

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Sustentabilidade e Eficiência Energética em Edifícios de Serviços

Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Márcio Rafael Fonseca Mesquita

Orientador: Professor Doutor Sérgio Augusto Pires Leitão



Vila Real, 2017

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Sustentabilidade e Eficiência Energética em Edifícios de Serviços

Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Márcio Rafael Fonseca Mesquita

Orientador: Professor Doutor Sérgio Augusto Pires Leitão

Dissertação submetida à
UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO
para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
de acordo com o disposto no
Regulamento Geral dos Ciclos de Estudo Conducentes ao Grau de Mestre na UTAD DR, 2.^a
série – n.º 133 – Regulamento n.º 658/2016 de 13 de julho de 2016



Orientação Científica:

Sérgio Augusto Pires Leitão

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharias da Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Composição do Júri:

Presidente:

Doutor João Agostinho Batista de Lacerda Pavão

Professor Auxiliar da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vogais:

Doutor João Rafael da Costa Sanches Galvão

Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Doutor Sérgio Augusto Pires Leitão

Professor Auxiliar da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

“O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece”

(Benjamin Disraeli)

Agradecimentos

Os meus agradecimentos ao meu orientador Professor Doutor Sérgio Augusto Pires Leitão pela disponibilidade e constante auxílio na elaboração deste trabalho, pelo conhecimento transmitido e, acima de tudo, pela motivação.

Ao Engenheiro Rui Filipe Matos Fortuna pela disponibilidade no esclarecimento de dúvidas e pelo auxílio prestado.

Aos meus pais e irmão pelo incentivo e apoio constante ao longo desta aventura, pois são eles os principais responsáveis por tudo o que alcancei até hoje.

A todos os meus colegas e amigos que me acompanharam ao longo desta caminhada e com quem passei grandes momentos e que irei sempre recordar.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

Nos dias de hoje a energia elétrica é considerada o “motor” das sociedades. Assiste-se a um consumo crescente de energia elétrica com maior expressão nos países em desenvolvimento. No entanto, é nos países desenvolvidos que o consumo de energia é maior. Para satisfazer esse consumo crescente de energia os responsáveis têm vindo a procurar soluções que minimizem os impactos e que garantam segurança no seu fornecimento.

A eficiência energética é o modo mais rápido, barato e limpo de reduzir os consumos de energia e, como tal, deve haver uma sensibilização quer por parte das empresas, quer por parte do consumidor doméstico para este tema.

Atualmente assiste-se a uma preocupação crescente por parte dos gestores de empresas e instituições com os gastos em energia e em particular em energia elétrica. Em algumas atividades estes custos representam um elevado peso no conjunto dos seus gastos. A pressão exercida sobre os responsáveis da gestão dos ativos humanos e físicos resultantes do cumprimento de normas e diretivas no sentido de minimizar custos de energia, aumentar a eficiência energética, incorporar fontes de energia renováveis e as preocupações ambientais com a redução da emissão de gases de efeito de estufa, leva à procura de soluções de compromisso que satisfaçam estes objetivos.

É neste sentido de diminuição de custos com a energia e aumento da eficiência energética que irá ser feito o estudo de dois sistemas de iluminação, um mais tradicional e outro com tecnologias mais atuais, simular e fazer a comparação entre ambos por forma a perceber quais as diferenças entre estes e a viabilidade económica de um possível investimento no sistema de iluminação mais eficiente. Será ainda feita a mesma análise com dois sistemas de climatização, uma vez que também ocupa uma grande percentagem do consumo energético dos edifícios de serviços.

Palavras-Chave: Energia, eficiência energética, eletricidade, edifícios de serviços, iluminação, climatização.

Abstract

Nowadays, electricity is considered the "engine" of societies. There is an increasing consumption of electricity with greater expression in developing countries. However, it is in developed countries that the energy consumption is higher. To meet this growing energy consumption those responsible have been looking for solutions that minimize impacts and ensure safety in their supply.

Energy efficiency is the fastest, cheapest and cleanest way to reduce energy consumption and, as such, there should be awareness both by companies and by the domestic consumer on this issue.

Currently there is a growing concern by managers of companies and institutions with the expenses in energy and, most specifically, electrical energy. In some activities these costs represent a heavy burden on all your expenses. The pressure on those responsible for managing human and physical assets resulting from compliance with standards and directives to minimize energy costs, increase energy efficiency, incorporate renewable energy sources and environmental concerns with the reduction of greenhouse gas emissions, leads to the search for compromise solutions that meet these objectives.

It is in this sense of cost reduction with energy and increased energy efficiency that will be done the study of two lighting systems, one more traditional and the other with the most current technologies, to simulate and compare both to understand the differences between them and the economic viability of a possible investment in the most efficient lighting system. The same will be done with two air conditioning systems, since it also occupies a significant percentage of the energy consumption of the service buildings.

Keywords: Energy, energy efficiency, electricity, service buildings, lighting, air conditioning

Índice

Capítulo I – Introdução	1
1.1. Motivações e Objetivos	1
1.2. Estrutura da Dissertação	1
Capítulo II - Enquadramento Energético	3
2.1. Panorama Energético Mundial	3
2.1.1. Combustíveis Fósseis	5
2.1.2. Eletricidade	6
2.1.3. Consumo mundial de energia por setor	7
2.1.3.1. Edifícios residenciais e comerciais	7
2.1.3.2. Setor Industrial	8
2.1.3.3. Setor dos Transportes	8
2.2. Panorama Energético Nacional	8
2.2.1. Política Energética Nacional	9
2.2.2. Sistema Electroprodutor Nacional	11
2.2.3. Impacto das Energias Renováveis no Panorama Energético Nacional	13
2.2.3.1. Energia Hídrica	15
2.2.3.2. Energia Eólica	17
2.2.3.3. Biomassa	19
2.2.3.4. Energia Solar	21
2.2.4. Metas Nacionais para as Energias Renováveis	23
2.3. Eficiência Energética	24
2.3.1. Operações de Gestão Energética	25
2.3.1.1. Auditorias Energéticas	26
2.3.1.2. Plano de EE	28
2.3.1.3. Monitorização do Desempenho das Medidas Implementadas	29
2.3.2. Eficiência Energética em Portugal	29
2.3.2.1. PNAEE	30
2.3.2.2. Eco.AP	32
2.3.3. Edifícios Energeticamente Eficientes	33
2.3.3.1. Certificação Energética de Edifícios	35

Capítulo III – Iluminação-----	39
3.1. Iluminação Natural-----	39
3.2. Conceitos e Grandezas Luminotécnicas Fundamentais-----	40
3.2.1. Luz-----	41
3.2.2. Fluxo Luminoso-----	42
3.2.3. Intensidade Luminosa-----	43
3.2.4. Iluminância -----	43
3.2.5. Luminância -----	44
3.2.6. Índice de Reprodução de Cores-----	46
3.2.7. Temperatura da Cor -----	46
3.2.8. Eficiência Luminosa -----	47
3.2.9. Fator de Utilização -----	49
3.2.10. Fator de Depreciação-----	49
3.2.11. Potência Total Instalada -----	50
3.3. Sistemas de Iluminação -----	50
3.4. Componentes de um Sistema de Iluminação-----	52
3.4.1. Lâmpadas-----	52
3.4.1.1. Lâmpadas Incandescentes-----	53
3.4.1.2. Lâmpadas de Halogéneo-----	53
3.4.1.3. Lâmpadas Fluorescentes Tubulares -----	55
3.4.1.4. Lâmpadas Fluorescentes Compactas-----	57
3.4.1.5. Díodos Emissores de Luz (LED) -----	58
3.4.2. Luminárias -----	60
3.4.3. Sistemas de Controlo de Iluminação-----	63
3.4.3.1. Comando Manual -----	64
3.4.3.2. Sistemas Automáticos de Controlo-----	64
3.5. Fundamentos do Projeto de Iluminação-----	68
Capítulo IV – Climatização -----	69
4.1. Conforto Térmico -----	69
4.2. Climatização de Edifícios-----	70
4.3. Sistemas AVAC -----	71
4.4. Ar Condicionado -----	73

4.4.1.	Classificação dos sistemas de ar condicionado -----	74
4.4.1.1.	Sistema de Expansão Direta -----	74
4.4.1.2.	Sistema Tudo Água-----	75
4.4.1.3.	Sistema Ar-Água-----	76
4.4.1.4.	Sistema Tudo Ar -----	76
4.4.2.	Sistemas Monosplit e Multi-split -----	77
4.4.2.1.	Sistemas Monosplit-----	78
4.4.2.2.	Sistemas Multi-split -----	79
4.4.3.	Tecnologia Inverter-----	80
Capítulo V – Caso de Estudo -----		83
5.1.	Caracterização do Edifício-----	83
5.2.	Estudo de caso - Iluminação -----	84
5.2.1.	Caracterização do Sistema de Iluminação Interior Tradicional-----	85
5.2.2.	Caracterização da Solução Proposta -----	88
5.2.3.	Comparação dos Sistemas de Iluminação-----	89
5.2.3.1.	Vestiários/Balneários dos Empregados-----	89
5.2.3.2.	Instalações Sanitárias dos Empregados-----	93
5.2.3.4.	Corredor -----	99
5.2.3.5.	Arrecadação e Dispensa do Dia -----	103
5.2.3.6.	Cozinha -----	107
5.2.3.7.	Antecâmara dos Sanitários, Sanitários, WC Masculinos 1 e 2, WC Femininos 1 e 2 -----	110
5.2.3.8.	Salas de Refeições 1 e 2 -----	118
5.2.3.9.	Halls de Entrada 1 e 2-----	122
5.2.3.10.	Zona de Café-----	126
5.2.4.	Análise dos Custos e Consumos Energéticos -----	129
5.2.5.	Estudo de Viabilidade Económica -----	132
5.3.	Estudo de caso - Climatização-----	133
5.3.1.	Determinação das Potências dos Equipamentos a Instalar -----	134
5.3.2.	Escolha dos Equipamentos – Sistema Monosplit-----	135
5.3.3.	Escolha dos Equipamentos – Sistema Multi-Split -----	136
5.3.4.	Comparação dos Sistemas de Climatização -----	137

5.3.4.1.	Configuração de Montagem no Edifício -----	137
5.3.4.2.	Comparação de Consumos Energéticos -----	139
5.3.4.3.	Comparação de Custos-----	140
5.3.5.	Estudo de Viabilidade Económica -----	141
Capítulo VI – Conclusões e Perspetivas de Trabalhos Futuros -----		143
6.1.	Conclusões-----	143
6.2.	Perspetivas de Trabalhos Futuros -----	144
Referências -----		145
Anexo A -----		149
Anexo B-----		151
Anexo C-----		155
Anexo D -----		161

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Consumo energético mundial por grupos de países (OCDE, não-OCDE Ásia e outros não-OCDE), em quad Btu. [1]	3
Figura 2.2 – Estimativa e projeção da evolução da população mundial por área geográfica, 1950-2100. [2]	4
Figura 2.3 – Consumo mundial de derivados de Petróleo (Milhares de Barris por dia). [3] .5	
Figura 2.4 - Produção de eletricidade mundial por fonte de energia (Triliões de kWh). [2] .6	
Figura 2.5 – Consumo de energia primária per capita, em kgep. [4]	9
Figura 2.6 – Mix da capacidade instalada para produção de eletricidade em 2015. [6]	11
Figura 2.7 – Consumo de eletricidade por setor de atividade em 2015. [6].....	12
Figura 2.8 – Consumo de eletricidade por Distrito (GWh) [6]	13
Figura 2.9 – Impacto das energias renováveis na dependência energética nacional [7]	14
Figura 2.10 – Produção de energia de origem FER [13].....	14
Figura 2.11 – Produção de energia de origem FER por região do país [13]	15
Figura 2.12 – Capacidade eólica geradora instalada em Portugal. [12].....	18
Figura 2.13 – Produção de energia de origem eólica por região do país 2007 - 2016. [13] 18	
Figura 2.14 – Geração eólica vs consumo de eletricidade 2006 – 2016 em Portugal Continental. [12].....	19
Figura 2.15 – Produção anual de energia elétrica com base em biomassa + RSU + biogás. [14]	20
Figura 2.16 – Produção anual de energia elétrica com base em FER, em Portugal, em 2016. [14]	21
Figura 2.17 – Irradiação solar média na Europa. [15].....	22
Figura 2.18 - Produção anual de energia elétrica de origem fotovoltaica. [13]	23
Figura 2.19 – Evolução na meta de incorporação de renováveis no consumo final bruto de energia de acordo com a Diretiva 28/2009/CE. [6].....	24
Figura 2.20 - Síntese global dos impactos do PNAEE 2016 - Poupança Energia Primária (tep), in Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de abril de 2013. [17]	32
Figura 2.21 – Classes de EE em Edifícios. [19].....	36
Figura 3.1 – Espectro eletromagnético. [21]	41
Figura 3.2 – Curva de sensibilidade do olho a radiações monocromáticas. [21]	41

Figura 3.3 – Esquema do fluxo Luminoso de uma lâmpada. [21]	42
Figura 3.4 – Esquema representativo da Intensidade Luminosa. [21]	43
Figura 3.5 – Esquema representativo da Iluminância. [21].....	44
Figura 3.6 – Esquema representativo da Luminância. [21].....	44
Figura 3.7 – Representação da superfície aparente e ângulo considerado para o cálculo da Luminância. [21]	45
Figura 3.8 – Tonalidade de cor e reprodução de cores. [21]	46
Figura 3.9 – Temperatura de Cor. [21].....	47
Figura 3.10 – Evolução da Eficiência Luminosa das fontes de luz. [21]	48
Figura 3.11 – Iluminação geral + Iluminação localizada + Iluminação de tarefa. [21]	51
Figura 3.12 – Classificação das Luminárias segundo o fluxo luminoso. [21]	52
Figura 3.13 – Esquema de funcionamento da lâmpada incandescente.	53
Figura 3.14 – Ciclo do halogênio.	54
Figura 3.15 – Lâmpadas de Halogênio.....	55
Figura 3.16 – Componentes de uma lâmpada fluorescente tubular. [24].....	56
Figura 3.17 – Influência do diâmetro do tubo no fluxo luminoso emitido.	56
Figura 3.18 – Lâmpadas Fluorescentes Compactas.	57
Figura 3.19 – Princípio de funcionamento do LED.	58
Figura 3.20– Lâmpadas LED.	59
Figura 3.21 – Luminárias.	61
Figura 3.22 – Exemplo de curva fotométrica de uma luminária.	62
Figura 3.23 – Interruptores horários.....	65
Figura 3.24 – Sensores de Presença.	66
Figura 4.1 – Funcionalidades de um sistema de climatização. [26].....	72
Figura 4.2 – Esquema de funcionamento de um sistema de ar condicionado	73
Figura 4.3 – Esquema de funcionamento de um sistema ar condicionado de expansão direta	75
Figura 4.4 – Ar condicionado monosplit	78
Figura 4.5 – Tipos de unidades interiores	79
Figura 4.6 – Ar condicionado multi-split	79
Figura 4.7 – Poupança de energia com a tecnologia inverter	80
Figura 5.1 – Planta do edifício.	83

Figura 5.2 – Níveis de Iluminância recomendados por compartimento.....	84
Figura 5.3 – Tipos de lâmpadas instalados na solução tradicional	85
Figura 5.4 – Distribuição do número de lâmpadas instalados no sistema tradicional por potência	86
Figura 5.5 – Número de Luminárias utilizadas no sistema tradicional em função do tipo de instalação.....	86
Figura 5.6 – Modelo 3D da simulação do sistema de iluminação tradicional no Dialux.....	87
Figura 5.7 – Distribuição do número de lâmpadas instalados na solução proposta por potência	88
Figura 5.8 – Número de Luminárias utilizadas na solução proposta em função do tipo de instalação.....	89
Figura 5.9 – Representação 3D no Dialux do vestiário/balneário dos empregados.....	90
Figura 5.10 – Curva fotométrica da luminária utilizada no vestiário/balneário no sistema tradicional.....	91
Figura 5.11 - Curva fotométrica da luminária utilizada no vestiário/balneário na solução proposta.	91
Figura 5.12 – Linhas isográficas do vestiário/balneário no sistema tradicional	92
Figura 5.13 – Linhas isográficas do vestiário/balneário na solução proposta.....	92
Figura 5.14 – Representação 3D no Dialux das instalações sanitárias dos empregados.....	93
Figura 5.15 – Curva fotométrica da luminária utilizada nas instalações sanitárias dos empregados no sistema tradicional.....	95
Figura 5.16 - Curva fotométrica da luminária utilizada nas instalações sanitárias dos empregados na solução proposta.....	95
Figura 5.17 – Linhas isográficas nas instalações sanitárias dos empregados do sistema tradicional.....	95
Figura 5.18 – Linhas isográficas nas instalações sanitárias dos empregados na solução proposta.....	95
Figura 5.19 – Representação 3D no Dialux da zona de lixos.....	97
Figura 5.20 – Curva fotométrica da luminária utilizada na zona de lixos no sistema tradicional.....	98
Figura 5.21 – Curva fotométrica da luminária utilizada na zona de lixos na solução proposta.	98

Figura 5.22 – Linhas isográficas na zona de lixos do sistema tradicional	98
Figura 5.23 – Linhas isográficas na zona de lixos da solução proposta.....	98
Figura 5.24 – Representação 3D no Dialux do corredor.....	100
Figura 5.25 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas no corredor no sistema tradicional	101
Figura 5.26 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas no corredor na solução proposta	101
Figura 5.27 – Linhas isográficas no corredor do sistema tradicional.....	102
Figura 5.28 – Linhas isográficas no corredor na solução proposta.....	102
Figura 5.29 – Representação 3D no Dialux da: a) arrecadação b) dispensa do dia	103
Figura 5.30 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na arrecadação e na dispensa do dia, no sistema tradicional.....	105
Figura 5.31 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na arrecadação e na dispensa do dia, na solução proposta	105
Figura 5.32 – Linhas isográficas da arrecadação: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	105
Figura 5.33 – Linhas isográficas da dispensa do dia: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	106
Figura 5.34 – Representação 3D no Dialux da cozinha	107
Figura 5.35 – Curva fotométrica da luminária utilizada na cozinha no sistema tradicional.	108
Figura 5.36 - Curva fotométrica da luminária utilizada na cozinha na solução proposta. .	108
Figura 5.37 – Linhas isográficas da cozinha do sistema tradicional	109
Figura 5.38 – Linhas isográficas da cozinha na solução proposta	109
Figura 5.39 – Representação 3D no Dialux da: a) antecâmara dos sanitários b) sanitários c) WC Masculino 1.....	111
Figura 5.40 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na antecâmara dos sanitários e nos sanitários: a) no sistema tradicional b) na solução proposta	112
Figura 5.41 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nos WCs masculinos e femininos: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	113
Figura 5.42 – Linhas isográficas da antecâmara dos sanitários: a) no sistema tradicional b) na solução proposta	114

Figura 5.43 – Linhas isográficas dos sanitários: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	114
Figura 5.44 – Linhas isográficas do WC Masculino 1: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	114
Figura 5.45 – Linhas isográficas do WC Masculino 2: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	115
Figura 5.46 – Linhas isográficas do WC Feminino 1: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	115
Figura 5.47 – Linhas isográficas do WC Feminino 2: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	115
Figura 5.48 – Representação 3D no Dialux da: a) sala de refeições 1 b) sala de refeições 2.....	119
Figura 5.49 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nas salas de refeições 1 e 2, no sistema tradicional.....	120
Figura 5.50 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nas salas de refeições 1 e 2, na solução proposta.....	120
Figura 5.51 – Linhas isográficas da sala de refeições 1: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	121
Figura 5.52 – Linhas isográficas da sala de refeições 2: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	121
Figura 5.53 – Representação 3D no Dialux da: a) Hall de entrada 1 b) Hall de entrada 2.....	123
Figura 5.54 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nos halls de entrada 1 e 2, no sistema tradicional.....	124
Figura 5.55 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nos halls de entrada 1 e 2, na solução proposta.....	124
Figura 5.56 – Linhas isográficas do Hall de entrada 1: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	125
Figura 5.57 – Linhas isográficas da sala de refeições 2: a) no sistema tradicional b) na solução proposta.....	125
Figura 5.58 – Representação 3D no Dialux da zona de café.....	127
Figura 5.59 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na zona de café no sistema tradicional.....	128

Figura 5.60 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na zona de café na solução proposta.....	128
Figura 5.61 – Linhas isográficas da zona de café no sistema tradicional	128
Figura 5.62 – Linhas isográficas da zona de café na solução proposta.....	128
Figura 5.63 – Energia Consumida anualmente pelo edifício por ambos os sistemas de iluminação	130
Figura 5.64 – Percentagem de consumo anual de energia por compartimento no sistema tradicional.....	130
Figura 5.65 – Percentagem de consumo anual de energia por compartimento na solução proposta	131
Figura 5.66 – Custo do consumo anual de energia do edifício por ambos os sistemas de iluminação	131
Figura 5.67 – Cash-flows acumulados (€)	133
Figura 5.68 – Montagem do sistema monosplit	138
Figura 5.69 – Montagem do sistema multi-split.....	138
Figura A.1 – Planta do Edifício.....	149
Figura B.1 – Lista de Luminárias do Sistema Tradicional.....	152
Figura B.2 – Lista de Luminárias da Solução Proposta	154
Figura C.1 – Especificações técnicas das Unidades Interiores	155
Figura C.2 – Preços das Unidades para o sistema monosplit.....	156
Figura C.3 – Especificações técnicas da unidade exterior para o sistema multi-split.....	157
Figura C.4 – Preços das unidades interiores para o sistema multi-split.....	158
Figura C.5 – Preço da unidade exterior para o sistema multi-split	159
Figura D.1 – Relação entre o VAL e a TIR.....	162

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Capacidade instalada por tipo de fonte em Portugal (MW) em 2015. [6]	12
Tabela 2.2 - Potencialidades hidroelétricas no território continental português [11]	16
Tabela 3.1 – Exemplo de tabela de Fator de Utilização de Luminária. [22].....	49
Tabela 5.1 – Coeficientes de reflexão do vestiário/balneário dos empregados.....	90
Tabela 5.2 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados nos vestiários/balneários dos empregados	91
Tabela 5.3 – Coeficientes de reflexão das instalações sanitárias dos empregados	94
Tabela 5.4 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados nas instalações sanitárias dos empregados	94
Tabela 5.5 – Coeficientes de reflexão da zona de lixos	97
Tabela 5.6 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na zona de lixos	97
Tabela 5.7 – Coeficientes de reflexão do corredor.....	100
Tabela 5.8 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados no corredor	101
Tabela 5.9 – Coeficientes de reflexão da arrecadação e da dispensa do dia	103
Tabela 5.10 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na arrecadação e na dispensa do dia.....	104
Tabela 5.11 – Coeficientes de reflexão das instalações sanitárias dos empregados	107
Tabela 5.12 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na cozinha	108
Tabela 5.13 – Coeficientes de reflexão da antecâmara dos sanitários, sanitários, WC Masculino 1 e 2 e WC Feminino 1 e 2.....	111
Tabela 5.14 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na antecâmara dos sanitários, sanitários, WC Masculino 1 e 2, WC Feminino 1 e 2.....	112
Tabela 5.15 – Valores de iluminância média na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs, em ambos os sistemas de iluminação	113
Tabela 5.16 – Valores da Temperatura de cor e IRC na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs, em ambos os sistemas de iluminação	116

Tabela 5.17 – Valores da Potência Total Instalada na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs, em ambos os sistemas de iluminação	116
Tabela 5.18 – Valores da Energia Consumida Diariamente na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs, em ambos os sistemas de iluminação	117
Ao procedermos à substituição do sistema de iluminação tradicional pela solução proposta vamos ter os valores de redução anual no consumo de energia descritos na tabela 5.19...	117
Tabela 5.19 – Valores da Redução anual no consumo de energia na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs	117
Tabela 5.20 – Valores do custo do consumo anual de energia na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs em ambos os sistemas de iluminação	117
Tabela 5.21 – Preço Unitário das Luminárias da solução Proposta para a antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs	118
Tabela 5.22 – Custo médio anual de manutenção das lâmpadas na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs.....	118
Tabela 5.23 – Coeficientes de reflexão das salas de refeições 1 e 2	119
Tabela 5.24 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados nas salas de refeições 1 e 2	120
Tabela 5.25 – Coeficientes de reflexão das salas de refeições 1 e 2	123
Tabela 5.26 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados nos halls de entrada 1 e 2	124
Tabela 5.27 – Coeficientes de reflexão da zona de café	127
Tabela 5.28 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na zona de café.....	127
Tabela 5.29 – Custo de equipamentos da solução proposta.....	132
Tabela 5.30– Parâmetros financeiros mais importantes do projeto.....	132
Tabela 5.31 – Características principais do equipamento de ar condicionado escolhido para a sala de refeições 1.....	135
Tabela 5.32 – Características principais do equipamento de ar condicionado escolhido para a sala de refeições 2.....	136
Tabela 5.33 – Características principais da unidade exterior escolhida para o sistema multi-split	137

Tabela 5.34 – Comparação de consumos energéticos anuais entre ambos os sistemas de climatização.....	139
Tabela 5.35 – Custo dos equipamentos do sistema monosplit.....	140
Tabela 5.36 – Custo dos equipamentos do sistema multi-split	140
Tabela 5.37 – Resumo de custos de ambos os sistemas de climatização.....	141

Lista de Abreviaturas e Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
AQS	Águas Quentes Sanitárias
BTU	British Thermal Unit
COP	Coefficient Of Performance (Coeficiente de Desempenho)
CO₂	Dióxido de Carbono
CPP	US Clean Power Plan
DDC	Diagrama de Carga
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EE	Eficiência Energética
ESE	Empresas de Serviços Energéticos
FC	Lâmpada Fluorescente Compacta
FER	Fontes de Energias Renováveis
FT	Lâmpada Fluorescente Tubular
IEA	Internacional Energy Agency
IEO	International Energy Outlook
IRC	Índice de Reprodução Cromática
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
LED	Light Emitting Diode
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PCH	Pequenas Centrais Hidroelétricas
PIB	Produto Interno Bruto
PNAEE	Plano Nacional para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PNBEPH	Programa Nacional de Barragens de Elevado Potencial Hidroelétrico
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

SCE	Sistema de Certificação Energética
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
VAL	Valor Atual Líquido
UE	União Europeia

Capítulo I – Introdução

1.1. Motivações e Objetivos

Numa época em que tanto se fala de redução de desperdícios de energia e consequente aumento da eficiência energética em praticamente todos os setores, aliado às preocupações ambientais e a otimização de recursos a nível mundial, para a produção de energia, e em particular para a energia elétrica, faz com que existam diversas diretivas europeias e nacionais com o objetivo da utilização racional dessa energia, utilizando máquinas e equipamentos cada vez mais eficientes. Por estes motivos e por ser uma área da qual gosto particularmente, decidi desenvolver a dissertação neste tema, e o principal objetivo é compreender em que medida a utilização de diferentes tecnologias num edifício de serviços pode afetar o consumo energético e, consequentemente, os gastos económicos com a energia.

Outro objetivo é tentar perceber quais as tecnologias atuais, nomeadamente ao nível da iluminação e climatização, mais rentáveis em termos de consumo energético, mas também em termos de conforto de utilização, pois podemos ter uma tecnologia que me permita menores gastos energéticos, mas que não mantenha o mesmo nível de conforto, e não é isso que se pretende. Assim serão simuladas várias soluções de iluminação e climatização para um edifício de serviços e serão apresentados os resultados e as comparações entre eles, para se perceber qual o mais eficiente e mais interessante investir no edifício em estudo.

1.2. Estrutura da Dissertação

A dissertação está estruturada em seis capítulos.

O presente capítulo, introdutório, onde são explicadas as motivações e os objetivos que me levaram a querer abordar este tema.

No segundo capítulo é feito um enquadramento do panorama energético mundial e nacional, sendo mostrados dados relativos à produção e consumo de energia no país e no mundo.

