 12 W WW E27 A65 DIMM 1PF		A	A+	A	E	A	A++	A++	A+	G	C	E	A++	A+	A++	A
P CFL 2		Eco Softone A55 8W WW E27 220-240V 1PF		A	A+	B	E	A	A+	A++	A+	G	F	G	G	A+	A++	A
P CFL 3		Softone Candle 5W WW E14 220-240 1PF		A	A	A	E	A	A+	A++	A+	G	C	E	G	A	A++	B
P CFL 4		Tornado Esaver Dimmable 13W/827 E27 1PF		A	A+	B	E	A	A++	A++	A+	A	A	A	A++	A+	A++	A
P CFL 5		MASTER PL-Electronic 33W/827 E27 230-240V 1CT		A+	A+	A+	E	A	A++	A++	A+	G	C	A+	G	A++	A++	A
O CFL 1		DIN LL 22W/825 220-240V E27 10x1 OSRAM		A+	A+	A+	E	A	A++	A++	A+	G	A	A++	G	A++	A++	A
O CFL 2		DSST MICA 5W/825 E14		A	A+	A	E	A	A++	A++	A+	G	C	A+	G	A+	A++	A

Acrónimo	Envolvente das Lâmpadas	Nome	Imagem	Critérios Propostos														Classificação LiderA
				C7	C9	C12	C13	C14	C19	C20	C26 14%					C40	C41	
				15%	13%	13%	5%	5%	5%	5%	a	b	c	d	e	15%	10%	
O CFL 3	Sistemas Eléctricos e de Iluminação 23-15	DSTAR 8W/825 220-240V E27		A+	A+	A	E	B	A++	A++	A+	G	C	A	G	A+	A++	A
O CFL 4		CFL SQUARE 28W/827 2-PIN		A+	A+	A	E	G	A+	A	A+	G	G	G	G	A++	A++	A
C CFL 1		Economizadora Chama 5W E14		A	A	D	E	A	A	C	A+	G	C	G	G	A++	A	B
C CFL 2		Economizadora Tornado 20W E27 BL1		A+	A+	D	E	A	A++	C	A+	G	C	G	G	A++	A	B
P LED 1		Novallure D 3W E27 2700K 230V P45 CL		A	A	A+	E	A++	A+	C	A+	E	G	B	A++	A	A++	A
P LED 2		LEDbulb 6-32W E27 WW		A	A+	A	E	A++	A++	C	A+	E	G	A+	G	A+	A++	A
P LED 3		Ledbulb 9,5-48W E27 WW		A+	A+	A	E	A++	A++	C	A+	E	G	A+	G	A+	A++	A
P LED 4		Master LEDbulb 8-40W E27 2700W 230V A60		A	A+	A+	E	A++	A++	C	A+	E	G	A+	A++	A+	A++	A
P LED 5		Master LEDspotLV D 7-35W 3000K MR16 60D		A	A+	A+	E	A++	A++	C	A+	G	G	G	A++	A++	A++	A

Acrónimo	Envolvente das Lâmpadas	Nome	Imagem	Critérios Propostos													Classificação LiderA	
				C7 15%	C9 13%	C12 13%	C13 5%	C14 5%	C19 5%	C20 5%	C26 14%					C40 15%		C41 10%
O LED 1	Sistemas Eléctricos e de Iluminação 23-15	DULED Stick 8W/827 E27		A	A+	D	E	C	A+	A	A+	G	A+	E	G	A+	A++	B
O LED 2		PARATHOM CLASSIC A 6W/830 100-240V E27		A	A+	A+	E	A++	A++	C	A+	A++	A++	A++	G	A+	A++	A
O LED 3		PARATHOM Classic A 12W/830 220-240V E27		A	A+	A+	E	A++	A++	C	A+	A++	A++	A++	A++	A+	A++	A
O LED 4		PARATHOM CLASSIC B 4W/830 100-240V E14		A	A	A+	E	A++	A++	C	A+	A++	A++	E	G	A	A++	A