No terceiro capítulo serão abordados os fundamentos teóricos fundamentais ligados a um projeto de iluminação e ao estudo da eficiência de um sistema de iluminação.

No quarto capítulo serão abordados alguns conceitos ligados à climatização de edifícios e será feita uma breve introdução teórica das tecnologias utilizadas atualmente para climatização de edifícios.

No quinto capítulo serão expostos os resultados obtidos na simulação (realizada no *Dialux*) de dois sistemas de iluminação distintos e todos os dados obtidos nessa simulação, sendo feita a comparação em termos de consumos energéticos e custos de investimento numa solução por mim proposta, por forma a determinar a sua viabilidade económica. Serão também expostos os resultados da comparação entre dois sistemas de climatização, por forma a perceber qual o mais eficiente e mais rentável num possível investimento.

Por fim, no capítulo seis serão apresentadas as conclusões baseadas nos resultados obtidos e expostos no capítulo anterior, bem como sugestões de possíveis trabalhos futuros.

Capítulo II - Enquadramento Energético

Neste capítulo é apresentada a situação mundial e nacional no que diz respeito a questões ligadas ao setor da energia.

Irá começar-se por abordar a situação energética mundial atual, mostrando dados relativos à produção e consumo de energia no mundo. Falar-se-á, de seguida, da situação energética nacional, dando a conhecer o estado do país em termos de produção e consumos de energia e aprofundar-se-á a questão das energias renováveis, as metas e os planos nacionais para o setor da energia.

2.1. Panorama Energético Mundial

A perspetiva para a utilização de energia em todo o mundo apresentada no IEO2016 (International Energy Outlook 2016) mostra níveis crescentes de procura durante as próximas três décadas, liderada por fortes aumentos em países fora da OCDE, especialmente na Ásia. Os países asiáticos fora da OCDE, incluindo a China e a Índia, representam mais de metade do total mundial do aumento no consumo de energia durante o período de projeção de 2012 a 2040.

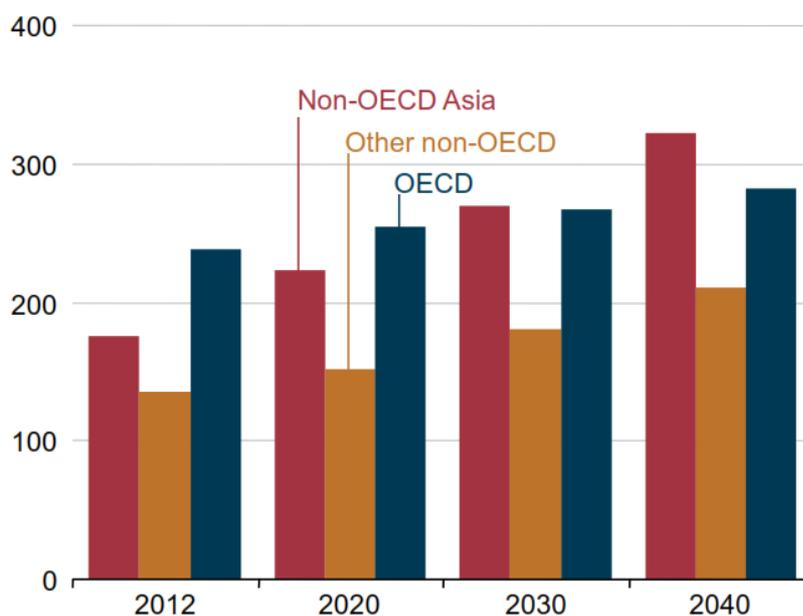


Figura 2.1 – Consumo energético mundial por grupos de países (OCDE, não-OCDE Ásia e outros não-OCDE), em quad Btu. [1]

A maior parte do crescimento energético mundial ocorrerá nos países não pertencentes à OCDE, onde um crescimento económico relativamente forte a longo prazo impulsiona a crescente procura de energia. Prevê-se que o consumo de energia fora da OCDE irá aumentar em 71% entre 2012 e 2040, em comparação com um aumento de 18% nos países da OCDE. O consumo de energia na região combinada não pertencente à OCDE ultrapassou em primeiro lugar o da OCDE em 2007 e, em 2012, os países não membros da OCDE representaram 57% do consumo mundial total de energia. Em 2040, quase dois terços da energia primária do mundo serão consumidos nas economias não pertencentes à OCDE. [1]

Um dos principais fatores para o aumento gradual do consumo de energia com o passar do tempo deve-se ao facto de estar previsto um aumento da população nos próximos anos. Desta forma, é importante promover medidas de racionalização energética e de proteção ambiental ligadas ao consumo de energia de modo a reduzir o impacto que advém deste.

O crescimento populacional contribuirá para um aumento no consumo de energia e de outros recursos, ou seja, implicará a construção de mais cidades, a criação de mais transportes e de postos de trabalho que necessitarão desses recursos.

Um dos problemas que se verifica com este aumento é o facto de este nos levar ao aumento da procura de combustíveis que trarão quer impactos ambientais, quer impactos políticos em todos os países.

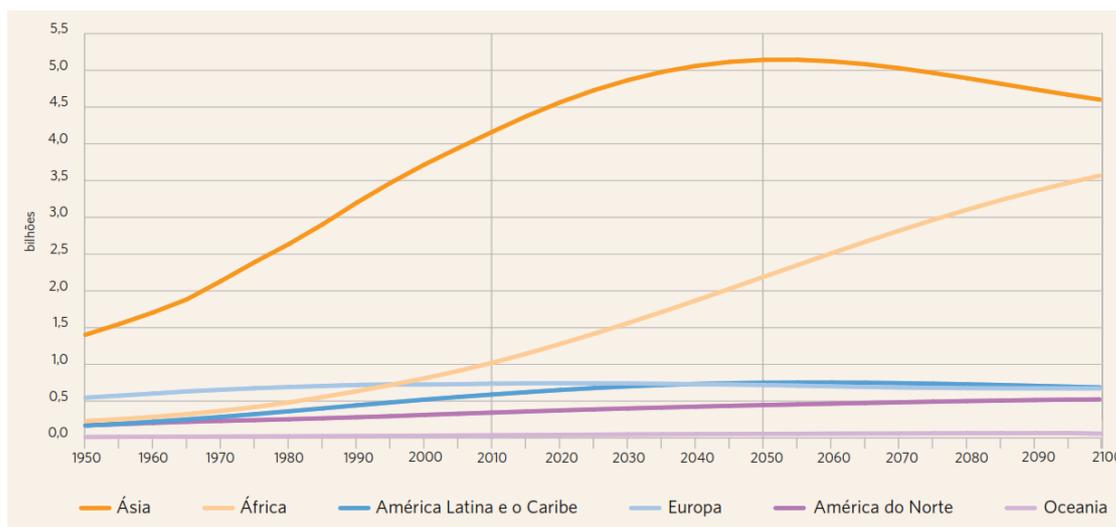


Figura 2.2 – Estimativa e projeção da evolução da população mundial por área geográfica, 1950-2100. [2]

Analisando a figura 2.2 verificamos que o continente Asiático apresentará um aumento da população até aproximadamente 2050, ultrapassando mais de 5 bilhões de pessoas. Em África prevê-se um aumento significativo da população, prevendo-se que em 2050 já

tenha mais de 2 bilhões de pessoas. A Europa, em 2050, terá aproximadamente menos 14% da população atual.

2.1.1. Combustíveis Fósseis

O consumo mundial de petróleo e outros combustíveis fósseis tem vindo a aumentar, ultrapassando os 90 milhões de barris por dia (b/d) em 2015, prevendo-se para 2020 ultrapassar os 100 milhões de b/d e os 120 milhões de b/d em 2040.

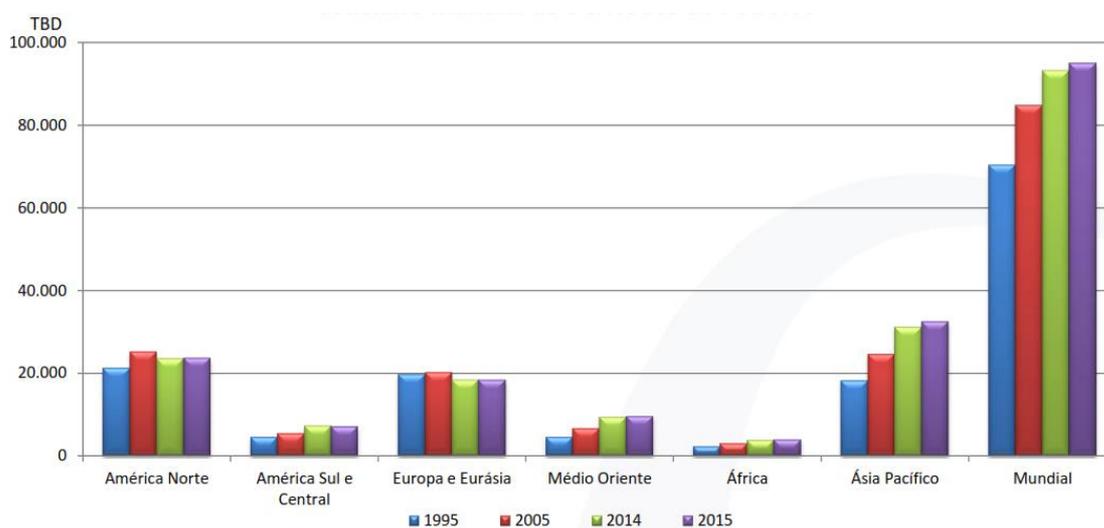


Figura 2.3 – Consumo mundial de derivados de Petróleo (Milhares de Barris por dia). [3]

A maior parte do crescimento no consumo de combustíveis fósseis está nos setores dos transportes e industrial.

No setor dos transportes, em particular, os combustíveis fósseis continuam a fornecer a maior parte da energia consumida. Apesar dos avanços nas tecnologias para encontrar alternativas viáveis aos combustíveis fósseis neste setor, ainda não são suficientes para serem alternativas sólidas.

O consumo de combustíveis fósseis no setor dos transportes aumenta em média 1,1% por ano e este setor representa 62% do aumento total do consumo de combustíveis fósseis. O restante aumento é atribuído ao setor industrial, principalmente a indústria química, que continua a consumir grandes quantidades de petróleo.

2.1.2. Eletricidade

O setor da energia elétrica permanece entre as áreas mais dinâmicas de crescimento entre todos os mercados de energia. A eletricidade é a forma de consumo de energia que mais tem crescido no mundo. Os sistemas energéticos evoluíram de redes isoladas e não competitivas para mercados integrados nacionais e internacionais.

À medida que aumenta o nível de vida, aumenta, conseqüentemente, a procura de eletrodomésticos e dispositivos eletrónicos, bem como de serviços comerciais, como, por exemplo, hospitais, escolas, edifícios de escritórios ou centros comerciais. Prevê-se assim que o maior crescimento da produção de eletricidade ocorra entre os países em desenvolvimento, não membros da OCDE. A produção de eletricidade aumenta em média 2,5% ao ano nos países não pertencentes à OCDE.

Podemos ver na figura 2.4 um gráfico representativo da produção mundial de eletricidade por fonte de energia.

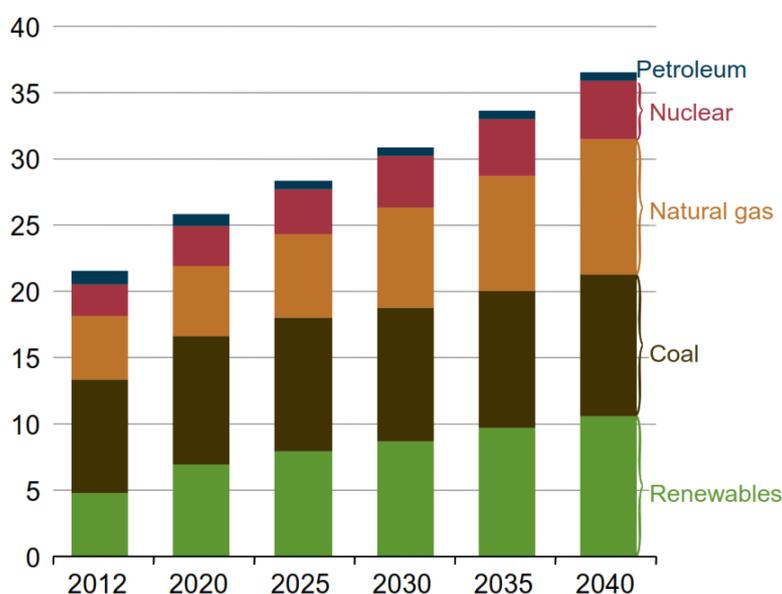


Figura 2.4 - Produção de eletricidade mundial por fonte de energia (Triliões de kWh). [2]

Nos países da OCDE, onde as infraestruturas são mais maduras e o crescimento populacional é relativamente lento ou em declínio, a geração de energia elétrica tem um aumento menos acentuado que nos países fora da OCDE, aumentando em média apenas 1,2% ao ano.

Analisando o gráfico da figura 2.4 podemos perceber que as energias renováveis estão a tornar-se cada vez mais umas das principais fontes de produção de eletricidade,

prevendo-se a tendência de crescimento que se tem registado nos últimos anos. A par das energias renováveis, o carvão e o gás natural são, e prevê-se que continuem a ser, as principais fontes de produção de eletricidade.

2.1.3. Consumo mundial de energia por setor

É importante examinar padrões no consumo de energia entregue aos utilizadores finais e quais os setores que têm maiores necessidades energéticas, para assim podermos avaliar plenamente quais os setores que necessitam de maior foco no que diz respeito ao desenvolvimento de medidas de EE. Esta secção discute o consumo de energia entregue nos setores de edifícios, indústria e transportes. As perdas de energia associadas à geração e transmissão de energia elétrica não estão incluídas nos números de consumo.

2.1.3.1. Edifícios residenciais e comerciais

O setor imobiliário, composto por utilizadores finais residenciais e comerciais, é responsável por 20% da energia total consumida no mundo. No setor residencial, onde o uso de energia é definido como a energia consumida pelas famílias, excluindo os usos do transporte, o consumo de energia entregue no mundo cresce em média 1,4% ao ano. Nos países não pertencentes à OCDE, aumenta em média 2,1% ao ano, resultado do forte crescimento económico e do aumento dos padrões de vida. Nos países da OCDE, o consumo de energia do setor residencial cresce muito mais lentamente, com média de 0,6% ao ano. A menor taxa de crescimento nos países da OCDE deve-se ao crescimento relativamente lento do PIB e da população, bem como de melhorias ao nível construtivo dos edifícios e na eficiência dos aparelhos e equipamentos.

Do mesmo modo, no setor comercial, as taxas de crescimento no consumo de energia mais elevadas ocorrem também nos países não pertencentes à OCDE, como seria expectável. Globalmente, a IEA projeta um crescimento médio no uso comercial de energia de 1,6% ao ano. O consumo de energia no setor comercial em países fora da OCDE aumenta 2,4% ao ano enquanto que nos países da OCDE aumenta 1,1% ao ano. O baixo aumento do PIB e o declínio do crescimento populacional em muitos países da OCDE contribuem para taxas de crescimento mais lentas no consumo de energia neste setor. Além disso, as melhorias contínuas de EE moderam o crescimento do consumo de energia ao longo do tempo.

2.1.3.2. Setor Industrial

O setor industrial representa a maior parcela da energia total consumida no mundo. O setor industrial é responsável por mais de metade do consumo total da energia entregue. Embora o setor industrial seja o maior setor de consumo final de energia, não é o setor cujo crescimento é mais rápido, com o crescimento nos setores residencial, comercial e de transportes a superar cada vez mais o crescimento do setor industrial.

Prevê-se que o consumo de energia do sector industrial a nível mundial aumente em média 1,2% / ano. A maior parte do crescimento energético do setor industrial a longo prazo ocorre em países não pertencentes à OCDE. O consumo de energia industrial nos países não membros da OCDE cresce em média 1,5% ao ano, contra 0,5% ao ano nos países da OCDE.

2.1.3.3. Setor dos Transportes

O consumo mundial de energia no setor dos transportes cresce a uma taxa média anual de 1,4%. A maior parte do crescimento do consumo de energia no setor dos transportes ocorre nos países em desenvolvimento, não pertencentes à OCDE.

O crescimento económico contínuo leva ao aumento dos padrões de vida que resultam na maior procura por viagens pessoais e transporte de mercadorias. Nos países da OCDE, a combinação de padrões de consumo bem estabelecidos, taxas de crescimento económico e populacional comparativamente mais lentas e melhorias na eficiência dos veículos, leva a um aumento médio no consumo total de energia de transporte de apenas 0,2% ao ano.

Em todo o mundo, os combustíveis fósseis continuam a ser a fonte dominante de consumo de energia no setor dos transportes.

2.2. Panorama Energético Nacional

O consumo de energia em Portugal tem aumentado, em média, a um ritmo igual ou superior a 4% ao ano. Parte deste aumento deve-se a maus hábitos de utilização dos equipamentos ou falta de boas práticas de consumo energético.

Uma vez que passamos cerca de 80% do nosso tempo em edifícios, o setor doméstico apresentava em 2015 um peso significativo no consumo energético nacional de cerca de 17%, representando o terceiro maior setor de consumo em Portugal, depois dos setores dos transportes e da indústria.

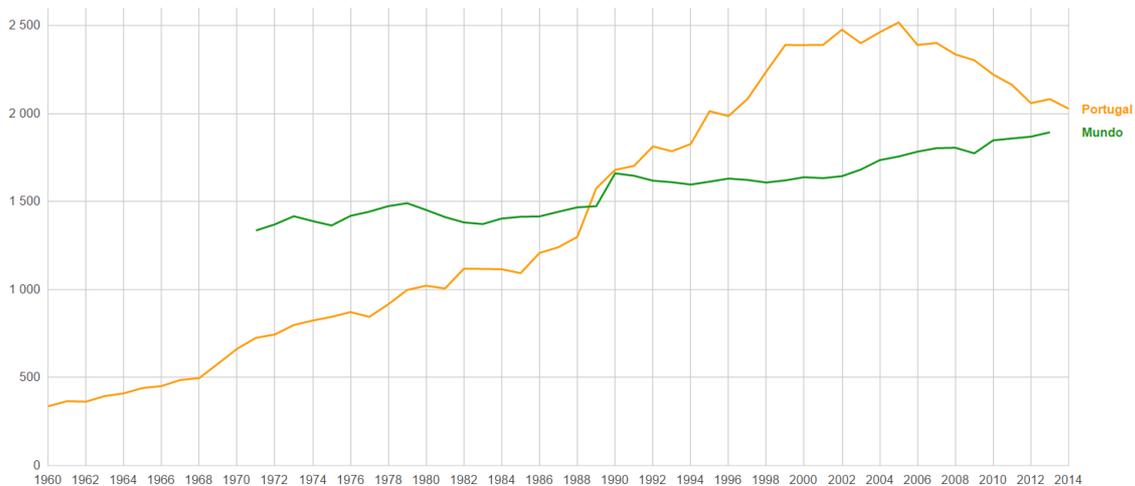


Figura 2.5 – Consumo de energia primária per capita, em kgep. [4]

Analisando o gráfico da figura 2.5 podemos verificar que o consumo de energia primária em Portugal aumentou significativamente desde 1960, consequência do desenvolvimento geral do país e, principalmente, dos setores industrial e tecnológico, atingindo o seu pico em 2005 com aproximadamente 2519 kgep a serem consumidos, muito acima da média do resto do mundo. A partir desse ano o consumo de energia tem vindo a diminuir em Portugal, consequência das políticas e medidas tomadas para a redução da fatura energética do país e devido também à consciencialização e evolução cada vez maior de mecanismos de EE em vários setores fundamentais.

2.2.1. Política Energética Nacional

No que diz respeito a políticas energéticas, no ano de 2007 entrou em vigor a política europeia para o ambiente dos “20-20-20”, assim designada porque ficou definido pelos vários países da UE que até 2020 deveriam ser desenvolvidas medidas de aumento da EE, permitindo poupanças de 20% no consumo energético, alcançar 20% de utilização de energias renováveis no total do consumo energético e reduzir assim, consequentemente, 20% das emissões dos gases de efeito de estufa.

Nesse mesmo ano, a agenda política europeia apontava como prioridades a criação de mercados competitivos e a necessidade de redução das emissões de CO₂. No que diz respeito a esses dois aspetos, Portugal encontrava-se na vanguarda, tendo concluído a liberalização do mercado do gás e possuía o segundo maior crescimento europeu de energia eólica.

Com a perspetiva de manter o país na frente do pelotão, o governo propôs novas metas a alcançar, nunca deixando de manter os propósitos de desenvolvimento económico, a redução da dependência energética externa e o combate às alterações climáticas. Atualmente Portugal adotou uma estratégia para a energia até 2020 que tem como objetivo assegurar a posição de Portugal entre os cinco líderes europeus ao nível dos objetivos em matéria de energias renováveis em 2020, através de diversos objetivos, entre os quais:

- Reduzir a dependência energética do país face ao exterior para 74% em 2020, produzindo, a partir de recursos endógenos, o equivalente a 60 milhões de barris anuais de petróleo, com vista à progressiva independência do país face aos combustíveis fósseis;
- Garantir o cumprimento dos compromissos assumidos no contexto das políticas europeias de combate às alterações climáticas, permitindo que em 2020 60% da eletricidade produzida e 31% do consumo de energia final tenham origem em fontes renováveis;
- Reduzir em 25% o saldo importador energético, gerando uma redução de importações de 2000 milhões de euros;
- Promover o desenvolvimento sustentável criando condições para o cumprimento das metas de redução de emissões assumidas por Portugal no quadro europeu. [5]

A definição de uma nova Estratégia para a EE tem por objetivo tornar esta numa prioridade da política energética, tendo em conta, por um lado que, até à data, Portugal não possui recursos fósseis endógenos, nem volume suficiente de compras de energia primária para influenciar preços de mercado e, por outro, os incrementos na EE promovem a proteção ambiental e a segurança energética com uma relação custo-benefício favorável.

O estabelecimento do horizonte temporal de 2020 para efeitos de acompanhamento e monitorização do impacto estimado no consumo de energia primária permite perspetivar antecipadamente o cumprimento das novas metas assumidas pela UE, de redução de 20% dos consumos de energia primária até 2020, bem como o objetivo geral assumido pelo Governo de redução no consumo de energia primária de 25%.

2.2.2. Sistema Electroprodutor Nacional

O sistema electroprodutor nacional contava, em 2015, com um total de 20 201 MW de capacidade instalada (+2,6% face a 2014). Quanto às diferentes tecnologias de produção de eletricidade existentes em Portugal, 7 908 MW (39% do total) são tecnologias com base em recursos fósseis (Carvão, Petróleo e Gás Natural) e 12 293 MW (61% do total) são tecnologias com base em recursos renováveis (Hídrica, Eólica, Biomassa, Solar, Geotermia e Ondas).

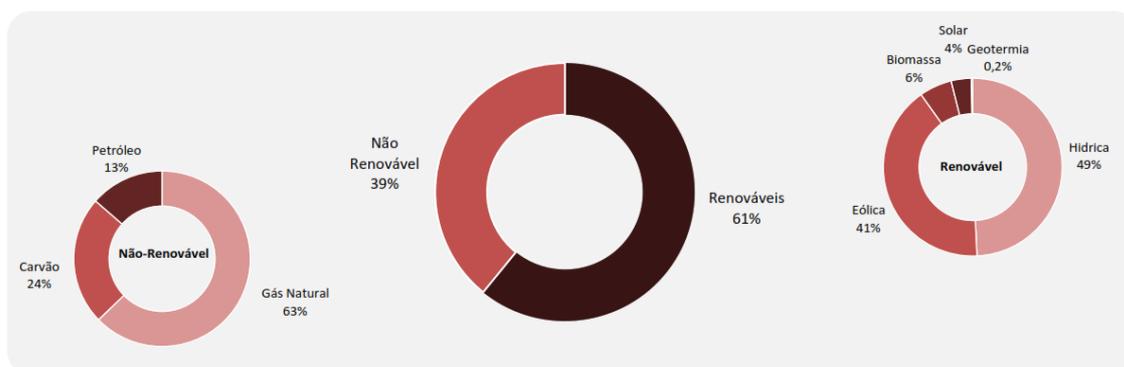


Figura 2.6 – Mix da capacidade instalada para produção de eletricidade em 2015. [6]

Na componente fóssil, o Gás Natural representa cerca de 63% do total da capacidade instalada e cerca de 25% da capacidade total instalada em Portugal. Relativamente ao Petróleo, a sua contribuição no mix de capacidade instalada tem vindo a diminuir nos últimos anos por força do encerramento das centrais térmicas em Portugal Continental e da conversão dos sistemas de cogeração para Gás Natural, sendo que atualmente apenas existem centrais térmicas com recurso a Petróleo nas Regiões Autónomas e alguma capacidade em Cogeração.

Na componente Renovável, destaque para a Hídrica e Eólica que representam, respetivamente, cerca de 49% e 41% do total da capacidade instalada renovável, e que em conjunto representam cerca de 55% da capacidade total instalada em Portugal. A componente Solar tem vindo a crescer nos últimos anos, e em 2015 representava cerca de 4% da capacidade renovável e cerca de 2% da capacidade total. [6]

Tabela 2.1 - Capacidade instalada por tipo de fonte em Portugal (MW) em 2015. [6]

		2013	2014	% 2014/_13	2015	% 2015/_14
Capacidade instalada Térmica Fóssil	Carvão	1 871	1 871	-	1 871	-
	Petróleo	1 455	1 109	-23,8	1 073	-3,3
	Gás Natural	4 986	5 023	+0,7	4 964	-1,2
	Total Térmica Fóssil	8 312	8 003	-3,7	7 908	-1,2
	<i>da qual em Cogeração</i>	<i>1 469</i>	<i>1 336</i>	<i>-9,1</i>	<i>1 243</i>	<i>-6,9</i>
Capacidade instalada Renovável	Hídrica	5 535	5 572	+0,7	6 054	+8,7
	<i>da qual em Bombagem</i>	<i>1 357</i>	<i>1 406</i>	<i>+3,6</i>	<i>1 776</i>	<i>+26,3</i>
	Eólica	4 731	4 953	+4,7	5 034	+1,6
	Biomassa	718	706	-1,7	726	+2,8
	Solar	299	419	+40,1	451	+7,6
	Geotermia	29	29	+0	29	+0,7
	Total Renovável	11 312	11 679	+3,2	12 293	+5,3
	<i>da qual em Cogeração</i>	<i>447</i>	<i>423</i>	<i>-5,4</i>	<i>436</i>	<i>+3,1</i>
Total instalado	19 624	19 682	+0,3	20 201	+2,6	

No que diz respeito ao consumo de eletricidade por setor de atividade, podemos verificar pelo gráfico da figura 2.7 que o setor doméstico era o terceiro maior consumidor de eletricidade do país em 2015, a ser responsável pelo consumo de 25% da eletricidade total consumida, superado apenas pelos setores dos serviços e da indústria, que juntos consumiam mais de 70% da eletricidade.

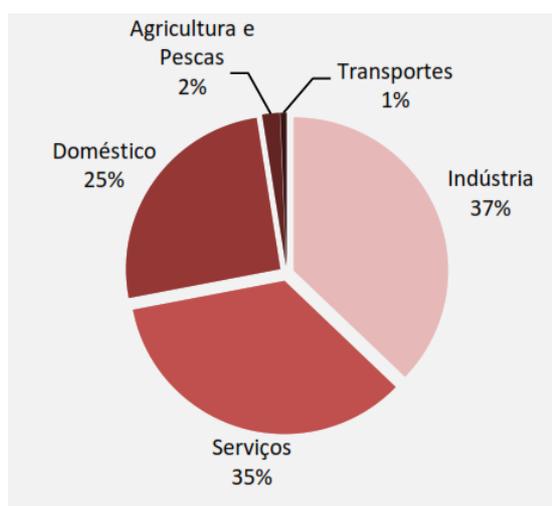


Figura 2.7 – Consumo de eletricidade por setor de atividade em 2015. [6]

No gráfico da figura 2.8, apresenta-se a distribuição do consumo de eletricidade por distrito em 2015. Nesse ano verificou-se que o consumo ocorreu maioritariamente na zona litoral de Portugal, com maior densidade populacional, e com destaque para os distritos de

Lisboa, Setúbal e Porto onde se registaram os maiores consumos de Eletricidade. Estes dados são importantes para termos uma ideia das zonas do país onde há maior consumo de eletricidade e, conseqüentemente, onde devem ser tomadas mais medidas de EE.