Anexo IV. b. Dados de suporte à classificação dos produtos na Dissertação

Tabela 46. Base de dados para as lâmpadas

Acrónimo	Envolvente das Lâmpadas	Lúmen (lm)	Potência (W)	Durabilidade (horas)	Origem dos Produtos	Intensidade Carbónica (kg CO₂ eq na UF)	Mercúrio (mg Hg/lâmpada)	Produção Resíduos (g/UF)	IRC	Tempo Arranque (segundos)	Tempo Aquecimento (segundos)	Ciclos Ligado/Desligado	Regulação Intensidade	Informação Rótulo
P I 1	Sistemas Eléctricos e de Iluminação 23 - 35	215	25	1000	China	605	0	1381	100	SV	SV	SV	Sim	Cumpre
P I 2		205	25	1000	China	635	0	1476	100	SV	SV	SV	Sim	Cumpre
O I 1		415	40	1000	China	527	0	1088	SV	0	SV	SV	Sim	Cumpre
O I 2		210	25	1000	China	676	0	1413	SV	0	SV	SV	Sem Inf	Cumpre
P H 1		850	53	2000	Polónia	329	0	271	100	0.2	0	8000	Sem Inf	Cumpre
P H 2		630	42	2000	Polónia	354	0	255	100	0.2	0	8000	Sim	Cumpre
P H 3		200	18	2000	Polónia	502	0	822	100	0.01	0	8000	Sim	Cumpre
O H 1		840	53	1000	Polónia	343	0	534	100	0	0	1000000	Sim	Cumpre
O H 2		630	42	1000	Polónia	367	0	485	100	0	0	1000000	Sim	Cumpre
CH 1		850	53	1500	Polónia	332	0	361	100	0	45	5000	Não	Cumpre
CH 2		630	42	1500	Polónia	359	0	322	100	0	45	5000	Não	Cumpre
P F 1		1350	13	25000	China	50	1.4	23	85	SV	SV	SV	Sim	Cumpre
P F 2		5000	60	12000	China	62	7	9	85	SV	SV	SV	Sim	Cumpre
P F 3		1350	18	54000	China	68	3	16	85	SV	SV	SV	Sim	Cumpre
P F 4		3350	36	54000	China	55	3	13	85	SV	SV	SV	Sim	Cumpre

Acronímio	Envolvente das Lâmpadas	Lúmen (lm)	Potência (W)	Durabilidade (horas)	Origem dos Produtos	Intensidade Carbónica (kg CO₂ eq na UF)	Mercurio (mg Hg/lâmpada)	Produção Resíduos (g/UF)	IRC	Tempo Arranque (segundos)	Tempo Aquecimento (segundos)	Ciclos Ligado/Desligado	Regulação Intensidade	Informação Rótulo
P F 5	Sistemas Eléctricos e de Iluminação 23 - 35	5200	58	54000	China	57	3	10	85	SV	SV	SV	Sim	Cumpre
O F 1		950	15	20000	China	82	15	44	80	SV	SV	SV	Sem Inf	Cumpre
O F 2		3200	40	7500	China	65	50	35	84.5	SV	SV	SV	Sem Inf	Cumpre
P CFL 1		1150	20	10000	China	90	1.42	70	81	1	45	10000	Sim	Cumpre
P CFL 2		435	8	8000	China	98	2	140	81	2	65	5000	Não	Cumpre
P CFL 3		229	5	10000	China	118	1.5	129	81	1	45	10000	Não	Cumpre
P CFL 4		700	13	8000	China	98	1.5	78	81	0.2	17.5	20000	Sim	Cumpre
P CFL 5		2250	33	20000	China	75	1.41	13	82	1	40	50000	Não	Cumpre
O CFL 1		1440	22	20000	China	79	1.8	26	80	1	20	500000	Não	Cumpre
O CFL 2		240	5	15000	China	111	2	96	80	2	40	50000	Não	Cumpre
O CFL 3		400	5	10000	China	68	2.5	99	80	2	40	20000	Não	Cumpre
O CFL 4		2050	28	10000	China	71	5	170	84.5	SV	SV	SV	Sem Inf	Cumpre
C CFL 1		190	5	6000	China	147	1.5	315	82	45	45	5000	Não	Cumpre
C CFL 2		1350	20	6000	China	78	1.5	71	82	17.5	45	5000	Não	Cumpre
P LED 1		136	3	20000	China	118	0	128	80	0.5	SV	15000	Sim	Cumpre
P LED 2		350	6	15000	China	90	0	91	80	0.5	SV	50000	Não	Cumpre
P LED 3		600	9.5	15000	China	83	0	53	80	0.5	SV	50000	Não	Cumpre

Acronimo	Envolvente das Lâmpadas	Lúmen (lm)	Potência (W)	Durabilidade (horas)	Origem dos Produtos	Intensidade Carbónica (kg CO₂ eq na UF)	Mercurio (mg Hg/lâmpada)	Produção Resíduos (g/UF)	IRC	Tempo Arranque (segundos)	Tempo Aquecimento (segundos)	Ciclos Ligado/Desligado	Regulação Intensidade	Informação Rótulo
P LED 4	Sistemas Eléctricos e de Iluminação 23 - 35	470	8	25000	China	88	0	42	80	0.5	SV	50000	Sim	Cumpre
P LED 5		340	7	40000	China	106	0	21	80	SV	SV	SV	Sim	Cumpre
O LED 1		400	8	6000	China	108	2.8	166	80	1	10	10000	Não	Cumpre
O LED 2		290	6	25000	China	108	0	64	80	0	0	100000	Não	Cumpre
O LED 3		650	12	25000	China	95	0	38	80	0	0	100000	Não	Cumpre
O LED 4		170	4	25000	China	124	0	89	76	0	0	10000	Não	Cumpre