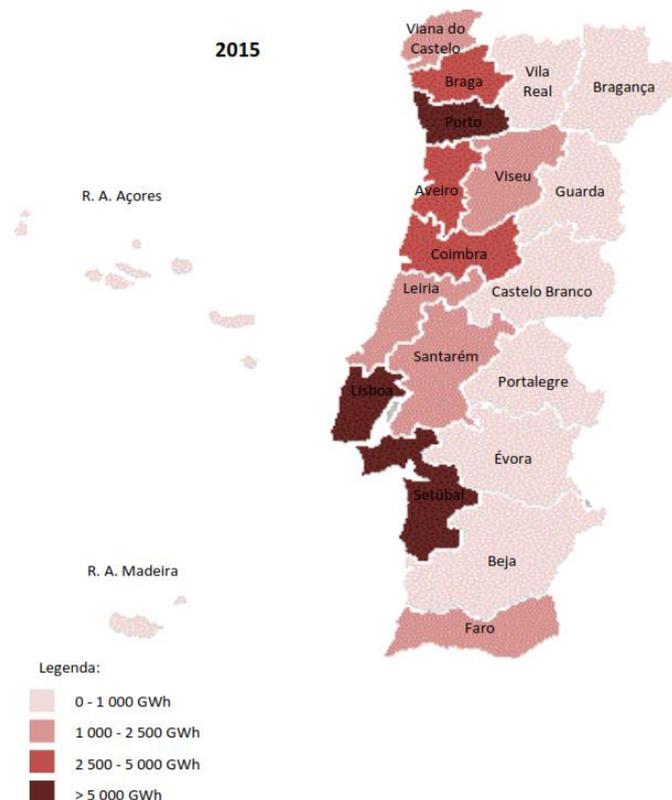


Figura 2.8 – Consumo de eletricidade por Distrito (GWh) [6]

2.2.3. Impacto das Energias Renováveis no Panorama Energético Nacional

Os objetivos ambientais e a evolução tecnológica têm conduzido a uma dinamização do sector da energia em termos de investimento em novas formas de produção, das quais se destacam as energias renováveis. Este investimento, que tem vindo a ocorrer sobretudo desde 2005, resultou na criação de um “*cluster*” nacional caracterizado por uma forte componente de inovação e de incorporação tecnológica, constituído por novas indústrias de equipamentos, polos de investigação e empresas instaladoras e de certificação.

No que se refere concretamente ao investimento em energias renováveis, é de realçar que este levou, entre 2005 e 2014, à redução de 88,8% para 71,4% da dependência energética e a um decréscimo de 31,6% das emissões de CO₂ do sector da energia.

Espera-se que a dependência energética portuguesa diminua de mais de 90% em 2005 para 68% em 2030, ou mesmo para 65% no cenário exportador.

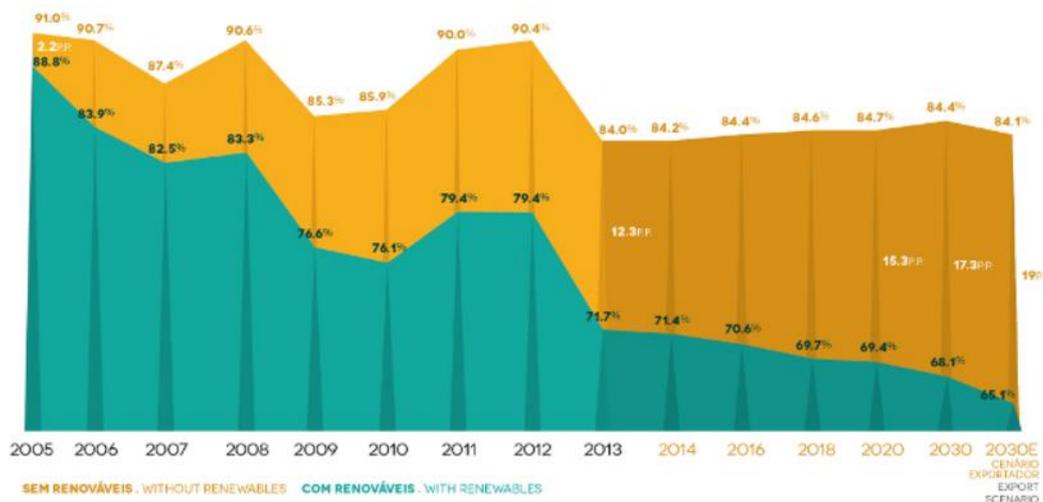


Figura 2.9 – Impacto das energias renováveis na dependência energética nacional [7]

A potência instalada em unidades de produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis atingiu, em 2016, os 13 334 MW. Durante esse mesmo ano, foram instalados 1042 MW de potência renovável, dos quais 781 MW correspondem a centrais hídricas. O peso da energia elétrica renovável atingiu 61,9% relativamente à produção bruta + saldo importador. De acordo com a metodologia da diretiva 2009/28/CE, que estabelece os objetivos a atingir em 2020, essa percentagem situou-se em 52%.

Em 2016, constata-se uma subida de 30,7%, na produção de origem FER, relativamente a 2015, tendo a hídrica aumentado 72,1%. A forte quebra na produção FER em 2012 deveu-se à seca ocorrida nesse ano. Podemos comprovar estes dados no gráfico da figura 2.10.

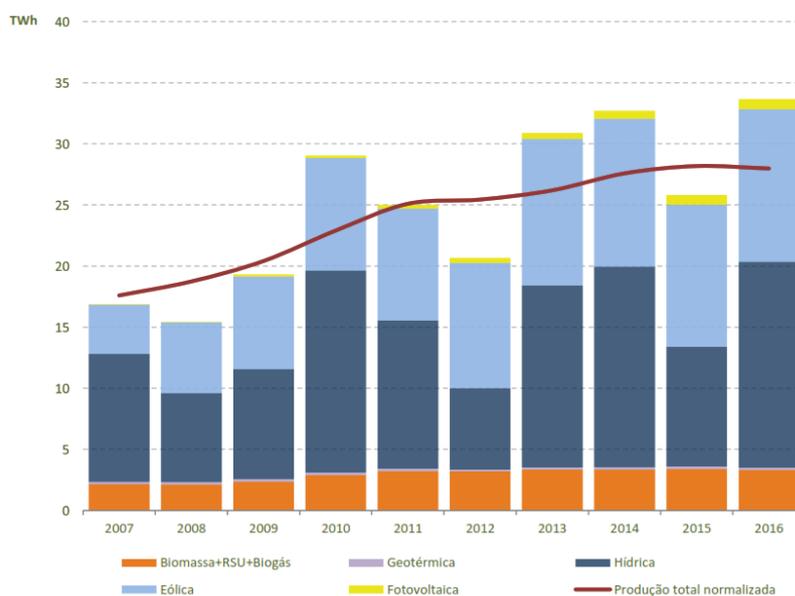


Figura 2.10 – Produção de energia de origem FER [13]

Cerca de 87% da produção de origem FER ocorre nas regiões Norte e Centro do país, como podemos constatar no gráfico da figura 2.11.

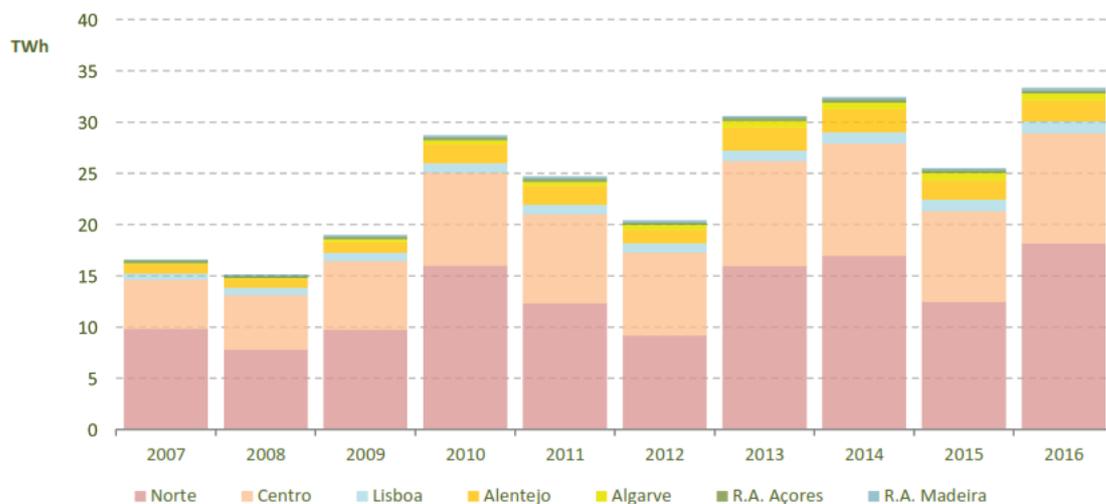


Figura 2.11 – Produção de energia de origem FER por região do país [13]

2.2.3.1. Energia Hídrica

A Energia Hídrica é obtida a partir da energia potencial de uma massa de água e pode ser convertida em energia mecânica (pela rotação de um eixo) através de turbinas hidráulicas. Por sua vez estas podem gerar energia elétrica, como acontece nos aproveitamentos hidroelétricos.

Geralmente os aproveitamentos hidroelétricos compreendem barragens, de forma a reter água sob a forma de energia potencial, numa cota elevada. A água é depois libertada do reservatório fluindo através de turbinas, numa cota inferior, e por meio de geradores a energia mecânica da turbina é convertida em energia elétrica.

As centrais hidroelétricas classificam-se quanto ao aproveitamento como centrais de fio de água ou centrais com regularização. As centrais de fio de água não têm capacidade de armazenar água. Assim, se o volume excede os limites para os quais foram dimensionadas, a água é turbinada ou descarregada. As centrais com regularização possuem capacidade de armazenamento e podem regular os fluxos de água, de modo a utilizá-los quando for mais conveniente. Com efeito, estas centrais armazenam nas albufeiras a água durante o inverno, de modo a poderem fornecer energia nos períodos de menor pluviosidade. O potencial hidroelétrico está assim diretamente relacionado com a diferença de nível entre a albufeira e o rio, a jusante da central e com o caudal de água que passa pela turbina. [8]

A utilização das águas pluviais como força motriz para a produção de energia elétrica (hidroeletricidade) iniciou-se em Portugal em finais do século XIX.

Atualmente, o potencial energético bruto dos nossos rios encontra-se avaliado em cerca de 32000 GWh, dos quais 24500 GWh e 20000 GWh são considerados, respetivamente, como técnica e economicamente aproveitáveis. Destes últimos encontravam-se já aproveitados e em construção, em 1990, cerca de 11600 GWh, estando identificados outros 6600 GWh como candidatos a futura integração no sistema electroprodutor em aproveitamentos de grande e média dimensão. Restam cerca de 1800 GWh como realizáveis em aproveitamentos de pequena dimensão (mini-hídricos). [9]

Portugal tinha, no final de 2015, uma potência total instalada de 18533 MW, correspondendo 6184 MW à componente hídrica, incluindo 422 MW provenientes de mais de 100 pequenas centrais hidroelétricas, sendo que cerca de 1500 MW estão associados a aproveitamentos com mais de 40 anos.

Em 2016 a energia hidroelétrica representou 17,5% da produção de energia total nacional, sendo que 9,7% dessa componente foi gerada por pequenas centrais. De acordo com o PNBEPH pretendia-se aumentar, até 2020, a potência instalada para 7000 MW. [10]

Tabela 2.2 - Potencialidades hidroelétricas no território continental português [11]

Tipo de aproveitamento	Exploradas ⁽ⁱ⁾ (MW)	Por explorar (MW)	Total (MW)
Pequena e média dimensão (<30 MW)	665	455	1 120 ⁽ⁱⁱ⁾
Grande dimensão	6 169	3 550	9 720 ⁽ⁱⁱⁱ⁾
Total de renováveis	13 332 ^(iv)	8 788	22 120

⁽ⁱ⁾Segundo estatísticas da DGEG e da REN, relativas a dezembro de 2016

⁽ⁱⁱ⁾conforme “Cenários de Evolução Prev. Da Produção em Regime Especial 2005-2025

⁽ⁱⁱⁱ⁾contabilizando PNBEPH, outros aproveitamentos planeados e reforço de potência em curso

^(iv)produzindo em 2016 mais de 60% do consumo total de eletricidade; estando 5270 MW já instalados em parques eólicos

Atualmente, e em ano médio, aproximadamente 30% da eletricidade consumida em Portugal tem origem hídrica, com base em empreendimentos de diferentes características. Encontram-se em funcionamento em Portugal cerca de 120 PCH. Estas centrais, em conjunto com as cerca de 40 centrais hidroelétricas com potência compreendida entre os 10 MW e os 30 MW, têm instalada uma capacidade total superior a 660 MW.

Numa avaliação prospetiva do potencial hidroelétrico português, apresentam-se na tabela 3 a estimativa do potencial existente, já em exploração ou ainda por aproveitar, conforme os valores disponíveis referentes ao final de 2016. Da análise dos valores contidos nesse quadro, salienta-se a considerável capacidade ainda não explorada, sobretudo através de aproveitamentos de pequena e média dimensão.

Relativamente aos aproveitamentos hidroelétricos cuja execução se previa, salientam-se os novos grandes aproveitamentos em grande parte equipados com grupos reversíveis (abrangendo 8 centrais com uma capacidade global de 2280 MW), os reforços de potência de centrais existentes (já executados e em execução pela EDP, nas bacias hidrográficas dos rios Douro e Cávado, com 1270 MW de potência instalável) e os pequenos aproveitamentos que poderiam acrescentar mais cerca de 300 MW. [11]

2.2.3.2. Energia Eólica

A energia eólica, o que vulgarmente chamamos de vento, é causada por diferenças de pressão ao longo da superfície terrestre, devidas à radiação solar recebida na Terra ser maior nas zonas equatoriais do que nas zonas polares. O vento já foi usado para deslocar barcos à vela, moer cereais ou elevar água dos poços.

Atualmente a energia eólica é vista como uma das mais promissoras fontes renováveis de energia, sendo caracterizada como uma tecnologia madura que pode contribuir para a segurança do abastecimento energético, sustentabilidade ambiental e viabilidade económica do sistema.

As centrais eólicas têm aerogeradores cujas pás rodam com a força do vento, fazendo rodar o eixo do gerador, que produz eletricidade. Além das instalações em terra (onshore), as centrais eólicas também podem ser instaladas no mar (offshore).

Em Portugal, os melhores locais para aproveitamento da energia eólica encontram-se junto ao litoral oeste, na zona centro, e em algumas regiões do interior norte. Geralmente, nestes locais as velocidades do vento situam-se entre os 6 e os 7 m/s.

A utilização do vento tem-se apresentado na última década como uma das formas mais atrativas para produção de eletricidade, não obstante as implicações derivadas da irregularidade e intermitência do fluxo eólico. A energia eólica tornou-se um recurso marcante no mix elétrico, contribuindo de forma determinante para que as fontes de energia renovável tenham passado a ter uma expressão superior à geração a partir de combustíveis fósseis. Em 2016, a eletricidade gerada por fonte eólica correspondeu a quase um quarto da procura do país.

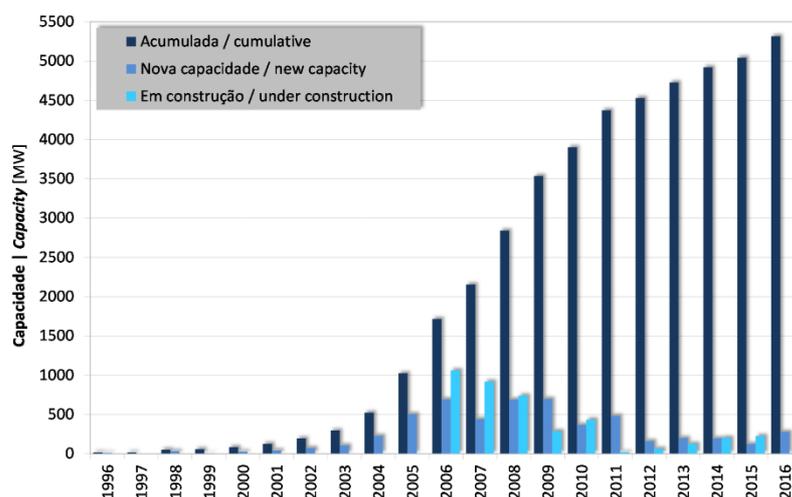


Figura 2.12 – Capacidade eólica geradora instalada em Portugal. [12]

Analisando o gráfico da figura 2.12 e de acordo com a informação da DGEG relativa a dezembro de 2016 podemos verificar que se encontram instalados em Portugal 2712 aerogeradores, com uma potência instalada de 5270 MW. A produção de energia elétrica de origem eólica representou 25.3% do consumo final de eletricidade no mesmo ano de 2016.

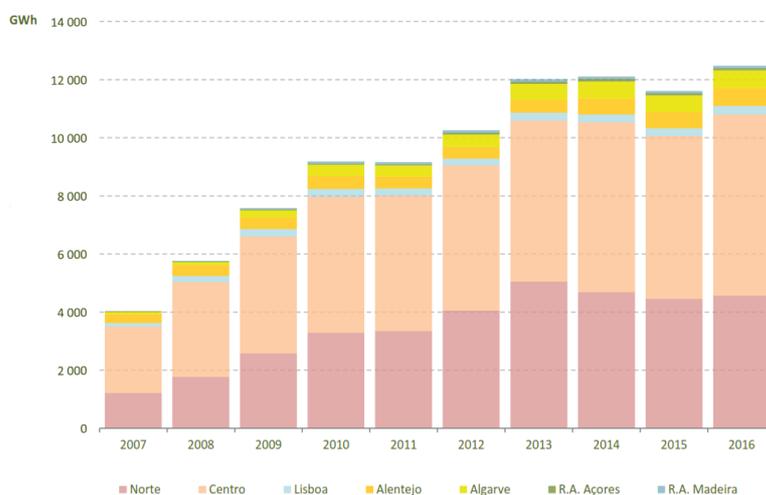


Figura 2.13 – Produção de energia de origem eólica por região do país 2007 - 2016. [13]

Atualmente a região centro é responsável por 50% da produção eólica nacional. Juntando a região norte este peso eleva-se para 87%.

A situação geográfica e a geomorfologia de Portugal continental fazem com que sejam sobretudo as zonas montanhosas e a faixa litoral as que apresentam velocidade e regularidade do vento suscetível de aproveitamento energético. A maior parte dos locais com essas características situam-se nas zonas litorais e de maior altitude a Norte do rio Tejo, na zona Oeste e a Sul junto à Costa Vicentina.

Os investimentos feitos no setor das energias renováveis, e em particular no setor da energia eólica, fez com que a contribuição para o mix energético do país aumentasse significativamente, tendo havido, no entanto, uma estagnação nos últimos anos, consequência da crise financeira que o país sofreu, como é demonstrado no gráfico da figura 2.14, onde podemos verificar o aumento acentuado até 2013, sendo a contribuição da eólica nesse ano de 23,9% e estagnando a partir desse ano, sendo que em 2016 apresentava sinais de recuperação, com a percentagem da contribuição a ser de 24,7%.

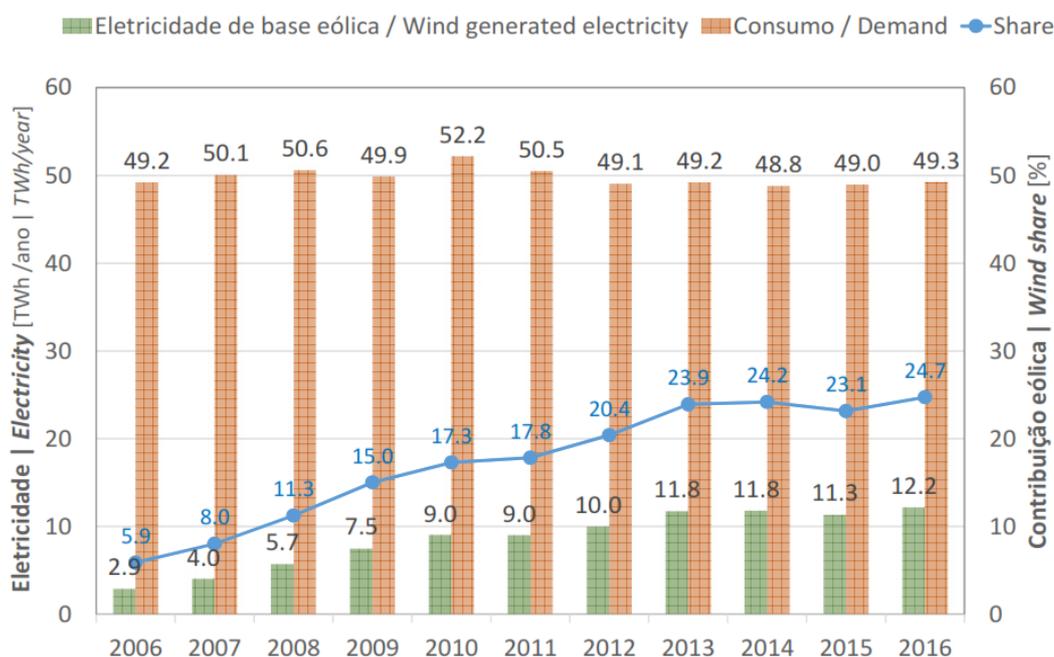


Figura 2.14 – Geração eólica vs consumo de eletricidade 2006 – 2016 em Portugal Continental. [12]

2.2.3.3. Biomassa

A biomassa é toda a matéria orgânica de origem vegetal ou animal capaz de se regenerar num curto espaço de tempo e de um modo sustentável. A biomassa compreende os subprodutos da floresta, agricultura, pecuária e os resíduos orgânicos sólidos urbanos. A

correta gestão e exploração da biomassa reduz dramaticamente a probabilidade de incêndios florestais, pois contribui para a limpeza das matas, pastagens e recursos florestais.

Nas centrais de biomassa florestal, produz-se eletricidade através da queima direta da biomassa, de modo a obter energia calorífica que transforma a água no estado líquido em vapor, que por sua vez, vai mover turbinas e acionar geradores elétricos.

Apesar deste processo libertar dióxido de carbono para a atmosfera, o balanço de emissões de CO₂ é nulo, uma vez que as plantas que deram origem ao combustível durante o seu ciclo de vida absorvem quantidades de CO₂ que compensam as emissões.

A bioenergia é o termo utilizado para designar a energia gerada através da conversão da biomassa, que tanto pode ser eletricidade como combustíveis líquidos e gasosos.

A biomassa apresenta-se como uma das poucas energias renováveis com potencial para assegurar as necessidades energéticas nacionais através da sua produção previsível e não flutuante. Foi-se observando um aumento gradual da energia elétrica produzida a partir da biomassa ao longo dos anos, como é demonstrado no gráfico da figura 2.15. Este crescimento tornou a biomassa a terceira maior fonte renovável em Portugal.

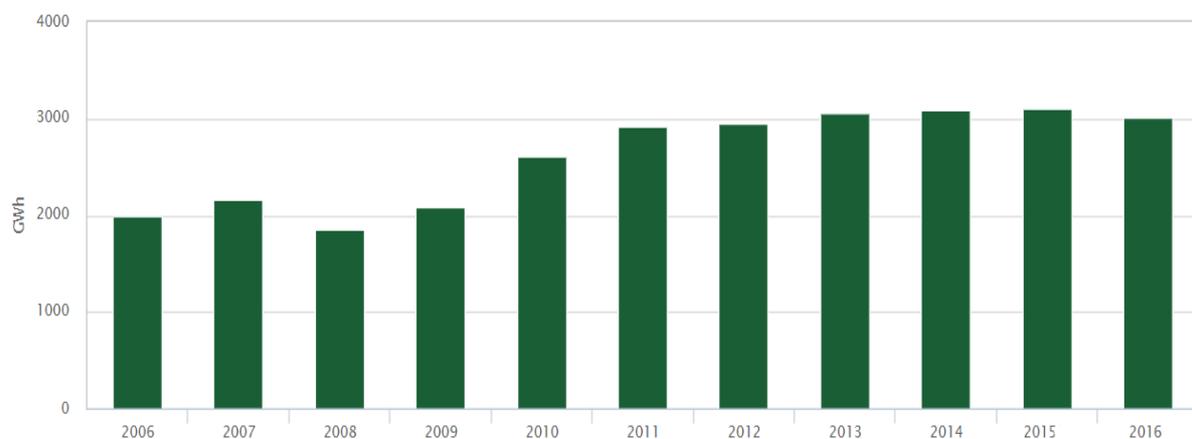


Figura 2.15 – Produção anual de energia elétrica com base em biomassa + RSU + biogás. [14]

Apesar deste incremento em 2016 a biomassa total (biomassa, RSU e biogás) apenas oferecia um peso de 5,6% no total da produção anual de energia elétrica com base em FER em Portugal, muito aquém dos 31,4% da hídrica e dos 23,2% da eólica.

Temos representado no gráfico da figura 2.16 a produção anual de energia elétrica com base em FER, no ano de 2016.

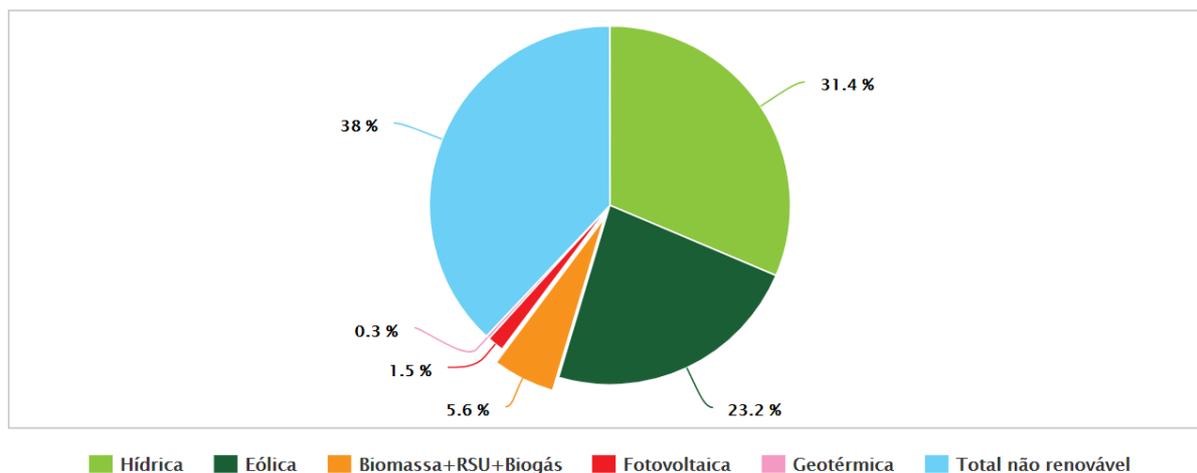


Figura 2.16 – Produção anual de energia elétrica com base em FER, em Portugal, em 2016. [14]

No entanto, a produção elétrica por via eólica e hidroelétrica apresenta-se muito dependente das condições meteorológicas. As duas maiores fontes de energia renovável em Portugal apresentam aumentos na produção durante os meses de inverno (ou de grande pluviosidade), refletindo assim a sua dependência ao contrário do verificado com a biomassa, que tende a afigurar-se estável ao longo dos meses.

Ao longo dos anos a biomassa tem contribuído maioritariamente para a produção de energia térmica, chegando mesmo a apresentar-se como a energia renovável mais predominante no balanço energético.

2.2.3.4. Energia Solar

A energia solar é o nome dado à radiação proveniente do Sol e é uma das vertentes mais importantes das energias renováveis. O aproveitamento desta fonte de energia serve para iluminar espaços interiores de edifícios, aquecimento de águas sanitárias, ou produção de eletricidade.

A produção de eletricidade de origem solar é possível através de painéis solares fotovoltaicos ou de painéis solares térmicos. No primeiro caso, quando a radiação solar incide nas células fotovoltaicas a luz absorvida é convertida em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. No segundo caso, usam-se espelhos que concentram a luz solar para aquecer um fluido, gerando vapor que faz rodar as pás de uma turbina, criando um movimento de rotação do eixo do gerador que produz eletricidade.

Em Portugal a disponibilidade do recurso energético é elevada, assim como o potencial de aproveitamento, não apenas devido à localização geográfica do país privilegiada, mas também porque a produção ocorre principalmente nas horas diurnas de maior consumo

de eletricidade, adequando-se ao perfil do diagrama de carga como complemento essencial às tecnologias de geração presentes no mix elétrico nacional.

Portugal é um dos países da Europa onde há, em média, maiores níveis de irradiação solar, como se pode constatar na figura 2.17. Contudo a produção de energia de origem solar ainda tem pouca expressão no mix energético nacional. Se verificarmos o gráfico da figura 2.16, apresentado anteriormente, podemos constatar que em 2016 a produção de energia elétrica por parte dos sistemas fotovoltaicos foi de apenas 1,5%, muito longe da contribuição da hídrica e da eólica. Isto deve-se a vários fatores, a começar no facto de o investimento inicial para a instalação de um sistema fotovoltaico ainda ser bastante elevado e os rendimentos dos painéis fotovoltaicos ainda serem demasiado baixos, acrescenta ainda o facto de que os valores pagos pelo mercado energético em Portugal para os produtores de energia são baixos quando comparados com outros países da Europa, o que diminui o interesse das empresas em investir neste setor em Portugal.

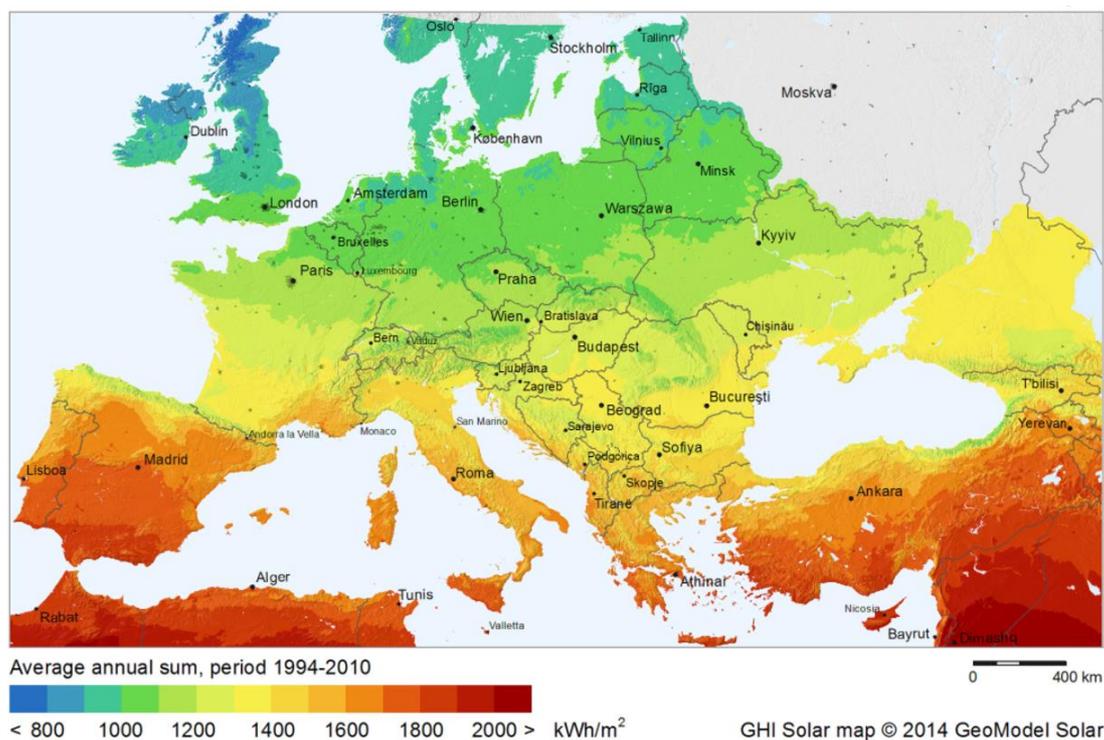


Figura 2.17 – Irradiação solar média na Europa. [15]

Apesar dos pontos negativos referidos anteriormente, a produção de energia renovável fotovoltaica teve uma grande evolução nos últimos anos, como podemos constatar pelo gráfico da figura 2.18. Isto significa que apesar do mercado energético português ainda não pagar um preço atrativo para as empresas, as condições privilegiadas do país representam um

enorme potencial de exploração da energia fotovoltaica e é assim uma das fontes de energia em Portugal com maior margem de progresso.

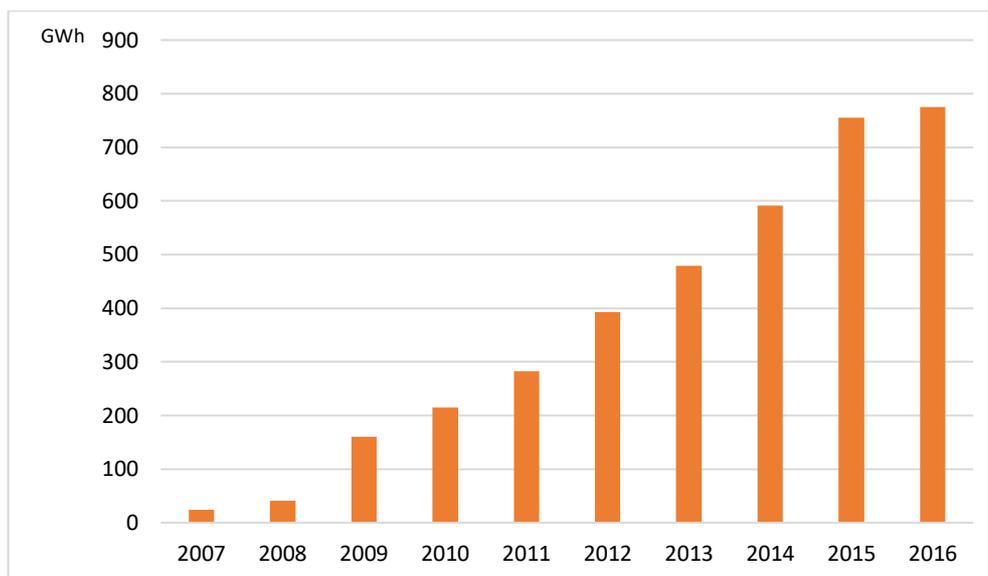


Figura 2.18 - Produção anual de energia elétrica de origem fotovoltaica. [13]

2.2.4. Metas Nacionais para as Energias Renováveis

A Diretiva 28/2009/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009, introduziu a obrigatoriedade dos países membros da UE submeterem um plano de promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis.

O PNAER fixa objetivos nacionais para cada Estado-Membro relativos à quota de energia proveniente de fontes renováveis consumida nos setores dos Transportes, Eletricidade, Aquecimento e Arrefecimento em 2020, de acordo com o ritmo de implementação das medidas e ações previstas em cada um desses setores, tendo em conta os efeitos de outras políticas relacionadas com a EE no consumo de energia.

Portugal preparou e apresentou o primeiro plano nacional de ação em 2010, no qual se comprometeu a atingir os objetivos estabelecidos na Diretiva, nomeadamente a meta global de 31,0% de renováveis no consumo final bruto de energia e 10,0% de renováveis no consumo final de energia nos Transportes.

Em 2015, a incorporação de FER no consumo final bruto de energia situou-se nos 28,0%, 1% acima do valor registado em 2014 e 2,8% acima da trajetória indicativa, fazendo com que Portugal tenha já alcançado cerca de 90% da sua meta para 2020. A nível setorial, a quota de renováveis no setor da Eletricidade foi de 52,6% (+0,5% face a 2014), no setor do

Aquecimento e Arrefecimento 33,4% (-0,6% face a 2014) e no setor dos Transportes 6,7% (+3,2% face a 2014).

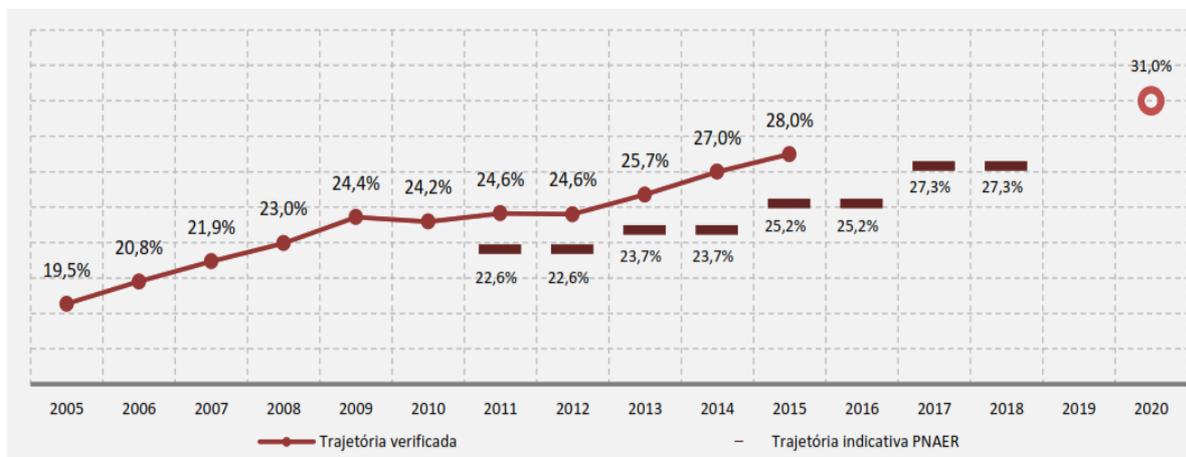


Figura 2.19 – Evolução na meta de incorporação de renováveis no consumo final bruto de energia de acordo com a Diretiva 28/2009/CE. [6]

2.3. Eficiência Energética

Quando pensamos em Eficiência Energética, pensamos-lo numa perspetiva de obter, para um mesmo nível de conforto, um consumo inferior de energia, isto aliado igualmente a uma utilização mais racional desta. Algumas medidas de utilização racional de energia, tal como apagar a luz quando saímos de um local, são simples de executar, no entanto estes gestos deverão ser complementados com tecnologias e/ou processos que traduzam uma redução de consumos pela via da eficiência nesta utilização.

A EE, para além de uma oportunidade, é cada vez mais uma necessidade, dado que o nível de preço dos combustíveis fósseis, cuja utilização é incontornável nos próximos anos, a limitação temporal deste recurso, as alterações climáticas induzidas pela emissão de gases com efeito de estufa e a insuficiência das outras alternativas já disponíveis para fazer face às necessidades de consumo, obrigam a olhar para a EE, não apenas como uma oportunidade de negócios, mas também como uma obrigação de toda a comunidade empresarial, assim como da comunidade e da sociedade em geral.

Toda a energia passa por um processo de transformação após o qual se transforma em calor, frio, luz, etc. Durante essa transformação uma parte dessa energia é desperdiçada e a outra, que chega ao consumidor, nem sempre é devidamente aproveitada. A EE pressupõe a implementação de medidas para combater o desperdício de energia ao longo do processo de

transformação. A EE acompanha todo o processo de produção, distribuição e utilização da energia, que pode ser dividido em duas grandes fases: Transformação e Utilização.

- **Transformação**

A energia existe na natureza em diferentes formas e, para ser utilizada, necessita de ser transformada. Os processos de transformação, transporte e uso final de energia causam impactos negativos no meio ambiente. Parte destas perdas é inevitável e deve-se a questões físicas, mas outra parte é perdida por mau aproveitamento e falta de otimização dos sistemas. Esse desperdício tem vindo a merecer a crescente atenção das empresas que processam e vendem energia. Por outro lado, sendo a energia um bem vital às economias, este tema faz parte da agenda política de vários países e tem vindo a suscitar uma crescente inquietação da comunidade internacional.

- **Utilização**

O desperdício de energia não se esgota na fase de transformação ou conversão, ocorrendo também durante o consumo.

Nesta fase, a EE é frequentemente associada ao termo "Utilização Racional da Energia", que pressupõe a adoção de medidas que permitem uma melhor utilização da energia, tanto no sector doméstico, como nos sectores de serviços e indústria. Através da escolha, aquisição e utilização adequada dos equipamentos, é possível alcançar significativas poupanças de energia, manter o conforto e aumentar a produtividade das atividades dependentes de energia, com vantagens do ponto de vista económico e ambiental.

2.3.1. Operações de Gestão Energética

A sustentabilidade ambiental ocupa hoje um especial protagonismo na agenda energética mundial, nomeadamente quando se analisa a relação entre os fenómenos ambientais e os consumos energéticos de origem fóssil.

Numa Europa que se quer sustentável e segura do ponto de vista energético, vêm-se formalizando um número crescente de medidas e incentivos para uma aposta clara na diversificação das fontes de energia, com especial destaque para as energias limpas.

Crescer sem comprometer a economia das gerações vindouras é o grande desafio das comunidades atuais. A racionalização dos consumos energéticos e a redução da emissão de gases com efeitos de estufa são dois vetores essenciais.

No que diz respeito às empresas, com o avanço tecnológico têm-se vindo a desenvolver tecnologias limpas e altamente racionais, capazes de se adequar às características específicas e aos objetivos de cada empresa, otimizando resultados.

O processo de gestão de energia deverá ser contínuo, cíclico e ter objetivos traçados. Da mesma forma que uma empresa tem curvas de evolução, crescimento e mutação, a gestão energética deve acompanhar esses movimentos, adequando-se a essas alterações. Independentemente do seu tamanho, todas as empresas devem interiorizar e aplicar os princípios da EE pois medidas aparentemente insignificantes podem resultar em poupanças expressivas a médio e longo prazo.

Uma boa gestão energética por parte de uma empresa deve então incluir as seguintes operações:

- Auditoria energética;
- Plano de EE;
- Monitorização do Desempenho das medidas implementadas;

2.3.1.1. Auditorias Energéticas

A gestão energética nas empresas é fundamental para uma utilização racional dos combustíveis e da energia elétrica. No entanto, para que seja eficaz, tem de se basear em dados concretos. De facto, para implementar as medidas adequadas numa instalação, é indispensável o controlo rigoroso dos seus consumos de energia. Isto implica ter por base uma contabilidade energética que permita conhecer no tempo os consumos de todas as formas de energia utilizadas e a sua relação com a(o) produção/serviço da instalação. Desta forma, poderão estabelecer-se os consumos específicos de energia, assim como, os custos energéticos da atividade. No entanto, não basta o conhecimento da contabilidade energética. Este apenas permite uma visão macroscópica da utilização da energia sem atender ao estado de utilização dos diversos equipamentos, aos seus rendimentos, às várias perdas que cada um apresenta.

Assim, para pôr em prática soluções que permitam reduzir energia em todas as utilizações, é necessário proceder a medições, recolhendo os dados necessários aos cálculos das várias perdas energéticas dos principais equipamentos consumidores de energia. Entramos assim no campo das auditorias energéticas, sendo estas uma ferramenta estratégica para que se possa elaborar um planeamento energético numa empresa.

Uma Auditoria Energética é, portanto, um exame detalhado das condições de utilização de energia numa instalação e nesse sentido constitui um instrumento fundamental

para qualquer gestor de energia. Ao permitir contabilizar os consumos e os rendimentos energéticos dos equipamentos assim como possíveis perdas, permite de igual modo identificar as medidas mais adequadas para as reduzir. Assim se cumpre o objetivo de facilitar uma utilização mais económica e eficiente de energia, sem afetar a(o) produção/serviço.

O faseamento de uma auditoria depende naturalmente do seu âmbito, assim como da dimensão e do tipo das instalações a auditar. No entanto, podem considerar-se como fases constituintes: o planeamento, o trabalho de campo, o tratamento da informação recolhida e a elaboração do relatório final. Neste relatório deverá constar, de forma organizada, toda a informação obtida, assim como a análise sobre a situação energética da instalação em causa; as situações encontradas / observações e medições efetuadas durante a fase de trabalho de campo, a determinação de consumos específicos de energia por instalação global e operações e equipamentos maiores consumidores de energia incluindo a sua comparação com valores de referência; a identificação das anomalias e propostas das medidas de conservação de energia consideradas mais convenientes para anular ou diminuir as anomalias, com a indicação dos respetivos valores de investimentos associados à sua implementação.

A auditoria energética deverá, nomeadamente:

- Quantificar os consumos energéticos (por instalação global e principais secções e ou equipamentos) e a sua importância no custo final do(s) produto(s);
- Efetuar uma inspeção visual dos equipamentos e ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias;
- Esclarecer como é transformada a energia e quais os seus custos;
- Efetuar um levantamento e caracterização detalhados dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo com maior peso em termos de potência instalada, quer elétrica, quer térmica;
- Obter diagramas de carga (DDC) elétricos dos sistemas considerados grandes consumidores de eletricidade;
- Determinar a EE de geradores de energia térmica eventualmente existentes;
- Verificar o estado das instalações de transporte e distribuição de energia;
- Verificar a existência do bom funcionamento dos aparelhos de controlo e regulação do equipamento de conversão e utilização de energia;
- Realizar balanços de massa e energia aos principais equipamentos consumidores de energia térmica;

- Determinar consumos específicos de energia durante o período de realização da auditoria, para posterior comparação com os valores médios mensais e anuais e deteção de eventuais variações sazonais;
- Identificar e quantificar as possíveis áreas onde as economias de energia são viáveis, como resultado das situações encontradas/anomalias detetadas e medições efetuadas;
- Definir intervenções com viabilidade técnico-económica, conducentes ao aumento da EE e ou à redução da fatura energética;
- Definir as linhas orientadoras para a implementação ou melhoria de um esquema operacional de Gestão de Energia. [16]

Quando é identificada uma oportunidade de racionalização de consumos que implique investimento, é desenvolvido um estudo de viabilidade técnico-económico que permite calcular a poupança anual de energia e a faturação decorrente da aplicação das medidas anteriormente projetadas, estimando o custo da implementação dessas mesmas medidas e o tempo de retorno do investimento.

Com efeito, qualquer programa de gestão de energia tem de estar fundamentado em objetivos numéricos, fornecidos pela auditoria, além de especificar em detalhe como alcançar esses objetivos. É também através do recurso a auditorias periódicas que o cumprimento desse mesmo programa deve ser verificado. Estas poderão, da mesma forma, permitir a reformulação ou elaboração de novos programas face a possíveis alterações introduzidas por novos equipamentos, processos ou produtos/serviços.

2.3.1.2. Plano de EE

A eficácia de um plano de EE depende, fundamentalmente, da qualidade dos dados e das medidas resultantes dos processos anteriores. É com base na informação recolhida que se desenvolve o plano para as diferentes áreas de atividade da empresa onde se identificou maior potencial de poupança.

Um plano de EE de uma empresa deve estabelecer metas e prazos para concretizar a redução de consumos, além dos valores de referência. É importante adotar metas que sejam realistas e alcançáveis por forma a não causar desmotivação prematura nos elementos envolvidos no processo de gestão de energia. O estabelecimento de prazos também permite a monitorização das medidas implementadas, bem como os ajustamentos necessários.

2.3.1.3. Monitorização do Desempenho das Medidas Implementadas

A implementação das medidas implica um rigoroso acompanhamento do cronograma estabelecido para observar a conformidade dos custos e prazos estipulados. Qualquer desajuste, ou possível modificação, deve ser prontamente analisado e considerado para evitar atrasos ou paralisações do processo.

O processo de monitorização e acompanhamento deve verificar a execução das medidas programadas e comparar os seus resultados com o inicialmente previsto, para identificar possíveis carências de recursos e/ou desvios das metas estabelecidas. Este processo é fundamental para se ter uma perspetiva real de como as soluções implementadas se estão a comportar e se é necessário fazer algum ajuste ou alteração à solução inicialmente implementada.

O plano de gestão energética considera-se totalmente implementado quando se verifica a melhoria e autonomia dos processos de gestão, a utilização mais eficiente dos recursos energéticos e, conseqüentemente, um menor impacto ambiental.

As poupanças provenientes das melhorias introduzidas poderão financiar o desenvolvimento de novas fases do plano de ação.

2.3.2. Eficiência Energética em Portugal

A necessidade de reduzir o consumo de energia à escala global dita a necessidade de cada país desenvolver políticas energéticas capazes de cumprir metas. Tendo por base o compromisso assumido pelos países no âmbito do protocolo de Quioto, os estados membros mobilizaram-se no sentido de adotar modelos energéticos que permitam alcançar um melhor desempenho no setor e Portugal não é exceção.

A política energética nacional assenta em dois pilares fundamentais, a racionalidade económica e a sustentabilidade, preconizando para isso medidas de EE, a utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis e a necessidade de reduzir custos.

No âmbito de uma política que aposta num modelo energético racional e sustentável, sem comprometer a competitividade das empresas nem a qualidade de vida dos cidadãos, foram desenvolvidos programas e planos que concorrem para objetivos específicos e vão permitir dinamizar medidas as todos os níveis:

- PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética;
- PNAER – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis;

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

Estes três planos são instrumentos de planeamento energético que estabelecem o modo de alcançar as metas e os compromissos internacionais assumidos por Portugal em matéria de EE e de utilização de energia proveniente de fontes renováveis. Para além da densificação das metas a atingir, os referidos planos identificam ainda as barreiras existentes, bem como o potencial de melhoria nos vários setores de atividade, com vista ao estabelecimento dos programas e medidas mais adequados à observância dos referidos compromissos, tendo em conta a realidade nacional.

2.3.2.1. PNAEE

A Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2006, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, determinou que os Estados Membros adotassem, e procurassem atingir, até 2016, um objetivo global nacional indicativo de economia de energia de 9% através da promoção de serviços energéticos e da adoção de outras medidas de melhoria da EE.

A articulação entre os objetivos de política climática e de política energética foi, assim, um elemento fundamental na implementação da referida Diretiva n.º 2006/32/CE.

No entanto, e apesar dos esforços e da evolução registada ao nível das políticas nacionais de EE, a Comissão Europeia concluiu, na sua comunicação sobre o Plano de EE de 2011, que a dificuldade no cumprimento do objetivo traçado no que respeita à EE exigia a alteração do quadro jurídico europeu nesta matéria.

Neste contexto, a Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, transposta para o ordenamento jurídico nacional pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015 de 30 de abril, estabeleceu um novo enquadramento que promove a EE na UE e define ações que concretizem as propostas incluídas no Plano de EE de 2011.

A maioria das preocupações que justificaram a aprovação da referida Diretiva n.º 2012/27/UE já se encontram consagradas na legislação nacional, em particular no que respeita ao PNAEE para o período 2013 -2016, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de abril, projetando novas ações e metas para 2016 no sentido de dar resposta às preocupações relativas à redução de energia primária para o horizonte de 2020.

Assim sendo, o PNAEE 2016 passou a abranger seis áreas específicas (incluindo as áreas integradas no PNAEE 2008): Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado,

Comportamentos e Agricultura. Estas áreas incluem um total de dez programas que integram um leque de medidas de melhoria da EE orientadas para a procura energética e que, de uma forma quantificável e monitorizável, visam alcançar os objetivos propostos.

A definição de uma nova Estratégia para a EE tem por objetivo tornar este tema numa prioridade da política energética, tendo em conta, por um lado que, até à data, Portugal não possui recursos fósseis endógenos, nem volume suficiente de compras de energia primária para influenciar preços de mercado e, por outro, que os incrementos na EE promovem a proteção ambiental e a segurança energética com uma relação custo-benefício favorável.

A estimativa da poupança induzida pelo PNAEE até 2016 é de 1501 ktep (em energia final), correspondente a uma redução do consumo energético de aproximadamente 8,2% relativamente à média do consumo verificada no período entre 2001 e 2005, o que se aproxima da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016.

O estabelecimento do horizonte temporal de 2020 para efeitos de acompanhamento e monitorização do impacto estimado no consumo de energia primária permite perspetivar antecipadamente o cumprimento das novas metas assumidas pela UE, de redução de 20% dos consumos de energia primária até 2020, bem como o objetivo geral assumido pelo Governo de redução no consumo de energia primária de 25% e o objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%.

Neste contexto, o PNAEE abrange seis áreas específicas, nomeadamente, Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura, contemplando diversas medidas de promoção da EE para atingir as metas propostas para 2016 e 2020. [17]

Podemos observar no gráfico da figura 2.20 uma síntese global dos impactos do PNAEE em 2016 em contraste com as metas para 2020.

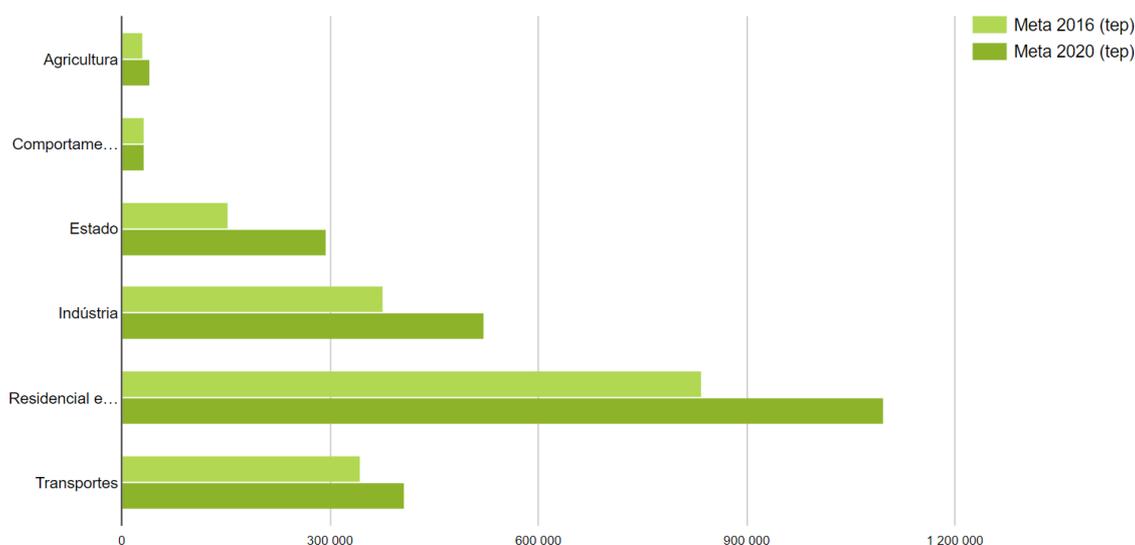


Figura 2.20 - Síntese global dos impactos do PNAEE 2016 - Poupança Energia Primária (tep), in Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de abril de 2013. [17]

Como se pode observar na figura 2.20, a área “Residencial e Serviços” é aquela que tem maior contribuição para a execução das metas delineadas, tratando-se, portanto, de uma área muito sensível e que carece de especial atenção no que ao desenvolvimento de medidas de EE diz respeito.

A poupança energética das medidas constantes do PNAEE 2008 e PNAEE 2016, englobadas nas áreas específicas de Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Agricultura e Estado, tem como cenário de referência a média do consumo energético final nacional nos anos de 2001-2005, de acordo com o definido ainda na antiga Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2006, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos.