Anexo IV. c. Cálculos dos Custos de Ciclo de Vida

Tabela 47. Base de Dados para o cálculo dos Custos de Ciclo de Vida das Lâmpadas Avaliadas

Acrônimo	Quantidade de Lâmpadas para fornecer 500 lm	Quantidade de Lâmpadas para fornecer 25000h	Custo Aquisição Unitário	Custo Aquisição UF	Custo Operação na UF	EcoTaxa (€) Unitário	EcoBEE (€) Unitário	Custo Fim de Vida Unitário	Custo Fim de Vida UF	CCV na UF
PI 1	2,33	25,0	1,33	77,33	202	0	0,41	0,41	23,84	304
PI 2	2,44	25,0	1,33	81,10	212	0	0,41	0,41	25,00	318
OI 1	1,20	25,0	0,99	29,82	168	0	0,41	0,41	12,35	210
OI 2	2,38	25,0	1,20	71,43	207	0	0,41	0,41	24,40	303
PH 1	0,59	12,5	2,24	16,47	109	0,14	0	0,14	1,03	126
PH 2	0,79	12,5	2,35	23,31	116	0,14	0	0,14	1,39	141
PH 3	2,50	12,5	2,35	73,44	174	0,14	0	0,14	4,38	252
OH 1	0,60	25,0	3,20	47,62	110	0,14	0	0,14	2,08	160
OH 2	0,79	25,0	4,10	81,35	116	0,14	0	0,14	2,78	200
CH 1	0,59	16,7	2,99	29,31	109	0,14	0	0,14	1,37	139
CH 2	0,79	16,7	2,99	39,55	116	0,14	0	0,14	1,85	157
PF 1	0,37	1,00	10,17	3,77	17	0,14	0	0,14	0,052	21
PF 2	0,10	2,08	17,78	3,70	21	0,14	0	0,14	0,029	25
PF 3	0,37	0,46	9,26	1,59	23	0,14	0	0,14	0,024	25
PF 4	0,15	0,46	9,26	0,64	19	0,14	0	0,14	0,010	19

Acronimo	Quantidade Lâmpadas para fornecer 500 lm	Quantidade Lâmpadas para fornecer 25000 h	Custo Aquisição Unitário	Custo Aquisição UF	Custo Operação na UF	EcoTaxa (€) Unitário	EcoBEE (€) Unitário	Custo Fim de Vida Unitário	Custo Fim de Vida UF	CCV na UF
P F 5	0,10	0,46	10,52	0,47	19	0,14	0	0,14	0,006	20
O F 1	0,53	1,25	10,16	6,68	27	0,16	0	0,16	0,11	34
O F 2	0,16	3,33	14,00	7,29	22	0,16	0	0,16	0,08	29
P CFL 1	0,43	2,50	18,33	19,92	30	0,14	0	0,14	0,15	50
P CFL 2	1,15	3,13	8,43	30,28	32	0,14	0	0,14	0,50	63
P CFL 3	2,18	2,50	11,82	64,52	38	0,14	0	0,14	0,76	103
P CFL 4	0,71	3,13	19,98	44,60	32	0,14	0	0,14	0,31	77
P CFL 5	0,22	1,25	15,58	4,33	26	0,14	0	0,14	0,04	30
O CFL 1	0,35	1,25	14,96	6,49	27	0,16	0	0,16	0,07	33
O CFL 2	2,08	1,67	18,04	62,64	36	0,16	0	0,16	0,56	99
O CFL 3	1,25	2,50	10,28	32,13	22	0,16	0	0,16	0,50	54
O CFL 4	0,24	2,50	20,10	12,26	24	0,16	0	0,16	0,10	36
C CFL 1	2,63	4,17	4,79	52,52	46	0,14	0	0,14	1,54	100
C CFL2	0,37	4,17	7,99	12,33	26	0,14	0	0,14	0,22	38
P LED 1	3,68	1,25	14,26	65,53	38	0,12	0	0,12	0,55	104
P LED 2	1,43	1,67	10,85	25,83	30	0,12	0	0,12	0,29	56