2.3.2.2. Eco.AP

O Programa de EE na Administração Pública "Eco.AP" tem como objetivo alcançar um nível de EE de 30% nos organismos e serviços da Administração Pública até 2020, sendo esta eficiência atingida sem aumento da despesa pública permitindo ao mesmo tempo o estímulo da economia no sector das empresas de serviços energéticos.

Este programa tem como objetivo permitir que o Estado reduza os consumos de energia nos serviços e organismos, a emissão de gases com efeitos de estufa e contribuir para um maior estímulo da economia através do desenvolvimento de um enquadramento legal para

a celebração dos contratos de gestão de EE, contribuindo assim para a concretização dos objetivos estabelecidos no PNAEE e no PNAER.

Pretende-se também com este programa de EE desenvolver o sector das empresas de serviços energéticos (ESE), potenciando a criação de um mercado de serviços de energia com elevado potencial, contribuindo assim para combater o desperdício e a ineficiência dos usos de energia em todas as suas vertentes, promovendo a alteração de hábitos e comportamentos, essencial para garantir o bem-estar das populações, a robustez e a competitividade da economia, reduzir a dependência energética e assegurar a qualidade do ambiente.

Para atingir os objetivos foi criado um procedimento específico de contratação pública que sendo mais ágil permite a celebração de contratos de gestão de EE com as ESE que estejam devidamente registadas e qualificadas para o efeito. Para ajudar a implementar este processo foram criados os critérios de elegibilidade para as empresas, com o objetivo de balizar as empresas já registadas como ESE, definindo dois níveis de qualificação com requisitos diferenciados de natureza técnica e financeira.

Com vista a alcançar os objetivos propostos pelo Eco.AP está também prevista a existência de um Barómetro de EE, com o objetivo de caracterizar, comparar e divulgar o desempenho energético das diferentes entidades da Administração Pública. O Barómetro de EE tem papel central na estratégia de promoção da EE no setor público, permitindo conhecer em detalhe a estrutura de consumos de energia do setor público, e assim permitir apoiar a definição de políticas e medidas destinadas a promover o uso eficiente dos recursos energéticos no setor público.

Neste programa prevêem-se economias de energia em quatro domínios, nomeadamente: a Certificação Energética dos Edifícios e Contratos de Gestão de EE, os Planos de Ação de EE, a Gestão de Frotas e a Iluminação Pública. [18]

2.3.3. Edifícios Energeticamente Eficientes

O consumo de energia de um edifício ou habitação depende de diversos fatores, tais como a zona onde se situa, a qualidade de construção, o nível de isolamento, o tipo de equipamentos utilizados e até o uso que lhe damos. Outra causa para o aumento do consumo de energia reside na ineficiência dos próprios equipamentos utilizados no sector dos edifícios de serviços e de habitação, e dos procedimentos e hábitos de utilização desses mesmos equipamentos. Isto deve-se, não só a razões comportamentais dos consumidores, como

também ao período necessário para a substituição dos equipamentos e progressiva recuperação dos edifícios. Além dos fatos referidos, estes setores são considerados alvos principais de diversos instrumentos de promoção de EE devido ao seu estimado potencial. No entanto, apesar dos esforços manifestados de modo a diminuir a procura de energia e do aumento da eficiência, constata-se a existência de algumas barreiras que impedem a execução completa do potencial previsto. Desta forma, os principais obstáculos são:

- **Financeiros:** Períodos largos de retorno de investimentos, incerteza da relação custo/benefício. De um modo geral, os equipamentos mais eficientes são mais caros e os consumidores não têm uma noção exata do período de amortização;
- **Técnicos:** Qualidade de construção e de reabilitação do edifício existente. Este fator influencia consideravelmente as perdas de energia de um edifício ou de uma habitação, desempenhando um papel determinante no consumo energético e medidas que neste âmbito têm, geralmente, períodos de retorno de investimento muito longos (décadas).
- **Regulação:** Desenvolvimento e implementação de políticas e informação aos principais *stakeholders*.

Apesar da importância das políticas e medidas propostas ser reconhecida, nestes setores distingue-se a relevância dos consumidores que influenciam diretamente a procura de energia. A falta de informação também é um dos fatores apontados, implicando que a eficiência não seja suficientemente valorizada de forma a motivar a mudança de hábitos.

Quando se analisa a possibilidade de incluir medidas de EE num edifício é importante não só considerar o seu grau de deterioração, devido a diversos fatores, como o envelhecimento natural dos materiais ou a falta de manutenção, mas também que as características atuais dos edifícios podem conduzir a uma redução do seu desempenho térmico e a consumos de energia elevados, quer na estação fria, quer na estação quente.

Entre as características dos edifícios, devem-se ter em especial atenção as seguintes:

- Isolamento térmico insuficiente nos elementos opacos da envolvente;
- Existência de pontes térmicas na envolvente do edifício;
- Presença de humidade (afetando o desempenho energético e a durabilidade);
- Baixo desempenho térmico de vãos envidraçados e portas (perdas de calor desproporcionadas por transmissão térmica e por infiltrações de ar excessivas);

- Falta de proteções solares adequadas nos vãos envidraçados, dando origem a sobreaquecimento no interior dos edifícios ou aumento das cargas térmicas e das necessidades energéticas no caso de habitações com sistemas de arrefecimento ambiente;
- Ventilação não-controlada, criando maiores necessidades energéticas em aquecimento no inverno, ou inversamente, ventilação insuficiente, conduzindo a maiores níveis de humidade relativa no inverno e sobreaquecimento no verão, e o conseqüente desconforto dos ocupantes, fenómenos de condensação e baixo nível de qualidade do ar interior.

Para além do anteriormente referido, elevados níveis de consumo de energia podem ser causados por comportamentos inadequados, em termos da conservação de energia, por parte dos seus utentes, tais como:

- Manutenção dos sistemas de aquecimento e/ou de arrefecimento ligados, enquanto as janelas estão abertas;
- Climatização desnecessária dos espaços, permitindo temperaturas interiores fora dos níveis recomendados, isto é, demasiado quentes no inverno e demasiado frios no verão.

2.3.3.1. Certificação Energética de Edifícios

O atual Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) aprovado pelo Decreto-lei 118/2013, de 20 de agosto, transpôs para ordem jurídica nacional a diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético nos edifícios. A transposição para o direito nacional atualizou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril, e veio restabelecer condições que proporcionem uma melhor aplicação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos. Desta forma, a revisão da legislação nacional para o SCE conteve ainda a inclusão do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) no mesmo diploma. Os últimos substituem o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), respetivamente.

A certificação energética de edifícios é, pois, um mecanismo que tem como finalidade classificar do ponto de vista de EE o desempenho de um edifício ou fração autónoma, com base nas suas características térmicas. Esta classificação é feita de acordo com os resultados obtidos após uma auditoria energética, seguindo sempre uma escala pré-definida de 7+2 classes conforme se ilustra na figura 2.21, onde A+ representa o máximo de eficiência.



Figura 2.21 – Classes de EE em Edifícios. [19]

As auditorias energéticas necessárias para a emissão de um certificado energético são efetuadas exclusivamente por Peritos Qualificados. Estes peritos podem ser selecionados a partir da base de dados disponível pela ADENE, entidade gestora do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. Nessa medida estão abrangidos pelo SCE, os seguintes edifícios:

- Todos os edifícios novos;
- Todos os edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, ou seja, intervenções na envolvente ou nas instalações técnicas do edifício, cujos custos sejam superiores a 25 % do valor do edifício, nas condições definidas em regulamento próprio;
- Os edifícios de comércio e serviços existentes com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;

- Os edifícios que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 500 m²;
- Todos os edifícios existentes, quer de habitação quer de serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE. [19]

A nova versão do SCE, além de rever os requisitos de qualidade térmica, introduz requisitos sujeitos a padrões de eficiência energética mínima para os principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios, bem como os sistemas de climatização de preparação de AQS, de iluminação, de aproveitamento de energias renováveis e de gestão de energia. No âmbito da promoção das fontes de energia renovável, a instalação de sistemas solares térmicos é obrigatória para fornecimento de AQS, sempre que haja exposição solar adequada e também estão sujeitos a requisitos mínimos de eficiência. Foi também implementado o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia, o qual passará a constituir o padrão para a nova construção, num futuro próximo (3 a 5 anos), no caso de edifícios novos de entidades públicas, ou para aqueles sujeitos a grandes intervenções.

Portugal está no pelotão da frente da Europa, a par da Dinamarca, Holanda, Alemanha e Irlanda, no que diz respeito à legislação sobre eficiência e certificação energética em edifícios, sendo reconhecidamente um dos cinco países da União Europeia com melhor processo de certificação energética de edifícios. O SCE é um instrumento de política energética cuja implementação nos diversos Estados-Membros da UE deriva de uma diretiva.

A esmagadora maioria da construção nova (ou alvo de grande reabilitação) tem hoje melhor isolamento térmico, caixilharias e sistemas de climatização muito mais eficientes do que a construção anterior a 2007. A utilização de energias renováveis para aquecimento de água (painéis solares térmicos) é hoje a regra e não a exceção devido ao impulso dado pelo SCE. É, assim, inquestionável que o SCE está a dar um enorme contributo para a melhoria da qualidade da construção nova em Portugal, pois os seus rigorosos requisitos mínimos e índices, bem como uma elevada taxa de implementação, transformaram para melhor, e em poucos anos, a construção nova em Portugal. As medidas de melhora propostas no certificado têm hoje o devido destaque e têm recebido bastante atenção por parte quer do legislador, quer do regulador (ADENE), quer dos próprios peritos e empresas de certificação. A

implementação deste sistema tem contribuído para o crescente destaque dos temas relacionados com a EE e utilização de energia renovável nos edifícios, e para uma maior proximidade entre as políticas de EE, os cidadãos e os agentes de mercado. Hoje assume-se como um importante mecanismo de informação relativa aos edifícios, de diferenciação num contexto de promoção e de produção de estatística nacional.

Capítulo III – Iluminação

Neste capítulo são abordados os fundamentos teóricos fundamentais ligados a um projeto de iluminação e ao estudo da eficiência de um sistema de iluminação. São descritos alguns conceitos inerentes ao estudo da aplicação de sistemas de iluminação e abordados os seus principais componentes.

Serão abordados ainda, de uma forma breve, os fundamentos e as etapas mais importantes a ter em conta num projeto de iluminação.

3.1. Iluminação Natural

Nos primórdios da civilização, o homem definiu o dia como sendo o período de atividade e a noite como de descanso e, dessa forma, as atividades restringiam-se basicamente ao período diurno, enquanto havia a luz do sol. Posteriormente, a partir de outras fontes de luz, como a lamparina, as velas, as lâmpadas, entre outras, o ser humano começou a estender as suas atividades para além do dia.

A luz é primordial ao ser humano, pois através dela é possível extrair as informações do ambiente externo. A luz proveniente do sol é denominada luz natural e constitui parte da radiação solar.

A luz natural foi sempre utilizada como principal fonte de iluminação. A sua grande rival surgiu em 1938 com o aparecimento da primeira lâmpada fluorescente com aplicações práticas que, devido ao seu grande aumento a nível de eficiência e por se tornar numa fonte de luz previsível, passou a competir com a luz do Sol. Desde então começou-se a considerar a luz elétrica como uma fonte primária, enquanto a luz natural, com este desenvolvimento e aperfeiçoamento das fontes de iluminação artificiais, deixou de ter a relevância que tinha nos projetos de iluminação.

Porém, desde 1973 que o interesse pelo aproveitamento da iluminação natural renasceu, como resultado das várias crises petrolíferas cujos efeitos se refletiram na necessidade de racionalização dos consumos energéticos. A importância crescente dos aspetos ligados à ecologia e ao ambiente, a procura de uma eficiência energética mais apurada e ao desenvolvimento sustentado, têm contribuído igualmente para que a iluminação natural tenha vindo, progressivamente, a reassumir um papel preponderante. Desta forma, a luz

natural passa a ser novamente considerada, nos dias de hoje, como uma fonte de iluminação importantíssima. [20]

Entre os elementos tecnológicos que estão a tornar possível estas retomas de espaço destacam-se: o surgimento de sistemas automáticos de controlo, sistemas de condução da iluminação natural e o uso da eletrónica.

O aproveitamento da luz natural pode contribuir significativamente não só para o conforto visual e para o bem-estar dos seus ocupantes, mas também para a sua EE. Deste modo deverá ser uma preocupação fundamental dos projetistas a integração de estratégias e medidas mais adequadas de aproveitamento da luz natural.

O processo de aproveitamento da iluminação natural, cujo objetivo principal consiste em proporcionar um ambiente visual interior adequado, constitui também um dos principais fatores condicionantes da qualidade ambiental das instalações. A integração de sistemas de iluminação natural e artificial é necessária para um melhor aproveitamento de luz natural maximizando a economia de energia, para além de possibilitar a criação de ambientes mais agradáveis aos seus utilizadores.

O conceito de iluminação natural num edifício deve envolver a otimização de todos os seus componentes internos e externos, como a área, o volume, as formas, o tipo de materiais, os objetos de decoração previstos para o espaço, as pessoas, as plantas, enfim, tudo o que se possa prever que irá ocupar o espaço e que podem ser beneficiados pelo uso da luz natural. Deve-se, assim, fornecer os níveis de conforto necessários à manutenção da produtividade dos seus utilizadores. Para desenvolver um sistema de iluminação natural adequado é preciso compreender como a luz natural penetra nos edifícios, através da sua forma, orientação, ou localização das suas aberturas, interagindo com os outros sistemas complementares.

3.2. Conceitos e Grandezas Luminotécnicas Fundamentais

Para uma plena compreensão do tema desta dissertação e, mais concretamente, da parte ligada a eficiência energética na iluminação, devem-se ter presentes um conjunto de conceitos e grandezas importantes neste âmbito. Serão, portanto, nesta secção, abordados os conceitos e grandezas que considero importantes para a compreensão do tema.

3.2.1. Luz

Uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas. Elas possuem diferentes comprimentos, e o olho humano é sensível a somente alguns. Luz é, portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual (Figura 3.1).

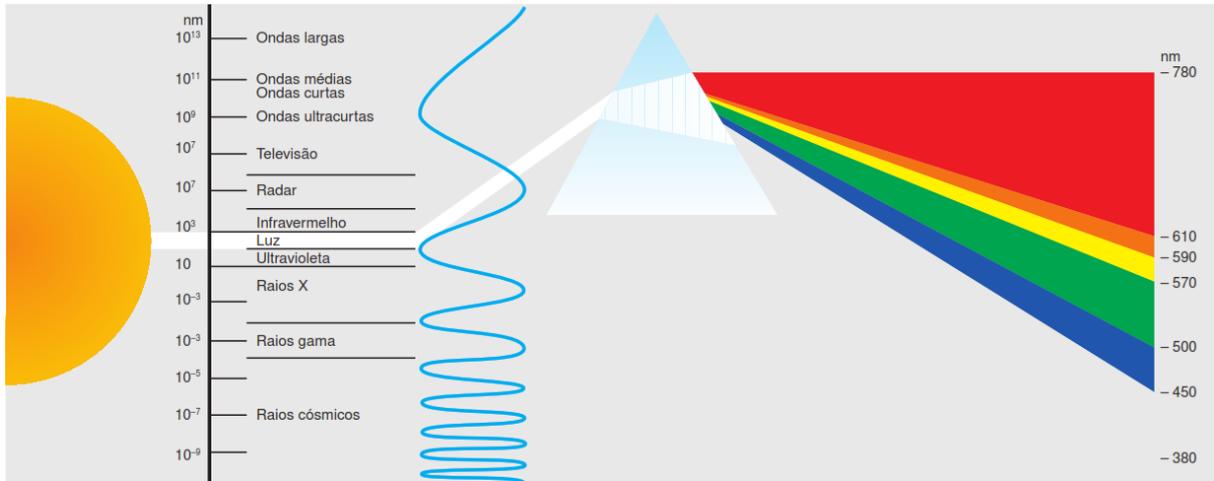


Figura 3.1 – Espectro eletromagnético. [21]

A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade. A curva de sensibilidade do olho humano demonstra que radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) geram maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz (ex. crepúsculo, noite, etc.), enquanto as radiações de maior comprimento de onda (laranja e vermelho) se comportam ao contrário (Figura 3.2).

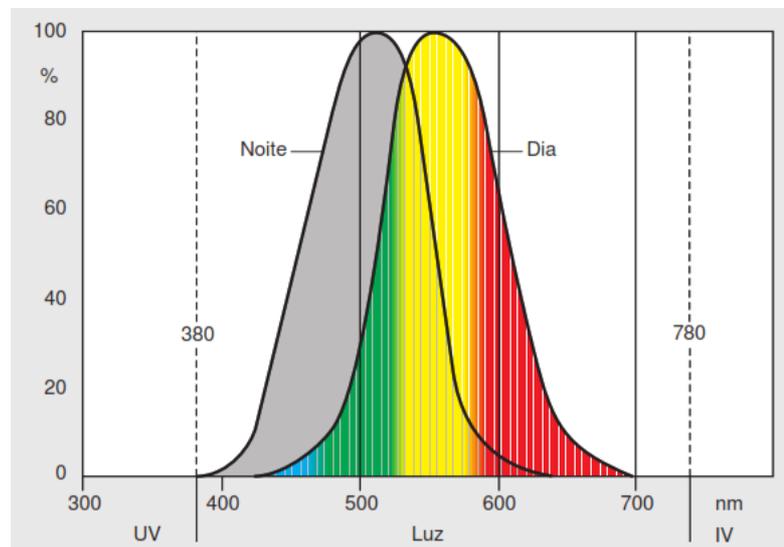


Figura 3.2 – Curva de sensibilidade do olho a radiações monocromáticas. [21]

3.2.2. Fluxo Luminoso

Símbolo: φ

Unidade SI: lúmen (lm)

Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa entre os limites de comprimento de onda mencionados (380 e 780nm). O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento.

Esta radiação poderia ser medida ou expressa em *watt*. Contudo isso não iria descrever adequadamente o efeito ótico de uma determinada fonte luminosa, uma vez que a sensibilidade do olho humano à variação espectral de radiação não seria levada em consideração. Por forma a incluir a sensibilidade espectral do olho humano, o fluxo é medido em lúmens. Assim, se tivermos um fluxo de radiação de 1W emitido no pico de sensibilidade espectral (cerca de 555nm) é produzido um fluxo luminoso de 683 lm. Devido à forma da fonte luminosa, para um mesmo fluxo de radiação iremos ter diferentes fluxos luminosos em diferentes pontos de frequência.

Sendo Q [J] a quantidade total de energia luminosa emitida e t [s] o tempo de emissão dessa mesma energia, então o fluxo luminoso é dado por:

$$\varphi = \frac{Q}{t} \quad (3.1)$$



Figura 3.3 – Esquema do fluxo Luminoso de uma lâmpada. [21]

3.2.3. Intensidade Luminosa

Símbolo: I

Unidade SI: candela (cd)

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o fluxo luminoso distribuir-se-ia na forma de uma esfera. Tal fato, porém, é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujo comprimento indica a Intensidade Luminosa (Figura 3.4). Portanto Intensidade Luminosa é o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto.

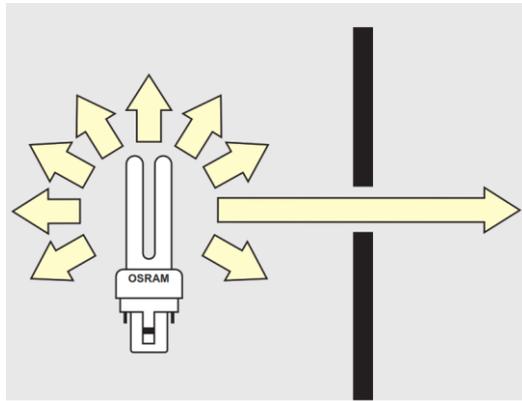


Figura 3.4 – Esquema representativo da Intensidade Luminosa. [21]

3.2.4. Iluminância

Símbolo: E

Unidade SI: Lux (lx)

A iluminância E é o fluxo luminoso que incide sobre a área A da superfície por segundo, podendo ser medida com o auxílio de um luxímetro. Podemos considerar a existência de uma Iluminância média E_m , pois a intensidade do fluxo luminoso não é igual em toda a área onde incide o mesmo, considerando também que, com o tempo de uso, o mesmo se reduz devido tanto ao desgaste, quanto ao acumular de poeira na luminária. Devido a este facto, em Setembro de 2002 o Parlamento Europeu legislou a Norma EN 12464-1 estabelecendo um valor mínimo para a E_m segundo ambientes e atividades exercidas nos mesmos. Na Figura 3.5 encontra-se um esquema representativo da iluminância.

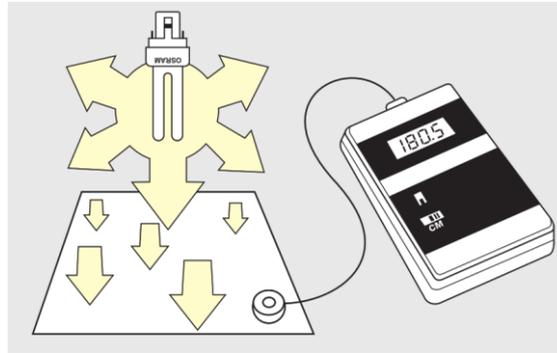


Figura 3.5 – Esquema representativo da Iluminância. [21]

A iluminância não precisa necessariamente de estar relacionada a uma superfície real, esta pode ser medida em qualquer ponto dentro de um espaço. Pode ser determinada a partir da intensidade luminosa da fonte e diminui com o quadrado da distância à fonte emissora de luz.

A equação que expressa esta grandeza é:

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (3.2)$$

3.2.5. Luminância

Símbolo: L

Unidade SI: cd/m²

Das grandezas mencionadas, nenhuma é visível, isto é, os raios de luz não são vistos, a menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos. Essa sensação de claridade é chamada de Luminância. Em outras palavras, é a Intensidade Luminosa que emana de uma superfície, pela sua superfície aparente.

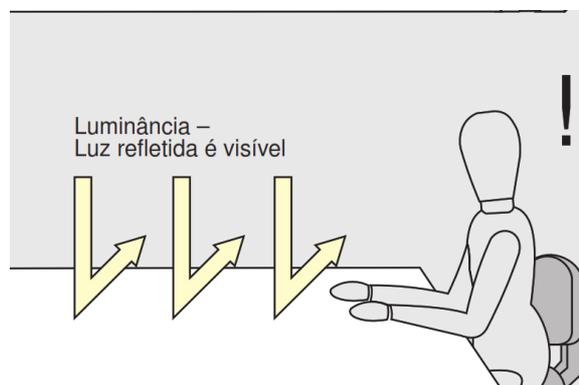


Figura 3.6 – Esquema representativo da Luminância. [21]

Sendo:

I - Intensidade Luminosa, em cd;

A – Área projetada, em m²;

α – ângulo considerado, em graus;

A equação que permite a determinação da luminância é dada por:

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha} \quad (3.3)$$

Como é difícil medir-se a intensidade luminosa que provém de um corpo não radiante (através de reflexão), pode-se recorrer a outra fórmula:

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \quad (3.4)$$

Onde:

ρ – Refletância ou Coeficiente de Reflexão;

E – Iluminância sobre essa superfície.

Como os objetos refletem a luz diferentemente uns dos outros, fica explicado porque a mesma Iluminância pode dar origem a Luminâncias diferentes. É importante lembrar que o Coeficiente de Reflexão é a relação entre o Fluxo Luminoso refletido e o Fluxo Luminoso incidente em uma superfície. Esse coeficiente é geralmente dado em tabelas, cujos valores são função das cores e dos materiais utilizados.

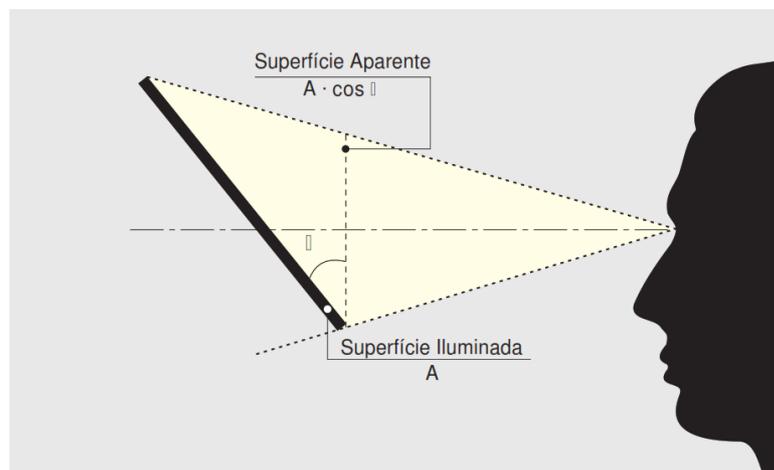


Figura 3.7 – Representação da superfície aparente e ângulo considerado para o cálculo da Luminância. [21]

3.2.6. Índice de Reprodução de Cores

Símbolo: IRC ou Ra

Unidade SI: R

O Índice de Reprodução de Cor (*IRC*) ou Índice de Restituição Cromática *Ra* visa quantificar as variações de cor dos objetos iluminados sob fontes de luz diferentes. A quantificação do *IRC* está definida numa escala qualitativa em função da luz natural, que vai de 0 a 100 (reprodução fidedigna). Segundo a norma europeia EN 12464-1, referente à iluminação de interiores, é recomendado um valor não inferior a 80% de *IRC*.

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

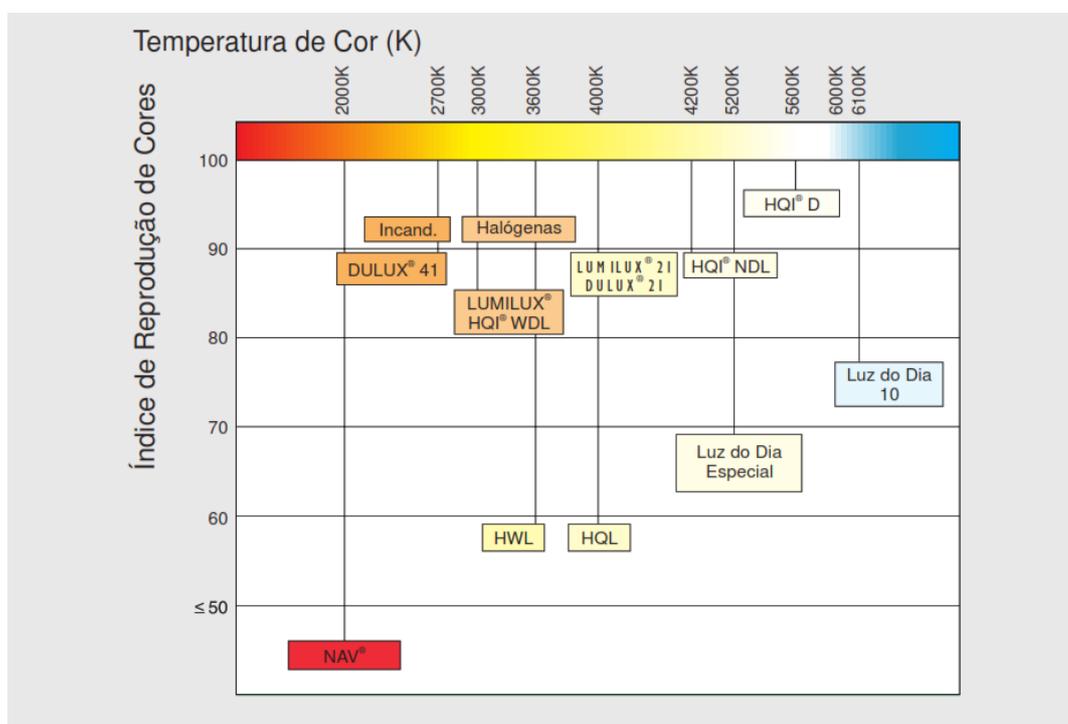


Figura 3.8 – Tonalidade de cor e reprodução de cores. [21]

3.2.7. Temperatura da Cor

Em aspeto visual, admite-se que é bastante difícil a avaliação comparativa entre a sensação de Tonalidade de Cor de diversas lâmpadas. Para estipular um parâmetro, foi definido o critério Temperatura de Cor (Kelvin) para classificar a luz. Assim como um corpo

metálico que, em seu aquecimento, passa desde o vermelho até o branco, quanto mais claro o branco (semelhante à luz diurna ao meio-dia), maior é a Temperatura de Cor (aproximadamente 6500K). A luz amarelada, como de uma lâmpada incandescente, está em torno de 2700 K. É importante destacar que a cor da luz em nada interfere na Eficiência Energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada.

Convém ressaltar que, do ponto de vista psicológico, quando dizemos que um sistema de iluminação apresenta luz “quente” não significa que a luz apresenta uma maior temperatura de cor, mas sim que a luz apresenta uma tonalidade mais amarelada. Um exemplo deste tipo de iluminação é a utilizada em salas de estar, quartos ou locais onde se deseja tornar um ambiente mais aconchegante. Da mesma forma, quanto mais alta for a temperatura de cor, mais “fria” será a luz. Um exemplo deste tipo de iluminação é a utilizada em escritórios, cozinhas ou locais em que se deseja estimular ou realizar alguma atividade. Esta característica é muito importante de ser observada na escolha de uma lâmpada, pois dependendo do tipo de ambiente há uma temperatura de cor mais adequada para esta aplicação.



Figura 3.9 – Temperatura de Cor. [21]

3.2.8. Eficiência Luminosa

Símbolo: η_w

Unidade SI: lm/W (lúmen / Watt)

A Eficiência luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso emitido pela fonte luminosa em lúmen (lm), pela potência consumida em Watt (W). A sua unidade é [lm/W]. É dada pela seguinte expressão:

$$\eta_w = \frac{\phi}{P} \quad (3.5)$$

As lâmpadas diferenciam-se entre si não só pelos diferentes fluxos luminosos que irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para poder compará-las é necessário que se saiba quantos lúmens são gerados por watt absorvido. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Luminosa.

Na Figura 3.10 apresenta-se a eficiência luminosa de algumas lâmpadas existentes, sendo que a barra a cor de laranja significa a oscilação dos valores de eficácia dentro de cada tipo de lâmpada.

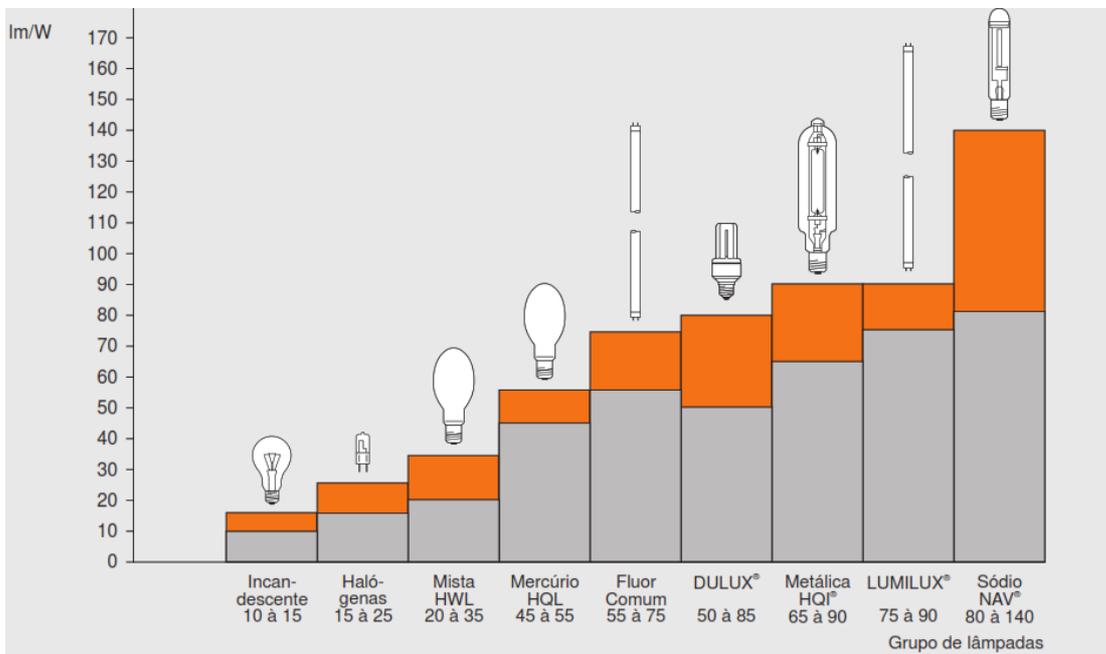


Figura 3.10 – Evolução da Eficiência Luminosa das fontes de luz. [21]

Quanto maior o valor da eficiência de uma determinada lâmpada, maior será a iluminância produzida com o mesmo consumo.

A eficiência luminosa de uma luminária η_L é dada pela razão entre o fluxo luminoso que sai da luminária (φ_L) e o fluxo luminoso (φ_l) produzido pela fonte de luz dessa luminária (ou seja, pela lâmpada).

$$\eta_W = \frac{\varphi_L}{\varphi_l} \quad (3.6)$$

Este valor é normalmente indicado pelos fabricantes de luminárias. Dependendo das qualidades físicas do recinto em que a luminária será instalada, o Fluxo Luminoso que dela emana poderá propagar-se mais facilmente, dependendo da absorção e reflexão dos materiais e da trajetória que percorrerá até alcançar o plano de trabalho.

3.2.9. Fator de Utilização

Símbolo: Fu

Unidade SI: não tem

O Fluxo Luminoso final (útil) que incidirá sobre o plano de trabalho é avaliado pelo Fator de Utilização. Ele indica, portanto, a eficiência luminosa do conjunto lâmpada, luminária e recinto.

O produto da Eficiência do Recinto (η_R) pela Eficiência da Luminária (η_L) dá-nos o Fator de Utilização (Fu).

$$Fu = \eta_R \cdot \eta_L \quad (3.7)$$

Determinados catálogos contêm tabelas de Fatores de Utilização para as suas luminárias. Esta tabela nada mais é do que o valor da Eficiência do Recinto já multiplicado pela Eficiência da Luminária, encontrado pela interseção do Índice do Recinto (K) e das Refletâncias do teto, paredes e piso, nesta ordem.

Tabela 3.1 – Exemplo de tabela de Fator de Utilização de Luminária. [22]

TETO (%)	70			50			30		0
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)	10			10			10		0
Kr	Fator de utilização								
0,60	34	29	26	33	29	26	29	26	25
0,80	40	36	33	39	35	32	35	32	31
1,00	45	41	38	44	41	38	40	38	36
1,25	50	46	43	49	45	43	45	42	41
1,50	53	50	47	52	49	46	48	46	45
2,00	58	55	52	56	54	52	53	51	50
2,50	60	58	56	59	57	55	56	55	53
3,00	62	60	58	61	59	58	58	57	55
4,00	64	63	61	63	62	60	61	59	58
5,00	66	64	63	64	63	62	62	61	59

3.2.10. Fator de Depreciação

Símbolo: Fd

Unidade SI: %

Todo o sistema de iluminação tem, após a sua instalação, uma depreciação no nível de iluminância ao longo do tempo. Esta é decorrente da depreciação do fluxo luminoso da lâmpada e do acumular de poeira sobre lâmpadas e luminárias. Para compensar parte desta depreciação, estabelece-se um fator de depreciação que é utilizado no cálculo do número de luminárias. Este fator evita que o nível de iluminância atinja valores abaixo do mínimo recomendado.

3.2.11. Potência Total Instalada

Símbolo: P_t

Unidade SI: W ou kW

É o somatório da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação. Trata-se aqui, portanto, da potência da lâmpada, multiplicada pela quantidade de unidades utilizadas (n), somado à potência consumida de todos os reatores, transformadores e/ou ignitores. Uma vez que os valores resultantes são elevados, a Potência Total Instalada é muitas vezes expressa em quilowatts. Assim, a expressão que define a Potência Total Instalada é a seguinte:

$$P_t = \sum_{i=1}^n n_i \times P_i \quad (3.8)$$

Onde n_i é a quantidade de equipamentos instalados do tipo i no sistema de iluminação e P_i [W] a potência destes.

3.3. Sistemas de Iluminação

Muitos profissionais cometem um erro primário num projeto luminotécnico, partindo inicialmente da definição de lâmpadas e/ou luminárias. O primeiro passo de um projeto luminotécnico é definir o(s) sistema(s) de iluminação, respondendo basicamente a três perguntas:

1. Como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente?
2. Como a luminária irá distribuir a luz?
3. Qual é a ambientação que queremos dar, com a luz, a este espaço?

Pelas questões acima vemos que, qualquer que seja o sistema adotado, ele deverá sempre ser escolhido de uma forma intimamente ligada à função a ser exercida no local.

Para se responder à primeira pergunta, classificamos os sistemas de acordo com a forma que as luminárias são distribuídas pelo ambiente e com os efeitos produzidos no plano de trabalho. Assim, os sistemas de iluminação proporcionam:

- **Iluminação geral:** distribuição aproximadamente regular das luminárias pelo teto; iluminação horizontal de um certo nível médio;
- **Iluminação localizada:** concentra-se a luminária em locais de principal interesse. Exemplo: este tipo de iluminação é útil para áreas restritas de trabalho em fábrica. As luminárias devem ser instaladas suficientemente altas para cobrir as superfícies adjacentes, possibilitando altos níveis de iluminância sobre o plano de trabalho, ao mesmo tempo em que asseguram uma iluminação geral suficiente para eliminar fortes contrastes;
- **Iluminação de tarefa:** luminárias perto da tarefa visual e do plano de trabalho iluminando uma área muito pequena.

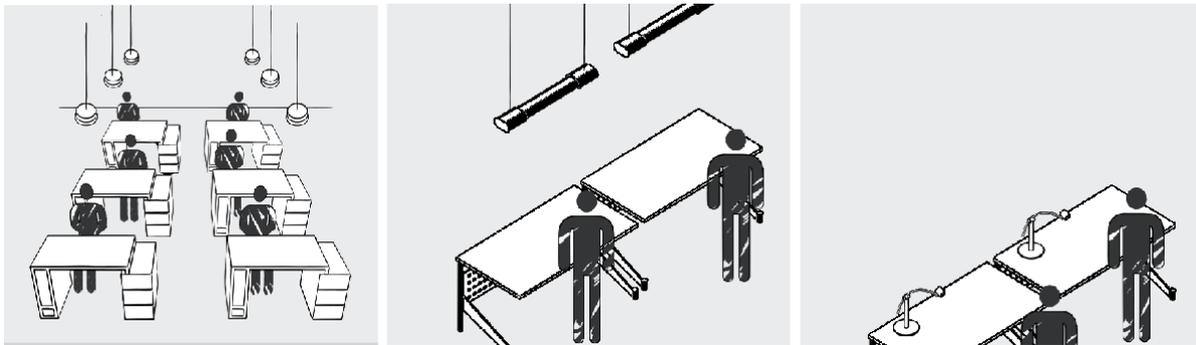


Figura 3.11 – Iluminação geral + Iluminação localizada + Iluminação de tarefa. [21]

Para responder a segunda pergunta, “Como a luminária irá distribuir a luz?”, classificam-se os sistemas de iluminação de acordo com a forma pela qual o fluxo luminoso é irradiado pela luminária ou, mais precisamente, de acordo com a quantidade do fluxo luminoso irradiado para cima e para baixo do plano horizontal e da luminária (e/ou lâmpada). Essa segunda classificação obedece ao esquema da figura 3.12.

Muitos autores classificam os sistemas simplesmente por: direto, indireto e direto-indireto (compreendendo, neste último caso, as classificações intermediárias).

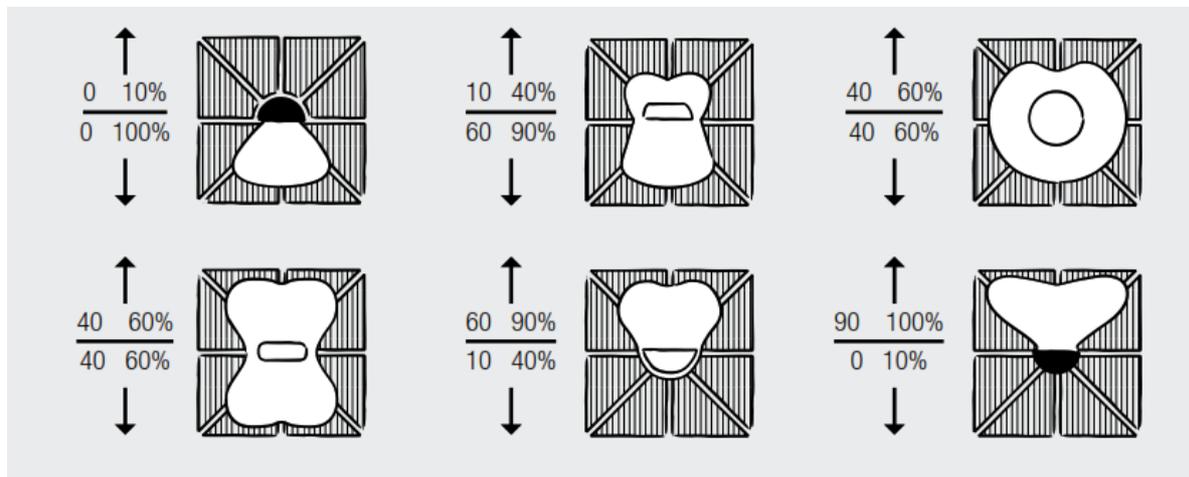


Figura 3.12 – Classificação das Luminárias segundo o fluxo luminoso. [21]

Normalmente, quando se trabalha num projeto de iluminação, divide-se os sistemas de iluminação em sistema principal, aquele que resolverá as necessidades funcionais, e sistema secundário, que dará mais ênfase à “personalidade” do espaço, à sua “ambientação” por meio da luz (numa abordagem mais criativa, livre e não tão “funcional”). O sistema secundário relaciona-se mais à terceira pergunta, “Qual é a ambientação que queremos dar, com a luz, a este espaço?”.

3.4. Componentes de um Sistema de Iluminação

Nesta secção irei falar dos componentes fundamentais de um sistema de iluminação geral, nomeadamente das lâmpadas, luminárias e sistemas de controlo de iluminação.

3.4.1. Lâmpadas

Em função da aplicação e das condições de utilização, são escolhidos os tipos de lâmpadas a utilizar de modo a otimizar a relação entre o fluxo luminoso e a área a iluminar e, também, a garantir a maximização do tempo de vida das lâmpadas e dos equipamentos auxiliares. Para tal, são estudadas as características das lâmpadas de forma a garantir uma escolha ponderada, tecnicamente viável e com um bom retorno do investimento.

São cinco os principais tipos de lâmpadas para uso doméstico:

- Lâmpadas Incandescentes;
- Lâmpadas de Halogéneo;
- Lâmpadas Fluorescentes Tubulares;
- Lâmpadas Fluorescentes Compactas;

- Diodos Emissores de Luz (Led);

3.4.1.1. Lâmpadas Incandescentes

As lâmpadas incandescentes foram as primeiras lâmpadas que se encontraram disponíveis comercialmente. O seu princípio de funcionamento é algo muito simples, assenta numa corrente elétrica a passar por uma resistência, filamento fino em tungsténio, que se aquece até ficar incandescente. Para evitar que o filamento queimasse este é fechado no interior de uma ampola de vidro, em vácuo. As lâmpadas incandescentes atualmente ainda assentam neste princípio, tendo apenas sofrido alguns “retoques”.

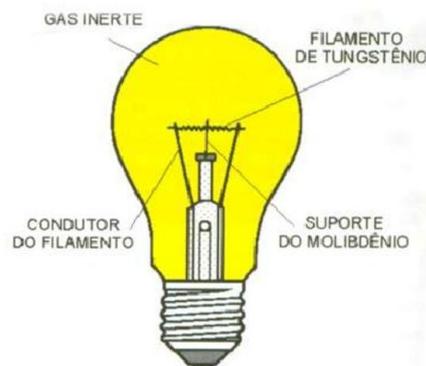


Figura 3.13 – Esquema de funcionamento da lâmpada incandescente.

Este tipo de lâmpada está ainda presente nas habitações. Este é, no entanto, o tipo de iluminação com menos eficiência luminosa (15 lm/W) e com o menor tempo de vida média (cerca de 1 000 horas).

A sua baixa eficiência em relação aos restantes tipos de lâmpadas deve-se ao facto de converterem a maior parte da eletricidade (90 a 95%) em calor e apenas uma percentagem muito reduzida (5 a 10%) em luz. Daí ficarem bastante quentes muito pouco tempo após terem sido acesas.

A sua elevada ineficiência conduziu a que a União Europeia aprovasse uma diretiva com o objetivo de retirar estas lâmpadas do mercado. Este processo decorreu entre 2009 e 2012.

3.4.1.2. Lâmpadas de Halogéneo

As lâmpadas de halogéneo têm o mesmo princípio de funcionamento das lâmpadas incandescentes. A principal diferença para as lâmpadas incandescentes tradicionais

é a adição de um gás halógeno, como o iodo ou o bromo e uma ampola de quartzo mais resistente às altas temperaturas. No interior da ampola dá-se o designado “ciclo do iodo” ou “ciclo do bromo”, mediante o gás escolhido. O tungsténio evaporado combina-se, em temperaturas inferiores a 1400° C, com o gás halógeno presente na ampola e o composto formado circula dentro da ampola até se aproximar novamente do filamento. Como o filamento se encontra a alta temperatura vai decompor o composto formado anteriormente e parte do tungsténio vai-se depositar novamente no filamento, regenerando-o. O gás halógeno que sobrou vai reiniciar o ciclo. Temos assim uma reação cíclica que reconduz o tungsténio evaporado para o filamento. Isto vai permitir ao filamento operar em temperaturas mais elevadas (aproximadamente 3000° C). Este ciclo faz com que este tipo de lâmpada tenha uma durabilidade até duas vezes maior do que as tradicionais lâmpadas incandescentes, além de permitir uma ótima manutenção do fluxo luminoso, uma vez que este ciclo regenerativo serve para evitar o escurecimento da ampola e prolongar a vida da lâmpada. O resultado é uma maior eficiência energética e uma luz mais brilhante e uniforme ao longo de toda a vida. Todavia, o fluxo luminoso mantém-se próximo dos 95% do seu valor inicial até ao final da sua vida útil.

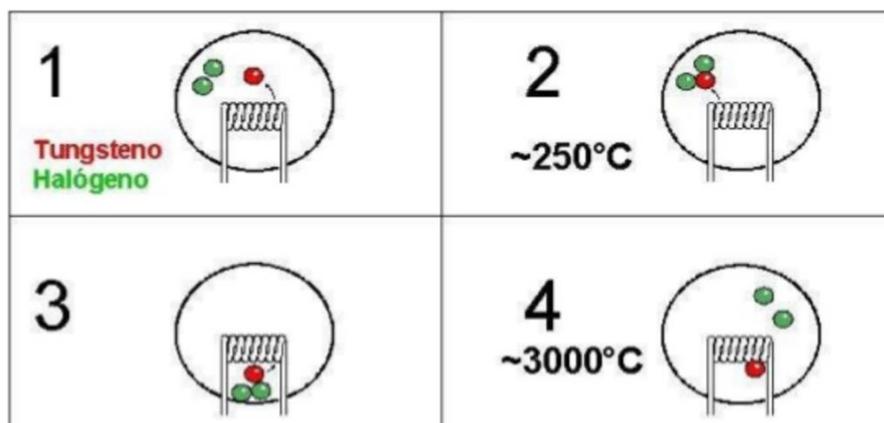


Figura 3.14 – Ciclo do halogénio.

Algumas lâmpadas de halogéneo possuem um refletor incorporado com espelho dicróico que desvia grande parte do calor produzido para trás da lâmpada, sendo estas denominadas de lâmpadas de halogéneo com refletor, sendo que algumas destas lâmpadas são alimentadas a 12 ou 24 V, pelo que precisam de um transformador auxiliar para fazer a ligação à rede, conseguindo índices de eficiência ligeiramente superiores.

As principais características deste tipo de lâmpadas são:

- Potência 5-150 W;

- Eficiência Luminosa: 18 a 33 lm/W;
- IRC: 100%;
- Temperatura de cor: 3000K;
- Tempo de Vida Útil: 2000 a 4000 horas. [23]

As lâmpadas de halogéneo têm estado a ter uma melhoria na sua eficiência energética. Atualmente já existem lâmpadas 20 a 60% mais eficientes que as tradicionais, e com um tempo de vida útil também superior que pode atingir as 5000 horas de utilização.



Figura 3.15 – Lâmpadas de Halogénio.

3.4.1.3. Lâmpadas Fluorescentes Tubulares

A lâmpada fluorescente tubular (FT) é constituída por um tubo de descarga comprido com um formato cilíndrico e um elétrodo em cada extremidade. O tubo contém no seu interior uma mistura de um gás inerte com uma pequena quantidade de vapor de mercúrio a baixa pressão e o seu interior é revestido por uma substância fluorescente que transforma a radiação UV em radiação visível. Estas são, no geral, mais económicas que as incandescentes pois dissipam menos energia sob a forma de calor. Durante o seu funcionamento necessitam de um equipamento auxiliar designado de balastro para limitar a corrente e evitar uma ionização excessiva e descontrolada, que levaria à destruição da lâmpada. As FT têm uma eficiência luminosa alta (≈ 100 lm/W) e uma vida útil longa (7500 a 10000 horas) em comparação com as lâmpadas incandescentes. Estas apresentam um IRC de 85 a 95% e uma temperatura de cor de 2700K a 5000K.

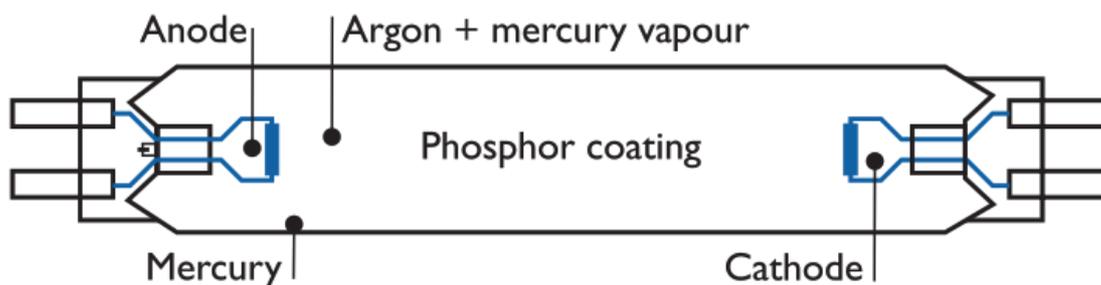


Figura 3.16 – Componentes de uma lâmpada fluorescente tubular. [24]

As lâmpadas fluorescentes tubulares são de aplicabilidade diversa, sendo usadas em ambientes de trabalho como escritórios, laboratórios ou cozinhas e também são utilizadas para fins específicos, como lâmpadas ultravioleta, lâmpadas negras e lâmpadas coloridas.

Por serem mais económicas foram utilizadas em larga escala ao longo dos anos nos edifícios de serviços e não só. As antigas fluorescentes, as T12, a partir da década de 80 evoluíram para as T10, mais finas. De seguida, surgiram as modernas fluorescentes tubulares T8, e atualmente são comercializadas as tubulares T5, ainda mais finas que as T8.

As lâmpadas T5 apresentam melhor rendimento luminoso e melhor controlo do feixe luminoso que as lâmpadas T8. Com a substituição é atingida uma economia potencial de 20 %. As lâmpadas T5 em relação às T8 conseguem uma redução no consumo em 40 %. A figura 3.17 demonstra a melhoria do rendimento com a diminuição do diâmetro da lâmpada.

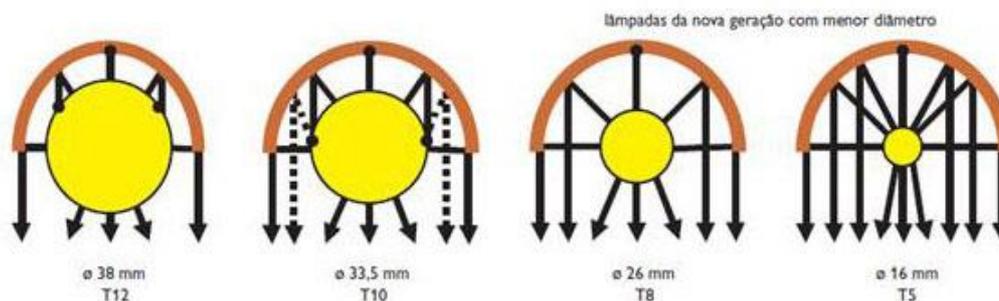


Figura 3.17 – Influência do diâmetro do tubo no fluxo luminoso emitido.

As lâmpadas T8 funcionam com balastros ferromagnéticos ou com balastros eletrónicos, enquanto que as T5 só funcionam com balastros eletrónicos. A substituição dos balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos resulta em vantagens consideráveis em termos de utilização, qualidade de iluminação e tempo de vida da lâmpada.

3.4.1.4. Lâmpadas Fluorescentes Compactas

A lâmpada fluorescente compacta (FC) tem um princípio de funcionamento idêntico ao da fluorescente tubular, porém como o nome indica, tem uma forma mais compacta, através de um tubo de descarga em forma de U ou em forma de espiral. Estas apresentam uma menor eficiência luminosa relativamente às tubulares, porém relativamente às de incandescência apresentam eficiência luminosa superior.

As lâmpadas fluorescentes compactas dividem-se em duas categorias: as fluorescentes compactas integradas e as fluorescentes compactas não integradas. A diferença entre ambas reside na existência ou não de balastro integrado. As lâmpadas fluorescentes compactas não integradas necessitam de balastro externo para o seu funcionamento. Este tipo de lâmpada é muito utilizado em áreas comerciais com elevado tempo de utilização diário. Esta lâmpada tem a vantagem de permitir a aquisição independente do balastro, o que leva à redução de custos de manutenção. Existem modelos de quatro pinos deste tipo de lâmpadas que permitem a regulação do fluxo luminoso, com conseqüentes vantagens na economia de energia.

As lâmpadas fluorescentes compactas integradas dispõem no seu interior todos os equipamentos necessários ao seu funcionamento. São muito utilizadas no setor doméstico, com baixo tempo de utilização diário. Desta forma, o custo de manutenção superior, comparando com as fluorescentes não integradas, torna-se irrelevante.



Figura 3.18 – Lâmpadas Fluorescentes Compactas.

As principais características deste tipo de lâmpadas são:

- Eficiência Luminosa: 40 a 60 lm/W;
- IRC: 85% a 95%;

- Temperatura de cor: 2700K a 5400K;
- Tempo de vida: 7500 a 10000 horas;

3.4.1.5. Díodos Emissores de Luz (LED)

Um díodo emissor de luz ou mais comumente um LED (Light Emitting Diode) é uma fonte luminosa que começou recentemente a ser utilizada em diversos sistemas de iluminação, desde iluminação interior, exterior, sinalização, etc.

O princípio de funcionamento deste dispositivo semiconductor baseia-se no fenómeno da eletroluminescência que ocorre em junções p-n constituídas por materiais semicondutores adequados para o efeito. Este fenómeno ocorre em junções p-n quando é aplicada, por um circuito externo, uma tensão entre o ânodo e o cátodo.