Acrônimo	Quantidade Lâmpadas para fornecer 500 lm	Quantidade Lâmpadas para fornecer 25000 h	Custo Aquisição Unitário	Custo Aquisição UF	Custo Operação na UF	EcoTaxa (€) Unitário	EcoBEE (€) Unitário	Custo Fim de Vida Unitário	Custo Fim de Vida UF	CCV na UF
P LED 3	0,83	1,67	16,68	23,17	28	0,12	0	0,12	0,17	51
P LED 4	1,06	1,00	21,99	23,39	30	0,12	0	0,12	0,13	53
P LED 5	1,47	0,63	32,08	29,49	36	0,12	0	0,12	0,11	65
O LED 1	1,25	4,17	8,7	45,31	35	0,16	0	0,16	0,83	81
O LED 2	1,72	1,00	32	55,17	36	0,16	0	0,16	0,28	91
O LED 3	0,77	1,00	60	46,15	32	0,16	0	0,16	0,12	78
O LED 4	2,94	1,00	37,6	110,59	41	0,16	0	0,16	0,47	152

Custos Ciclo Vida Lâmpadas Seleccionadas

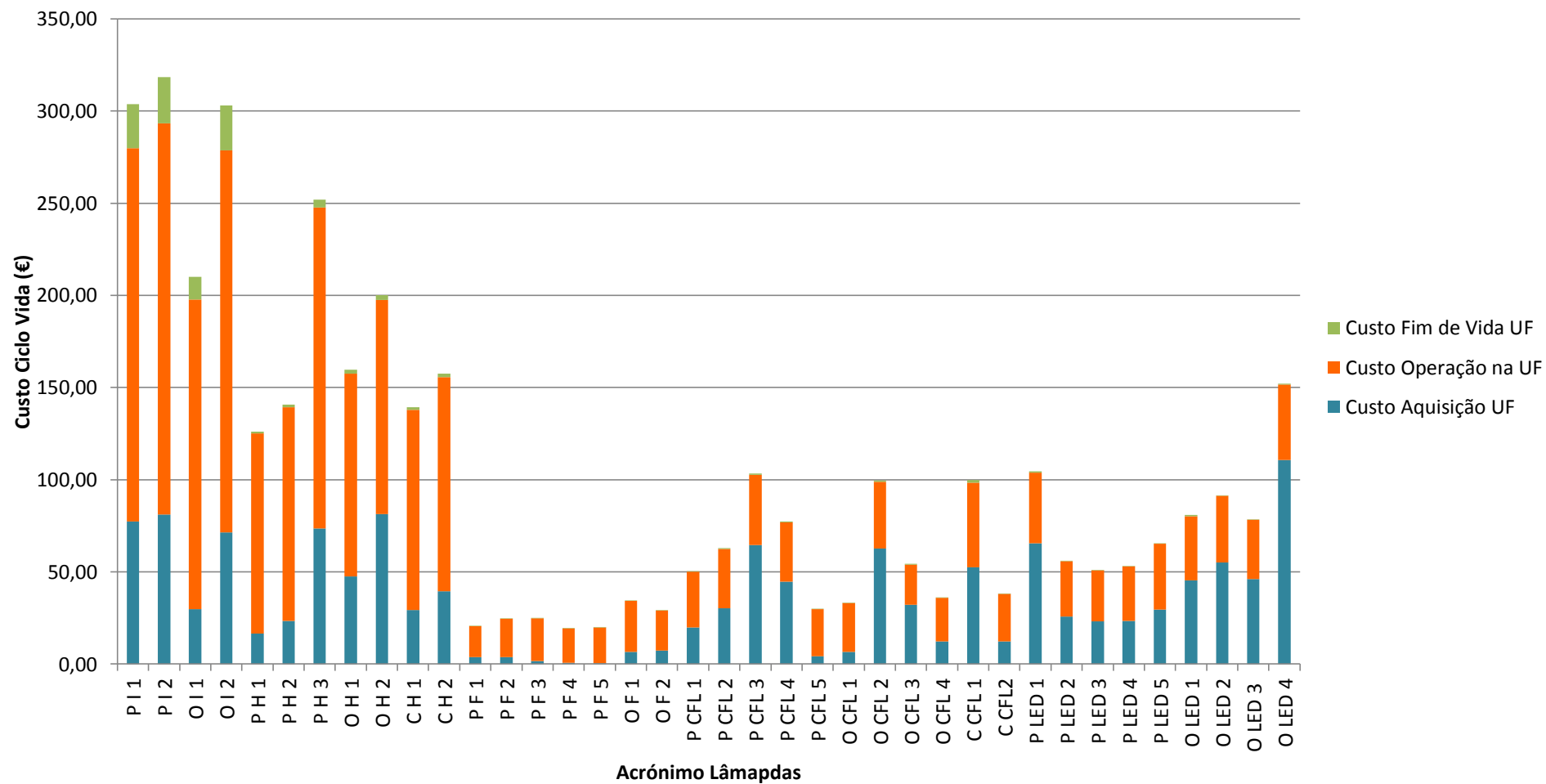


Figura 39. Gráfico de barras com o Custo de Ciclo de Vida das Lâmpadas Seleccionadas