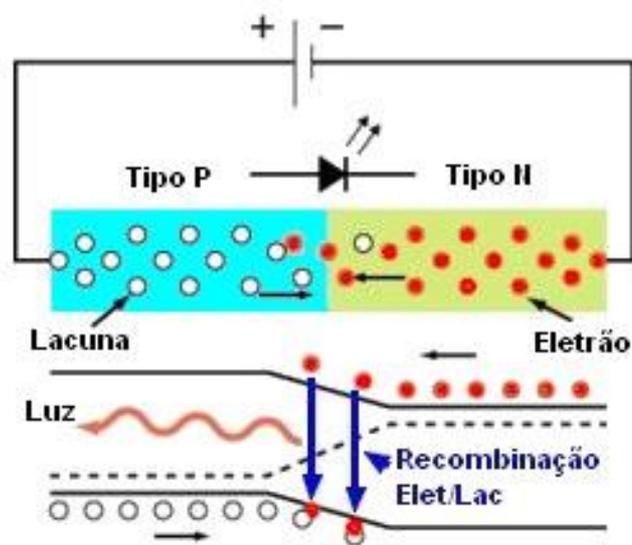


Figura 3.19 – Princípio de funcionamento do LED.

Os LED são de todas as fontes de luz artificial as que apresentam a melhor eficiência luminosa, são compactos e leves, permitem um melhor controlo da luz, a sua vida não é afetada pelos curtos ciclos de funcionamento ou frequência de acendimentos. É uma tecnologia resistente, além de constituírem a solução mais amiga do ambiente pelo seu muito baixo consumo e ausência de mercúrio. Têm como grandes limitações o elevado custo inicial e o facto da eficiência luminosa e a vida útil diminuírem fortemente com o aumento da temperatura, sendo necessário a ligação a dissipadores de calor e de um equipamento auxiliar designado de driver para limitar a corrente de funcionamento.

Devido à sua grande versatilidade, existem soluções LED para quase todas as aplicações, desde iluminação de interiores a iluminação pública. Como produzem várias cores, também são ideais para a iluminação arquitetônica ou decorativa e por apresentarem uma tecnologia de estado sólido (sem filamento ou bolbo de vidro) são uma solução ideal para locais sujeitos a choques ou vibrações, tais como automóveis, indústria ou iluminação pública. As lâmpadas comuns têm a característica de emitir luz em todas as direções. Para muitas aplicações, este facto resulta numa porção de luz a ser desperdiçada, sendo necessário o uso de refletores para tornar a luz mais direcional, não evitando, contudo, algumas perdas. Como os LED são montados numa superfície plana, eles emitem a luz hemisféricamente, em vez de esfericamente o que leva a uma maior eficiência luminosa. A Figura 3.20 apresenta alguns exemplos de lâmpadas LED.



Figura 3.20– Lâmpadas LED.

Os LEDs podem ser de baixa (0,1 W), média (0,2 W a 0,5 W) e de alta potência (acima de 0,5 W). Em geral, os de baixa e média potência são utilizados para sinalização e efeitos decorativos. Os de alta potência já podem ser aplicados em iluminação geral.

As principais vantagens dos LEDs relativamente às restantes fontes de luz são:

- Tamanho reduzido;
- Funcionamento em corrente contínua para tensões muito baixas;
- Baixo consumo e uma elevada eficiência energética comparativamente às outras soluções;
- Maior tempo de vida útil (≈ 50000 horas) e conseqüente baixa manutenção;

- Funcionamento fiável numa alta variedade de temperaturas (desde os -30° C aos + 60° C);
- Temperatura de cor entre os 3000K e os 6000K;
- Não emitem luz ultravioleta;
- Não emitem radiação infravermelha, causando um feixe luminoso frio;
- Resistência a impactos e vibrações;
- Maior segurança.

Por outro lado, também apresentam alguns pontos negativos:

- Custo de aquisição elevado;
- IRC pode não ser o mais adequado (60 a 90%);
- Necessidade de fontes de alimentação ou *interface* (transformador ou driver), que converte as características de alimentação de uma tomada comum para um padrão adequado ao funcionamento do LED;
- Necessidade de dispositivos de dissipação de calor nos LEDs de alta potência (a quantidade de luz emitida pelo LED diminui com o aumento da temperatura).

Devido ao baixo consumo de energia, robustez, tempo de vida útil longo e ao facto de não conterem mercúrio, os díodos emissores de luz (LEDs) representam novas oportunidades nas aplicações para iluminação.

A eficiência energética das lâmpadas LEDs coloridas ultrapassa qualquer fonte de luz convencional. A eficiência do LED branco está a aumentar a um ritmo constante, pelo que a substituição das lâmpadas incandescentes convencionais por LEDs é cada vez mais uma boa alternativa. Esta lâmpada oferece muitos benefícios para a iluminação, visto que tem um baixo consumo energético e não contém elementos perigosos (ex: mercúrio).

Adicionalmente, ao assegurar uma maior eficiência e desempenho em termos energéticos, a tecnologia LED reduz o consumo e, conseqüentemente, as emissões de CO₂ para a atmosfera, um fator preponderante para se alcançar a necessária sustentabilidade energética.

3.4.2. Luminárias

A luminária é o conjunto de componentes que servem de invólucro para as lâmpadas e que asseguram as funções de proteção, fixação e condicionamento do fluxo luminoso.

Os componentes da luminária para condicionamento do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas são o difusor, as alhetas e o refletor. O difusor tem a função de difundir a luz, proteger as lâmpadas e esconder o equipamento de iluminação, podendo ser transparente, opalino ou prismático. As alhetas e o refletor têm a função de controlar corretamente o fluxo luminoso produzido pela lâmpada ou pelas lâmpadas, conduzindo a um aumento da eficiência luminosa. Os refletores podem ser planos ou parabólicos, pintados em alumínio mate ou em alumínio polido, sendo que os últimos apresentam maior eficiência. Outra propriedade das luminárias é o ângulo de cut-off, que é o ângulo entre o teto e uma reta imaginária tangente à lâmpada e que passe pelo extremo do refletor.

Todos os sistemas de iluminação produzem calor o que diminui a eficiência das lâmpadas e a sua duração. Para minimizar esta situação algumas luminárias vêm equipadas com sistemas de ventilação ou dissipadores de calor.

A eficiência dos sistemas de iluminação está diretamente relacionada com a eficiência das luminárias. A Figura 3.21 apresenta alguns tipos de luminárias.



Figura 3.21 – Luminárias.

As luminárias são classificadas em função da sua distribuição fotométrica. Esta classificação é baseada na percentagem de fluxo luminoso que é emitido em cada direção, sendo os ângulos definidos de acordo com planos de referência. As luminárias também são classificadas segundo os seus índices de estanquidade a corpos sólidos e líquidos, de proteção elétrica e de inflamabilidade do invólucro exterior e de resistência ao impacto.

O conhecimento da fotometria, propriedades e custo de uma luminária são fundamentais para determinar a sua utilização num qualquer projeto luminotécnico. Quando escolhemos uma luminária, o dado mais importante que se deve ter em conta é a maneira como a intensidade luminosa se distribui no ambiente. Cada lâmpada e luminária caracterizam-se por uma distribuição específica do fluxo luminoso. Essa distribuição pode ser

observada através do seu diagrama polar de intensidade luminosa (curva fotométrica). Para isso, considera-se a fonte luminosa como um ponto e coloca-se no centro do diagrama. A partir deste ponto, a intensidade luminosa é medida em diferentes direções que variam de 0 a 180° para um plano superior ou para um plano inferior (figura 3.22).

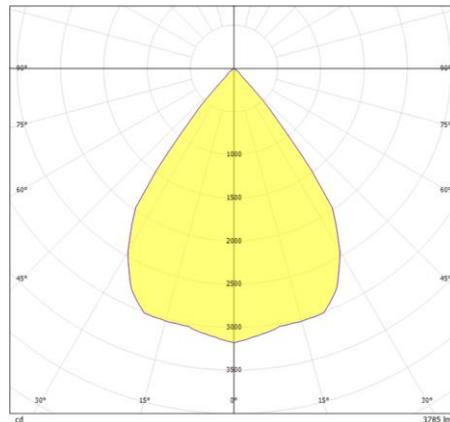


Figura 3.22 – Exemplo de curva fotométrica de uma luminária.

Segundo a proporção da direção do fluxo luminoso, para o plano superior ou inferior da luminária, elas classificam-se, segundo a International Commission on Illumination (CIE), da seguinte maneira:

- **Direta**, quando pelo menos 90% do fluxo luminoso está dirigido para o plano inferior. São utilizadas na maior parte dos ambientes onde haja a execução de alguma atividade laboral pois fornecem todo o fluxo luminoso na direção da superfície de trabalho. Podem causar encandeamento direto e indireto e são mais apropriadas para uma iluminação localizada;
- **Semi-direta**, quando entre 60 a 90% do fluxo está dirigido para o plano inferior. Podem ser aplicadas em compartimentos com várias funções de edifícios de serviços, com eficiência energética aceitável, proporcionando uma menor uniformidade nas paredes e maior no teto. Podem diminuir os riscos de encandeamento direto e indireto;
- **Semi-indireta**, quando possuem entre 10 a 40% do fluxo dirigido para o plano inferior. Esse fluxo é obtido quando a luminária apresenta, na sua parte inferior, materiais translúcidos, o que apresenta logo como vantagem poder criar, de modo imediato, contrastes com o teto. A atmosfera visual produzida com este sistema é bastante parecida com o do sistema indireto. O risco de encandeamento é praticamente nulo;

- **Direta-indireta**, quando possuem entre 40 a 60% do fluxo dirigido para o plano inferior. Podem iluminar o teto diretamente e a superfície de trabalho. Os riscos com encandeamento direto são maiores do que com a tecnologia semi-indireta;
- **Difusora**, distribuem o fluxo em todas as direções. Este tipo de luminária geralmente é composto por materiais translúcidos difusores na envolvente da lâmpada. Podem causar tanto encandeamento direto como indireto;
- **Indireta**, o fluxo luminoso é dirigido no máximo em 10% para o plano inferior. Estes tipos de luminárias requerem parâmetros de alto fator refletor, sobretudo para o teto. As potências das lâmpadas devem ser maximizadas de modo a obter-se iluminâncias confortáveis num plano definido como o de trabalho. Produzem uma iluminação uniforme na superfície de trabalho e é geralmente baixo o risco de encandeamento direto ou indireto. [25]

Como geralmente a lâmpada é instalada dentro de luminárias, o fluxo luminoso final disponível é menor do que o irradiado pela lâmpada, devido à absorção, reflexão e transmissão da luz pelos materiais com que são construídas as luminárias. Logo, a seleção da luminária revela a importância no ponto de vista da redução de perdas.

A eficiência energética depende da luminária e da configuração da lâmpada. Por exemplo, se a lâmpada for instalada na luminária errada, mesmo que esta seja muito eficiente pode funcionar de forma ineficiente

3.4.3. Sistemas de Controlo de Iluminação

Para além das lâmpadas e das luminárias, abordadas anteriormente, é importante ter um sistema de controlo que nos permita gerir e controlar o sistema de iluminação de acordo com o seu tempo de utilização estimado e a tarefa a que o compartimento se destina. A título de exemplo, um sistema de iluminação instalado numa arrecadação ou dispensa não terá o mesmo nº de horas de utilização nem será necessário um nível de iluminância tão elevado como num escritório, onde temos pessoas a trabalhar durante um nº de horas diário fixo e, como tal, há a necessidade de um nível de iluminância mais elevado. Portanto, o sistema de controlo utilizado para uma arrecadação terá de ser diferente do utilizado num escritório, por forma a obter um controlo ideal da iluminação em ambos os casos.

A escolha apropriada do sistema de controlo da iluminação proporciona poupanças elevadas que podem atingir 50% do consumo. Sendo que os mesmos podem ser

de comando manual e automático. A escolha entre interruptores manuais e sensores de nível de luz, por exemplo, tem um grande impacto no uso total da energia em iluminação.

A atual configuração dos sistemas de controlo de iluminação faz com que uma grande porção da luz seja entregue a espaços onde não se encontra ninguém presente ou para a qual já existe luz natural adequada. Uma pesquisa feita pela IEA mostra que o simples ato de fornecer aos utilizadores a capacidade de controlar os níveis de iluminação no espaço que eles ocupam pode reduzir significativamente o uso de energia em iluminação. O uso de sistemas de controlos automáticos mais sofisticados pode economizar ainda mais energia e pode ser altamente económico.

3.4.3.1. Comando Manual

A forma mais simples de controlo da iluminação existente é a utilização de simples interruptores manuais “*on/off*”. É o método de controlo mais simples e também dos mais utilizados em edifícios e habitações em todo o mundo. Pode-se controlar luminárias individuais ou um conjunto delas. Para este tipo de controlo recomenda-se que, numa mesma zona de iluminação e nas áreas que tenham atividades semelhantes, exista um controlo dedicado. Contudo este é um sistema pouco eficiente pois o bom funcionamento deste comando depende de variáveis externas a este, como o bom senso dos utilizadores.

3.4.3.2. Sistemas Automáticos de Controlo

Por muito rígida que seja a implementação de procedimentos manuais, o recurso a sistemas automáticos de controlo é, na maioria dos casos, a forma mais eficiente de gerir os circuitos de iluminação. Estes sistemas permitem otimizar a utilização das instalações de iluminação, resultando normalmente em economias de energia significativas, sem prejuízo dos níveis de conforto visual necessários em cada local.

Os sistemas de comando automático dividem-se em tipos “tudo ou nada”, isto é, a iluminação ou está ligada e à potência máxima ou está desligada. Os sistemas de controlo por regulação do fluxo luminoso, embora de maior custo, constituem muitas vezes a solução mais eficiente, quer do ponto de vista energético, quer da produtividade e até da própria segurança.

Dentro dos sistemas “*On/Off*” temos os interruptores horários, os interruptores crepusculares e os detetores de presença e de movimento. Nos sistemas de regulação de fluxo temos a associação de reguladores de fluxo com sensores de luz natural. [24]

- **Interruptores Horários**

Os interruptores horários permitem comandar circuitos de iluminação num horário pré-determinado. Existem interruptores horários analógicos e digitais, ilustrados na figura 45. Estes últimos são mais caros, mas permitem guardar o programa em memória, com 1 ou mais canais, permitindo comandar mais do que um circuito.



Figura 3.23 – Interruptores horários.

- **Interruptores Crepusculares**

Os interruptores crepusculares permitem comandar circuitos de iluminação a partir de um dado nível de iluminância medido com uma célula fotoelétrica. Estes dispositivos permitem fazer um aproveitamento da luz natural e devem ser usados em conjunto com interruptores horários nas situações em que o horário de trabalho não coincida com as horas em que a iluminação é suficiente.

- **Sensores de Presença**

Os sensores de ocupação são detetores de movimento que desligam as lâmpadas automaticamente em ambientes desocupados, acendendo-as, da mesma forma, quando o ambiente é ocupado, o que se traduz numa poupança de energia. A grande finalidade é a de reduzir o tempo em que as lâmpadas permanecem acesas sem necessidade. A ocupação é detetada, por exemplo, através de infravermelhos. As lâmpadas são desligadas depois de um tempo pré-definido que se inicia quando um qualquer ocupante abandona o espaço controlado, isto é, deixa de produzir movimento.



Figura 3.24 – Sensores de Presença.

- **Sensores Passivos de Infravermelhos**

Este sensor reage à energia do calor infravermelho emitida pelas pessoas. São considerados passivos porque apenas detetam radiação, não a emitem.

São extremamente sensíveis a objetos que emitem radiação em comprimento de onda à volta de $10\ \mu\text{m}$, aproximadamente, o mesmo valor do comprimento de onda de calor emitido pelo corpo humano. A sua sensibilidade diminui com o afastamento; o movimento de mãos é percebido a uma distância de 3,5 metros, o movimento do braço e do tronco até 7 metros e o movimento de todo o corpo até 14 metros. Os sensores de embutir substituem diretamente o interruptor de parede ou o de teto e são os mais indicados para pequenos ambientes. Em ambientes com ar condicionado deve ser tomado algum cuidado para que o ar não incida diretamente sobre o sensor.

- **Sensores Ultrassónicos**

Os sensores de ocupação ultrassónicos ativam um cristal de quartzo que emite ondas ultrassónicas em frequências superiores ao limite da perceção humana (entre 25 e 45Khz), por meio do espaço, para detetar a presença de ocupantes. Este sinal em alta frequência é comparado com a frequência do sinal refletido e qualquer diferença é interpretada como a presença de alguém no espaço de cobertura. Este tipo de sensor é o mais indicado para uso em espaços abertos, espaços com obstáculos de superfície dura e para altura de montagem inferior a 5 metros.

- **Sensores Híbridos**

Um outro sensor encontrado no mercado é o que utiliza as duas tecnologias, infravermelho e ultrassom. Neste caso, o sistema de iluminação é ativado somente quando ambos detetam a presença de pessoas, o que aumenta a fiabilidade do sistema, evitando que

o sistema de iluminação se acenda ou apague desnecessariamente. Por terem um custo maior, são indicados para ambientes em que é necessário um alto grau de deteção.

- **Sensores de Luz Natural e reguladores de fluxo “dimming”**

Neste sistema os níveis de iluminância provenientes da iluminação natural são detetados por uma fotocélula que ajusta e controla o fluxo da iluminação artificial em função deste nível de iluminância de forma a ter o nível de iluminância desejado. Neste caso o sistema de iluminação artificial é desligado de forma contínua à medida que os níveis de iluminação natural aumentam. Com este procedimento evitam-se os problemas característicos dos sistemas “*on/off*”.

- **Sensores de Outras Tecnologias**

Existem ainda outros tipos de sensores, como por exemplo os sensores a micro-ondas, que trabalham de maneira muito parecida com os de ultrassom e os de deteção de ruído (apropriados para ambientes industriais), na medida em que emitem, recebem e comparam alterações da frequência.

- **Sistemas de Gestão de Iluminação**

Com o desenvolvimento das tecnologias ligadas à domótica, os sistemas de controlo de iluminação começam a combinar as várias tecnologias atrás referidas, como o ajuste da iluminação pela quantidade de luz natural que chega ao local, o controlo por sensores de movimento e a programação horária com a vantagem de ser o utilizador a escolher o método de controlo. Apresenta ainda novas funcionalidades de adaptar a iluminação de um local à atividade a realizar no momento.

Este tipo de tecnologias pode ser usado em grandes edifícios de serviços, como escolas, hospitais, edifícios comerciais, mas também em edifícios industriais e residenciais.

As principais vantagens deste tipo de sistemas são:

- Poupança de energia;
- Flexibilidade de soluções;
- Capacidade de expansão;
- Design atrativo;
- Rápida amortização de investimento;
- Variedade de configurações.

3.5. Fundamentos do Projeto de Iluminação

Um projeto de iluminação é elaborado a partir da análise da função dos ambientes, da quantidade de luz necessária para os espaços e do cálculo do nível de iluminação para um conforto visual eficiente. Este tipo de projeto tem como objetivos proporcionar uma solução de iluminação capaz de preencher todos os requisitos de iluminação desejados para o espaço a iluminar, assim como permitir uma maior poupança de energia em termos de iluminação nesse espaço.

Um projeto luminotécnico pode ser resumido em:

- Escolha da lâmpada e da luminária mais adequada;
- Cálculo da quantidade de luminárias;
- Disposição das luminárias no espaço;
- Cálculo da viabilidade económica;

O desenvolvimento de um projeto exige uma metodologia para se estabelecer uma sequência lógica de cálculos. A metodologia recomendada propõe as seguintes etapas:

1. Determinação dos objetivos da iluminação e dos efeitos que se pretende alcançar;
2. Levantamento das dimensões físicas do local, materiais utilizados e características da rede elétrica no local;
3. Análise dos fatores de influência na qualidade da iluminação;
4. Cálculo da iluminação geral;
5. Adequação dos resultados ao projeto;
6. Definição dos pontos de iluminação;
7. Avaliação do consumo energético;
8. Avaliação de custos;
9. Cálculo de rentabilidade. [21]

Capítulo IV – Climatização

4.1. Conforto Térmico

O conforto térmico é um conceito que não pode ser definido com exatidão. Para um mesmo ambiente com várias pessoas com vestuário diferente e a praticar diferentes atividades, é difícil conceber um ambiente agradável a todos. A zona de conforto não é algo objetivo, pois varia consoante as pessoas e depende de fatores quantificáveis como a temperatura e humidade do ar, e não quantificáveis como os hábitos e o estado mental. Um exemplo é o caso das piscinas, em que as pessoas estão com o corpo parcialmente descoberto e molhado e as condições de conforto térmico são ainda mais sensíveis, pois uma ligeira alteração nos parâmetros leva a grandes diferenças nas taxas de transferência de calor do corpo para o ambiente. Outro aspeto que tem influência no conforto térmico é a habituação à temperatura, que provoca uma sensação térmica diferente no momento em que se muda de ambiente.

A nível de convecção, a velocidade do ar tem um efeito preponderante no coeficiente de transferência de calor. Uma convecção forçada (com o ar ambiente em movimento) é mais eficaz do que uma convecção natural. Como a convecção também é mais eficiente entre uma superfície e um líquido do que com o ar, também é uma variável importante no conforto térmico se o indivíduo tem ou não a pele molhada. Outro fator relevante é a transferência de calor por radiação, que tem a particularidade de aquecer as pessoas, sem variar a temperatura do ar. Assim sendo, é possível ter uma temperatura baixa e considerada desconfortável, mas ao mesmo tempo sentir calor, pois a radiação solar, ou de qualquer outro objeto radiante, transfere calor para o corpo, aquecendo-o. Como a radiação tem direção e ângulo de incidência, é possível ter frio e calor ao mesmo tempo tendo, da mesma forma, desconforto térmico. o caso das lareiras, que emitem uma radiação elevada num sentido, causando uma sensação de calor na parte do corpo que está exposta à radiação, mas com frio na parte que está orientada no sentido oposto. [26]

4.2. Climatização de Edifícios

Um edifício público pode ver o seu consumo global de energia chegar aos 50% através dos sistemas de climatização, referindo-se essa parcela ao aquecimento e arrefecimento. Daí resultar a importância que existe no dimensionamento de tais sistemas e o controlo das condições interiores do edifício, para maximizar a eficiência do sistema global.

Alguns aspetos de melhoria em termos de climatização podem ser:

- Controlar o calor transferido pelos vãos envidraçados, tendo em conta o próprio vão e a caixilharia existente;
- Melhorar o isolamento térmico das paredes, coberturas e pavimentos;
- Reduzir infiltrações de ar, sobretudo em fissuras das janelas, paredes, portas, entre outros;
- Utilizar sombreamento dos vãos para obter ganhos de calor;
- Projetar e gerir as aberturas para adequar a ventilação e atenuar as perdas na climatização.

Os sistemas controladores também devem sofrer manutenção periódica, podendo resultar em algumas medidas como:

- Conferir set-points para a climatização que permitam conforto dos utilizadores sem que originem gastos desnecessários, pois entre os 20º e os 22ºC é possível garantir conforto térmico;
- Os radiadores devem incluir regulação apropriada, através de válvulas termostáticas;
- Controlar através de um sistema os períodos de funcionamento dos equipamentos de climatização, evitando que estes estejam ativos em períodos em que as áreas não são utilizadas. [27]

A movimentação de ar no interior de um edifício afeta o conforto térmico dos ocupantes, influencia as taxas de ganho ou perda de calor através da envolvente e permite prevenir a existência de situações de geração de contaminantes interiores, sendo assim fundamental para determinar se existirá uma boa qualidade do ambiente interior.

O controlo da movimentação de ar permite:

- Assegurar os níveis adequados de humidade dentro dos espaços - o vapor de água presente no ar pode acumular-se no interior da envolvente do

edifício, permitindo a proliferação e acumulação de organismos biológicos (i.e., fungos e bactérias) passíveis de provocar efeitos adversos na saúde dos ocupantes;

- Uma maior poupança de energia – aproximadamente 30% a 50% do consumo de energia para climatização de um espaço é devido a fugas através da envolvente do edifício. Assim, controlando o equilíbrio entre os processos de introdução de ar num espaço e de remoção de ar viciado é possível controlar o nível de fugas, permitindo uma maior eficiência energética do sistema de climatização;
- Garantir o conforto e saúde dos ocupantes – as correntes de ar frio e ar seco que resultam de fugas de ar excessivas afetam diretamente o bem-estar humano. Assim o controlo da movimentação de ar permite obter um nível de conforto adequado. [28]

As movimentações de ar num edifício podem ocorrer entre o ar exterior e o ar interior, bem como entre ar interior de uma zona climatizada e uma zona não climatizada. Ao processo de entrada de ar do exterior para o interior do edifício, ou de uma zona não climatizada para uma zona climatizada dá-se o nome de infiltração e ao processo contrário dá-se o nome de exfiltração. A movimentação de ar no interior da envolvente do edifício é chamada circulação de ar e pode ser causada por diferenças de pressão entre os espaços.

4.3. Sistemas AVAC

Os sistemas AVAC com designação de aquecimento, ventilação e ar condicionado são responsáveis pelo processo de tratamento do ar interior, de acordo com níveis de conforto em termos de humidade, aquecimento e ventilação. Apresenta-se como um sistema de tratamento parcial ou total do ar, tendo em conta o número de transformações termodinâmicas e a inclusão ou não do ar exterior, no qual existem equipamentos de produção dos fluídos térmicos para o aquecimento e/ou arrefecimento do ar.

Os sistemas de climatização têm várias formas para alterar as condições térmicas e a qualidade do ar de um espaço. Podem combinar diferentes funcionalidades que atuam sobre a temperatura do ar (aquecimento ou arrefecimento), sobre o teor de humidade do ar, criam fluxos de ar que têm impacto no conforto (ventilação) ou melhoram a qualidade do ar

interior, retendo partículas provenientes do ar exterior. O esquema da figura 4.1 descreve bem estas diferentes funcionalidades de um sistema de climatização.

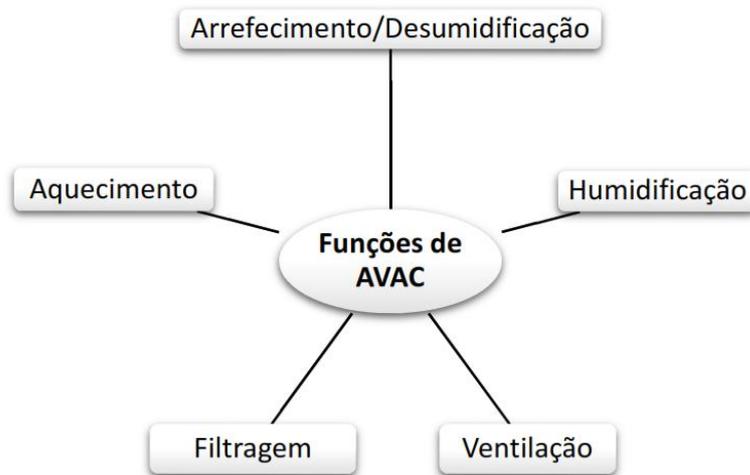


Figura 4.1 – Funcionalidades de um sistema de climatização. [26]

Alguns dos equipamentos que costumam estar presentes neste tipo de sistema são os seguintes:

- **Chiller** – responsável pelo arrefecimento da água e com a água gelada obtida a ser utilizada para arrefecimento da temperatura ambiente ou de equipamentos. Dispõe de um longo período de vida útil, boas condições em relação ao custo e conseqüente retorno, bem como alta eficiência;
- **Caldeira** – depósito agregado a um queimador, onde é fornecido combustível capaz de alimentar a caldeira, com o intuito de preparar a mesma com níveis de vapor que permitam aquecer a água. A água prosseguirá para todos os focos de aquecimento da instalação que estejam dimensionados na rede interna. Assim, as caldeiras transferem calor para o sistema de aquecimento central, juntando a essa tarefa o fornecimento das AQS;
- **Bombas elétricas** – responsável pela extração de energia térmica do ar exterior a uma determinada temperatura, a qual ainda sofre um incremento para o posterior aquecimento de água, por exemplo. A transição executa-se com o auxílio de um fluido frigorígeno, sendo o sistema composto por dois permutadores de calor, um de absorção e outro de libertação de calor;

- **UTAN** – consiste num equipamento com vista ao tratamento do ar novo interior da instalação, quer seja por filtragem, aquecimento, arrefecimento, humidificação ou desumidificação, para posterior distribuição pelas condutas de ventilação. Essas condutas podem distribuir o ar condicionado ou volver o ar de extração. As serpentinas que se encontram nestes equipamentos servem-se da água quente proveniente da caldeira, bem como da água fria do Chiller. [29]

4.4. Ar Condicionado

O objetivo de um equipamento de ar condicionado é climatizar um espaço, podendo acumular as funções de aquecimento, arrefecimento, desumidificação, renovação, filtragem do ar e ventilação.