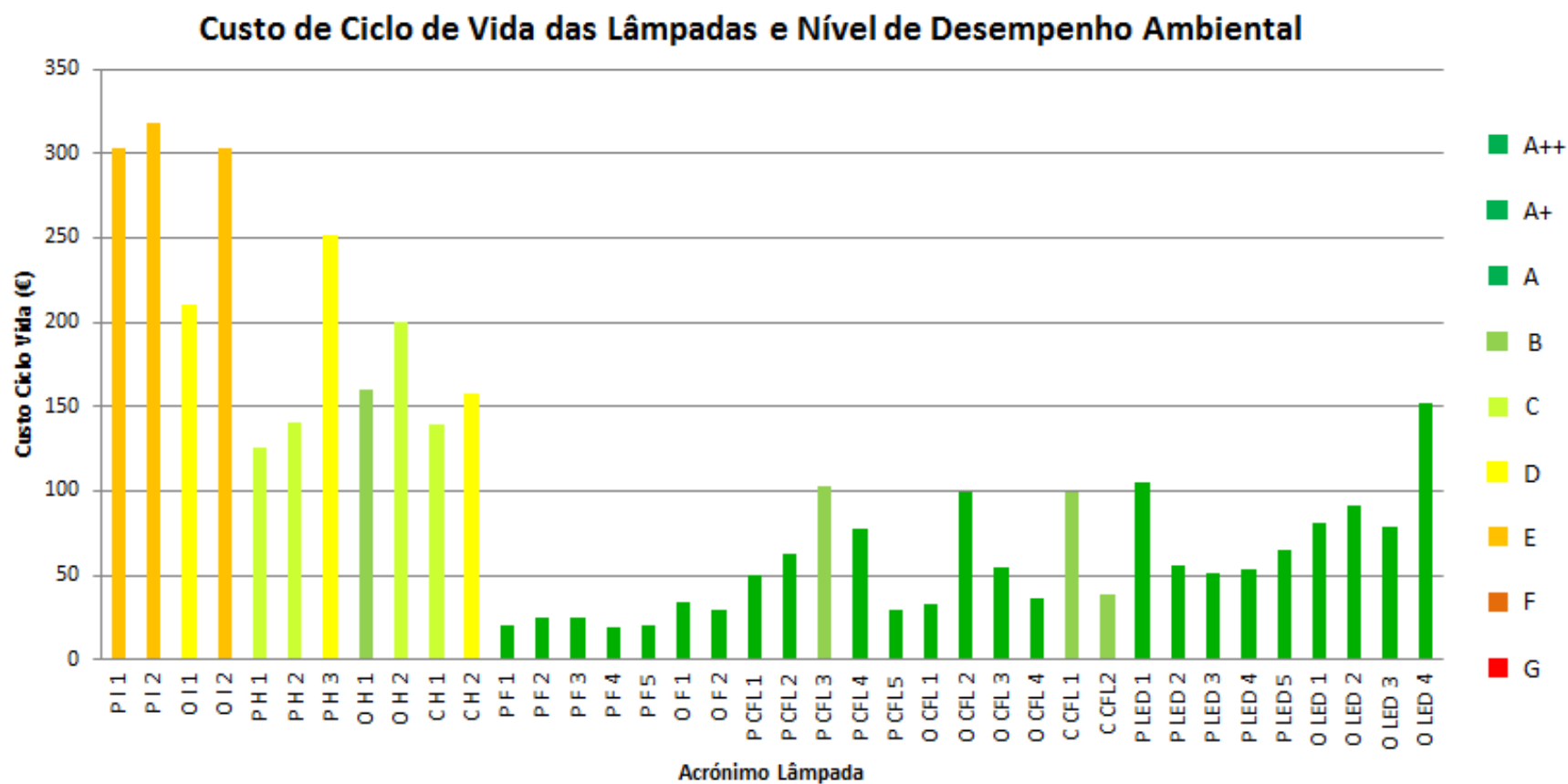


Figura 40. Gráfico de Barras com o Custo de Ciclo de Vida e o nível de desempenho das lâmpadas seleccionadas