Este equipamento visa combater o excesso de calor no verão e colmatar as necessidades de aquecimento no inverno. Os sistemas mais comuns são os do tipo “split”, existindo duas unidades: uma interior e uma exterior, conectadas entre si por tubos de cobre, nos quais circula um fluido frigorigéneo. O princípio de funcionamento baseia-se no ciclo frigorífico, promovendo a troca de calor entre o ambiente exterior e o interior.

Existem sistemas específicos que podem incluir outras funções como a de pressurização do ar no interior de um determinado espaço. Para isso são necessários os constituintes principais: o compressor, o condensador, a válvula de expansão e o evaporador. Destes resultam uma unidade exterior, uma unidade interior e tubagens que conectam as mesmas.

No esquema da figura 4.2 podemos compreender melhor o princípio de funcionamento do ar condicionado.

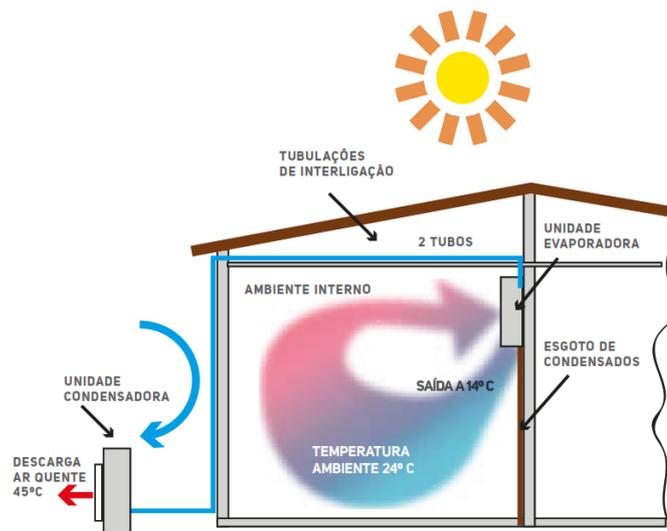


Figura 4.2 – Esquema de funcionamento de um sistema de ar condicionado [30]

4.4.1. Classificação dos sistemas de ar condicionado

Uma maneira de classificar os sistemas de ar condicionado é quanto aos fluídos utilizados para a remoção da carga térmica e arranjos dos equipamentos.

Uma classificação possível é a seguinte:

- Expansão direta;
- Tudo água;
- Ar-água;
- Tudo ar.

Todo o sistema cujo fluído usado como refrigerante é a água é designado de sistema de expansão indireta. Isto inclui assim os sistemas tudo água, ar-água e tudo ar.

4.4.1.1. Sistema de Expansão Direta

Um sistema de expansão direta é um sistema de arrefecimento em que o refrigerante primário é utilizado para a evaporação. Habitualmente, os sistemas de expansão direta são utilizados em sistemas muito pequenos e isolados, mas também podem ser utilizados em sistemas de arrefecimento industrial. A escolha do sistema depende de diversos fatores, como o preço, os regulamentos, a temperatura ambiente e o refrigerante primário.

Alguns dos refrigerantes tradicionais mais antigos são prejudiciais para o ambiente e já foram proibidos ou estão a ser retirados gradualmente do mercado em muitos países. Os refrigerantes primários têm diferentes intervalos de temperatura de funcionamento.

A escolha do material depende do tipo de refrigerante, e isto é algo que pode afetar consideravelmente o preço.

Para estes sistemas podem ser usados equipamentos compactos autocontidos que reúnem todas as funções requeridas para o funcionamento do ar condicionado, numa única caixa ou unidade. A maioria do ciclo de refrigeração é realizado no interior da caixa do equipamento.

A este grupo pertence os sistemas de split e estes diferenciam-se por estarem divididos em duas unidades ou caixas separadas, uma situada no exterior e outra no interior. Estas têm como objetivo dividir as fases de refrigeração, ficando a fase de evaporação no interior e a fase de condensação no exterior, estando ambas unidas entre si através de tubagem por onde circula o refrigerante.

Na figura 4.3 temos representado um esquema do funcionamento de um sistema de expansão direta.

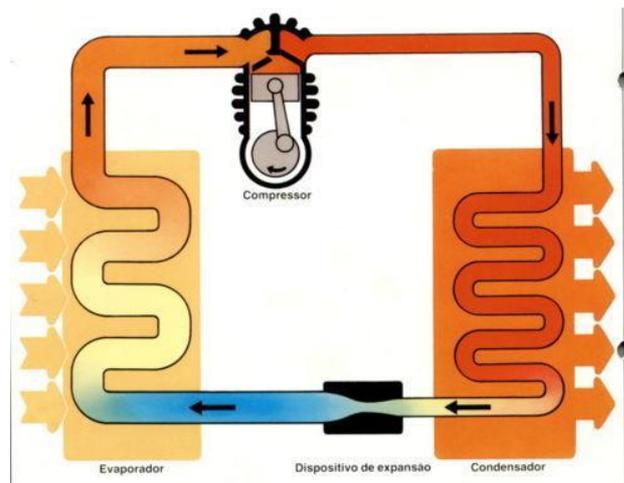


Figura 4.3 – Esquema de funcionamento de um sistema ar condicionado de expansão direta

4.4.1.2. Sistema Tudo Água

Neste sistema o calor e/ou o "frio" são transportados por um fluido térmico até aos ventiloconvectores nos locais a climatizar. Não permite o controlo da qualidade do ar nem o total controlo da humidade do ar.

Estes sistemas utilizam como fluido térmico água ou salmouras. Podem ainda ser divididos em 2 grupos:

- sistema tudo-água a 2 tubos: permite apenas o aquecimento ou o arrefecimento de todas as zonas. Não permite o controlo da qualidade do ar nem o total controlo da humidade do ar.
- sistema tudo-água a 4 tubos: permite o aquecimento e arrefecimento simultâneo de diferentes zonas. Não permite o controlo da qualidade do ar nem o total controlo da humidade do ar.

O sistema tudo água tem como principal vantagem a facilidade de permitir controlar individualmente a temperatura de cada espaço, mas simultaneamente a desvantagem de não garantir o controlo da humidade relativa.

Duas desvantagens operacionais que podem jogar em desfavor deste sistema são a necessidade de ocupação de espaço dentro dos locais a climatizar e a existência de manutenção dentro desses espaços.

4.4.1.3. Sistema Ar-Água

Os sistemas ar-água utilizam dois meios, o ar (normalmente designado de ar primário) e a água, para transferirem calor e, por vezes, também massa (retirando ou introduzindo vapor de água), com os espaços a climatizar. Para tal é preciso que disponham, para além do equipamento central de produção de “frio” e de calor, um ou vários tipos de unidades terminais.

Neste sistema o calor e o "frio" são transportados por um fluido térmico (água) até aos ventiloconvectores nos locais a climatizar, existindo simultaneamente um tratamento do ar a insuflar (e eventualmente aquecimento e arrefecimento). Pode permitir o controlo da qualidade do ar e da humidade do ar.

4.4.1.4. Sistema Tudo Ar

O que identifica os sistemas tudo ar é que eles devem prover todas as necessidades de arrefecimento. As necessidades de aquecimento podem, ou não, ser providas por estes sistemas.

Basicamente há duas grandes classes:

- via simples, quando o aquecimento e o arrefecimento do ar são feitos em série (a mesma rede de condutas distribui o ar frio, ou quente, a todas as unidades terminais);

- via dupla, quando o aquecimento e o arrefecimento do ar são feitos em paralelo, ou quando o arranjo das baterias de aquecimento e de arrefecimento é um misto série-paralelo.

Nos sistemas de via simples é utilizada uma só conduta para a distribuição do ar até um local, enquanto nos de via dupla poderá ser utilizada uma conduta, como é o caso dos sistemas multi-zona, ou duas, nos casos de dupla conduta, caso sejam de volume de ar constante ou variável.

Algumas vantagens dos sistemas tudo ar são:

- Adaptação fácil à mudança aquecimento/arrefecimento ou inversa;
- Possibilitam um maior aproveitamento da utilização do ar exterior para produzir arrefecimento livre;
- facilitam a integração de sistemas de recuperação de energia, como seja a utilização de recuperadores entre o ar de extração e o ar novo;
- total ausência de equipamentos, cabos elétricos, ou tubagem no interior dos espaços o que significa total ausência de manutenção nos locais;

Contudo tem algumas desvantagens:

- necessitam de grande espaço livre na zona superior dos locais climatizados, o que implica maior pé-direito disponível;
- o equilíbrio da distribuição do ar a todos os locais é, por vezes, muito complicado e depende grandemente do tipo de unidades terminais utilizadas. O fecho de uma zona a cargo de uma unidade que sirva simultaneamente outras desequilibra a rede de distribuição de ar;
- o acesso a todas as unidades terminais, tais como caixas de mistura, ou registos é um assunto que deve ser previsto no início dos projetos, entre as diversas especialidades envolvidas. [31]

4.4.2. Sistemas Monosplit e Multi-split

Para além das classificações quanto ao tipo de fluído utilizado, como vimos anteriormente, os sistemas de ar condicionado também são habitualmente classificados mediante a configuração da instalação no edifício ou habitação. Assim, são considerados atualmente dois tipos de sistemas de ar condicionado:

- Monosplit;
- Multisplit.

Ambos têm as suas vantagens e características que fazem com que ambos os sistemas sejam amplamente utilizados hoje em dia nos edifícios e habitações com as mais diversas configurações.

Existem ainda os sistemas de ar condicionado portáteis, onde se concentram todos os componentes numa única unidade, com um tubo ligado ao exterior. Estes, contudo, é muito menos eficaz que um sistema de ar condicionado Monosplit ou multi-split e exige uma abertura na parede ou janela, o que prejudica ainda mais a sua eficácia. Têm também ainda o problema de serem, no geral, muito ruidosos.

4.4.2.1. Sistemas Monosplit

Este sistema é composto por duas partes distintas: a condensadora e a evaporadora. A primeira é instalada na parte externa do edifício ou habitação e a segunda no interior. Enquanto a externa realiza todo o procedimento de refrigeração ou aquecimento do ar, dependendo do ciclo em que esteja a trabalhar, a segunda é responsável pelo lançamento desse ar no ambiente interno. Estas unidades podem ser colocadas em tetos falsos e/ou paredes. A unidade interior pode ser controlada por um controlo remoto. A unidade exterior pode ser colocada em terraços ou fachadas.

É mais eficiente do que os sistemas de uma única unidade portátil. Tem a vantagem de, no caso de uma instalação num edifício com vários ares-condicionados deste tipo, em caso de avaria de uma unidade, as outras não são afetadas, continuando a funcionar normalmente.

Na figura 4.4 temos a representação de um ar condicionado monosplit.



Figura 4.4 – Ar condicionado monosplit

Ambas são ligadas por uma tubagem em cobre por onde circula gás refrigerante. A unidade interior tem como função o arrefecimento e desumidificação do ar, tendo como principais componentes ventiladores e unidades de controlo de operação e aquecimento. Caso este tenha a função de aquecimento, existe a necessidade de haver uma drenagem de água, pois a unidade condensadora passa a ser interior.

Na figura 4.5 temos os diferentes tipos de unidades interiores utilizadas quer nos sistemas monosplit como nos multi-split.



Figura 4.5 – Tipos de unidades interiores [30]

4.4.2.2. Sistemas Multi-split

O sistema Multi-split é muito semelhante ao monosplit, com a diferença de que o multi-split está preparado para várias divisões no interior. Este é constituído por uma unidade exterior (compressor), sendo que a este é possível ligar até 5 unidades interiores (evaporadores).

As unidades interiores são facilmente controláveis por um controlo remoto individual. Em contrapartida, a temperatura destas unidades é necessariamente igual para todo o sistema, por apenas existir uma unidade exterior e o circuito do fluido funcionar em linha.

Na figura 4.6 temos a representação de um ar condicionado multi-split.

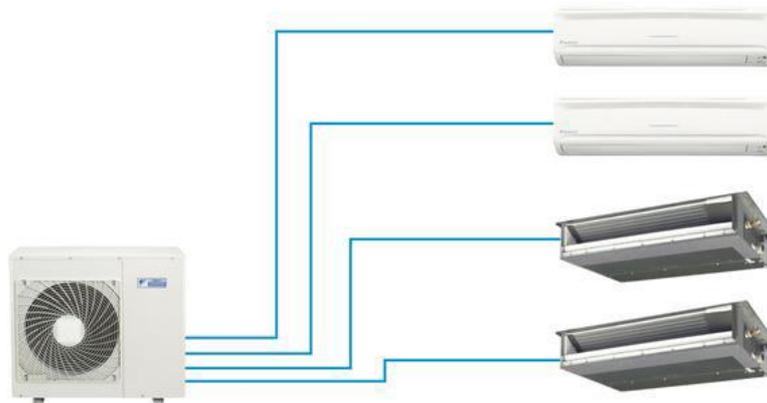


Figura 4.6 – Ar condicionado multi-split

Este sistema pode ser instalado em edifícios de médio porte e a unidade exterior, tal como no sistema monosplit, pode ser instalada facilmente num telhado, terraço ou até mesmo suspensa numa das fachadas. Este sistema possui, no entanto, limitações no que diz respeito às distâncias entre a unidade exterior e a cada uma das unidades interiores, bem como no comprimento total de tubagem utilizado.

4.4.3. Tecnologia Inverter

Os sistemas convencionais de velocidade fixa baseiam-se no funcionamento do compressor em pleno rendimento ou desligado, ou seja, arrancam e param frequentemente. Em funcionamento, o compressor arranca e mantém-se até alcançar a temperatura solicitada. Nesse momento, o compressor para e não arrancará até que a temperatura o solicite.

Nos sistemas inverter, o compressor, em vez de parar, baixa o regime de funcionamento, evita arranques e paragens frequentes, reduz o consumo do sistema e mantém a temperatura real com menos variações em relação à temperatura solicitada e com menor nível sonoro (dB).

Estes sistemas permitem reduzir o consumo de energia em cerca de 30%, quando comparados com sistemas convencionais.

O gráfico da figura 4.7 mostra a diferença de consumos de energia entre os sistemas com tecnologia inverter e os sistemas convencionais.

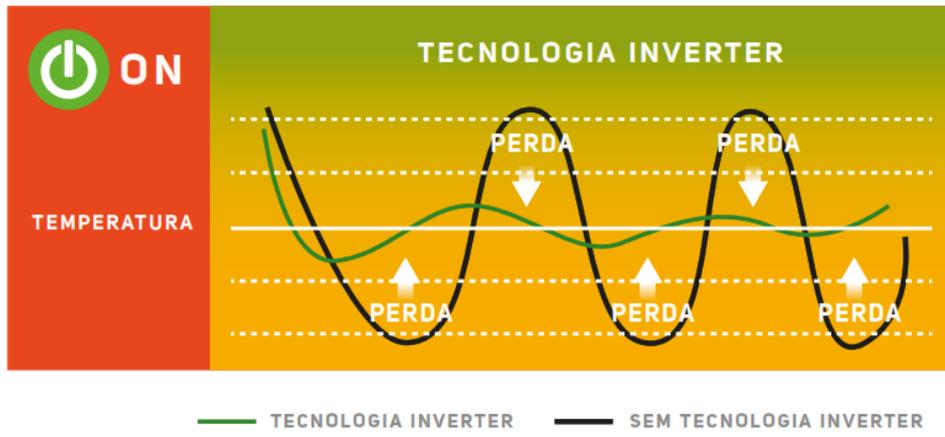


Figura 4.7 – Poupança de energia com a tecnologia inverter [30]

Não sabendo o horário exato de funcionamento do estabelecimento, admite-se que este funcionará no horário padrão deste tipo de estabelecimentos de restauração, das 9h às 22h, todos os dias da semana. Contudo, o horário de encerramento é flexível, podendo ter dias em que encerre mais tarde. Considerou-se ainda que o horário de funcionamento da cozinha e da zona de café seria um pouco mais extenso, das 8h às 23h, uma vez que são zonas que, tipicamente, devem começar a operar mais cedo.

5.2. Estudo de caso - Iluminação

Nesta secção estão expostos os resultados obtidos no desenvolvimento deste projeto em relação à iluminação do edifício em estudo. É feita uma comparação entre um sistema de iluminação mais tradicional em termos de tecnologias utilizadas e outra solução, com tecnologias mais recentes, nomeadamente a tecnologia LED, teoricamente considerada mais eficiente.

A escolha dos equipamentos em ambos os sistemas teve como critério principal permitir preencher os requisitos de iluminância exigidos pela norma EN12464-1. Podemos observar no gráfico da figura 5.2 os níveis de iluminância mínimos recomendados para cada compartimento do edifício.

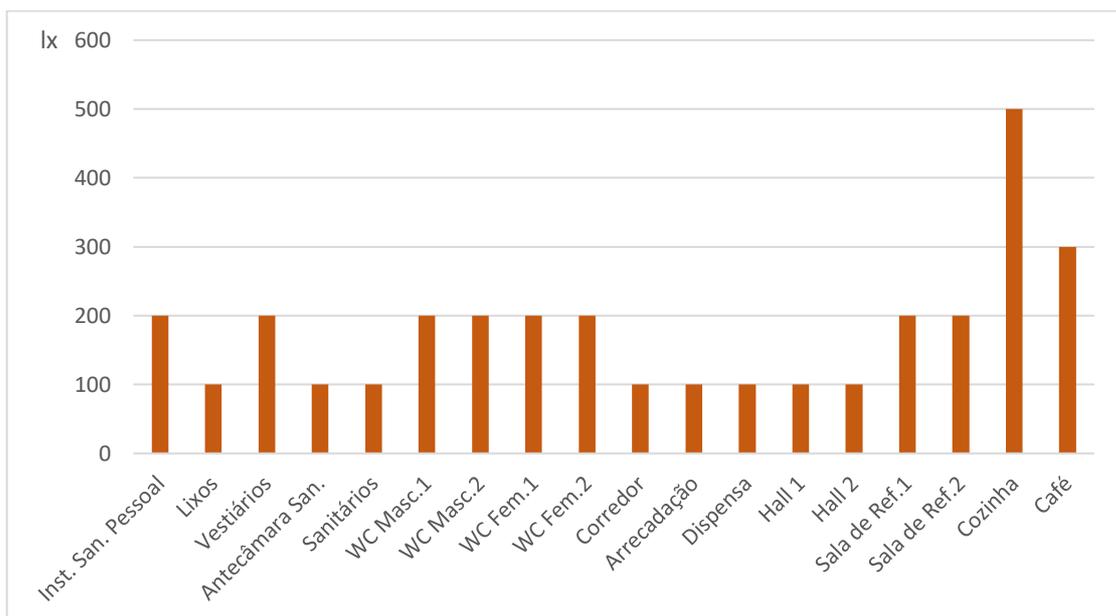


Figura 5.2 – Níveis de Iluminância recomendados por compartimento.

5.2.1. Caracterização do Sistema de Iluminação Interior Tradicional

A proposta de iluminação tradicional caracteriza-se por ser uma proposta onde as soluções foram escolhidas tendo em conta os sistemas de iluminação mais tradicionais e ainda utilizados em larga escala nos mais variados edifícios, tanto de serviços como de habitação. Assim, neste sistema contabilizam-se um total de 88 luminárias com um total de 93 lâmpadas instaladas, uma vez que as luminárias utilizadas na cozinha contêm, cada uma, duas lâmpadas fluorescentes tubulares T8. Das 93 lâmpadas utilizadas nesta proposta de iluminação, a maior parte é de halogéneo, 51 lâmpadas para ser mais preciso, sendo que temos instaladas ainda 32 lâmpadas fluorescentes compactas e 10 fluorescentes tubulares T8. No gráfico da figura 5.3 é mostrada a percentagem de cada tipo de lâmpadas instalado.

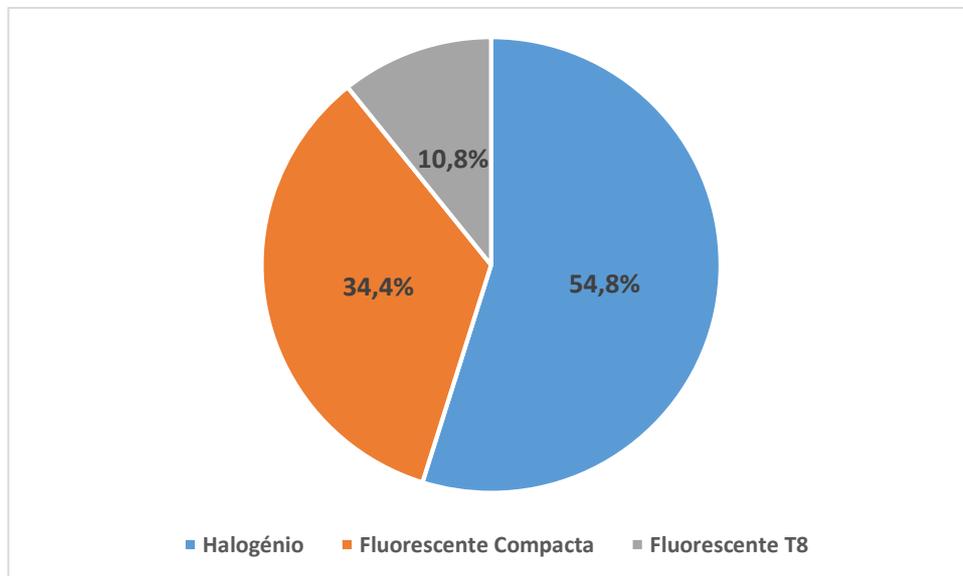


Figura 5.3 – Tipos de lâmpadas instalados na solução tradicional

É importante percebermos a gama de potências das lâmpadas utilizadas nesta solução, pois este é um parâmetro diretamente relacionado com o consumo energético de todo o sistema de iluminação. Na figura 5.4 encontra-se a distribuição do número de lâmpadas instalados nesta solução em função da sua potência.

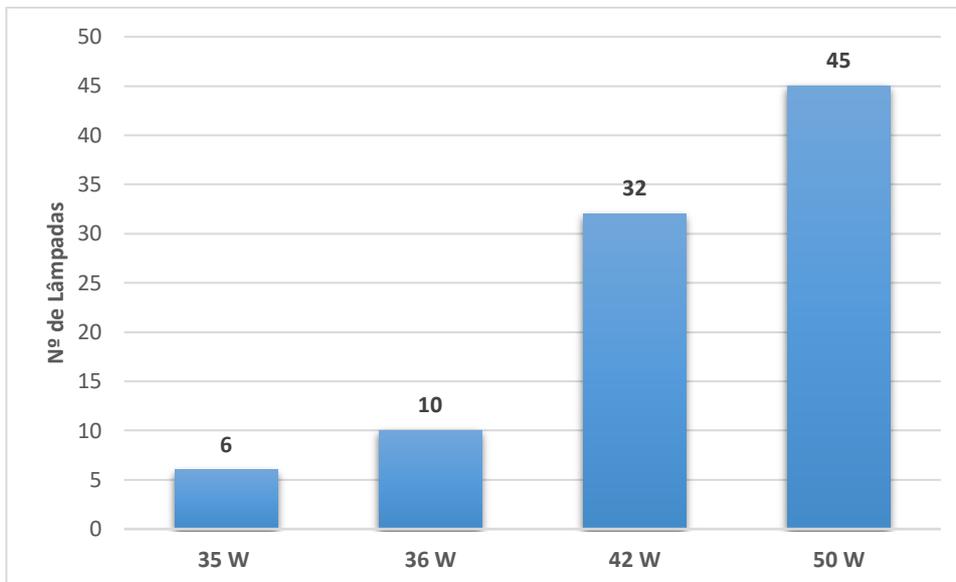


Figura 5.4 – Distribuição do número de lâmpadas instalados no sistema tradicional por potência

No que diz respeito às luminárias utilizadas, nesta solução temos 88 luminárias distribuídas pelos vários compartimentos, sendo que 61 luminárias são suspensas no teto e 27 são encastradas, conforme demonstra o gráfico da figura 5.5. É importante referir que das 61 luminárias suspensas, a maior parte encontra-se instalada na zona de café, pois este é um compartimento com uma grande área e que necessita de um número elevado de luminárias para garantir os níveis de iluminância exigidos.

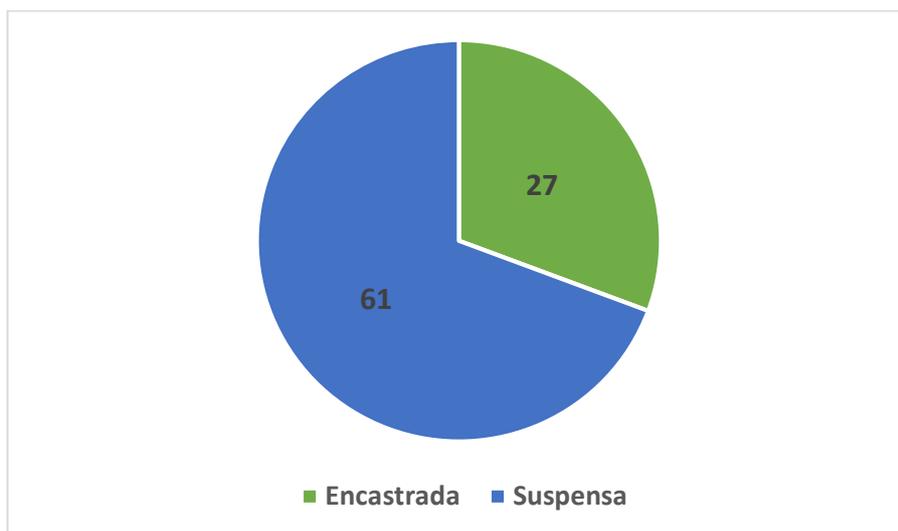


Figura 5.5 – Número de Luminárias utilizadas no sistema tradicional em função do tipo de instalação

Este sistema de iluminação foi simulado com recurso ao software *Dialux*, uma vez que não foi possível ter acesso ao edifício em estudo para analisar o sistema de iluminação atualmente instalado. Recorreu-se a este software para simular um possível sistema de

iluminação instalado no edifício, sendo a escolha dos equipamentos feita de maneira a que pudessem preencher os requisitos de iluminância exigidos em cada compartimento através de tecnologias tradicionalmente utilizadas nos sistemas de iluminação.

O *Dialux* é um software gratuito que permite fazer a simulação e cálculos associados à iluminação dos mais variados espaços. Permite uma visualização em 3D do espaço e assim podemos ter uma percepção de como a iluminação se adequa a um determinado ambiente, para além dos vários parâmetros associados. Os parâmetros mais influentes analisados pelo *Dialux* são a geometria do espaço, o coeficiente de reflexão das superfícies (chão, paredes e teto), o fator de depreciação, a distribuição fotométrica das luminárias, a altura do plano de trabalho e a altura de montagem da luminária. O programa calcula o nível de iluminação no plano de trabalho, a uniformidade da luz no espaço, que por norma não deve ser inferior a 1/3, a densidade relativa, entre outros. Uma boa uniformidade na iluminação é um parâmetro extremamente importante e que foi tido em conta na escolha dos equipamentos para as 2 soluções de iluminação aqui apresentadas, pois permite evitar sombras acentuadas e assegura o conforto visual para a prática da atividade exercida. Para a uniformidade da iluminação contribuem diretamente o espaçamento entre as luminárias e o distanciamento delas em relação às paredes.

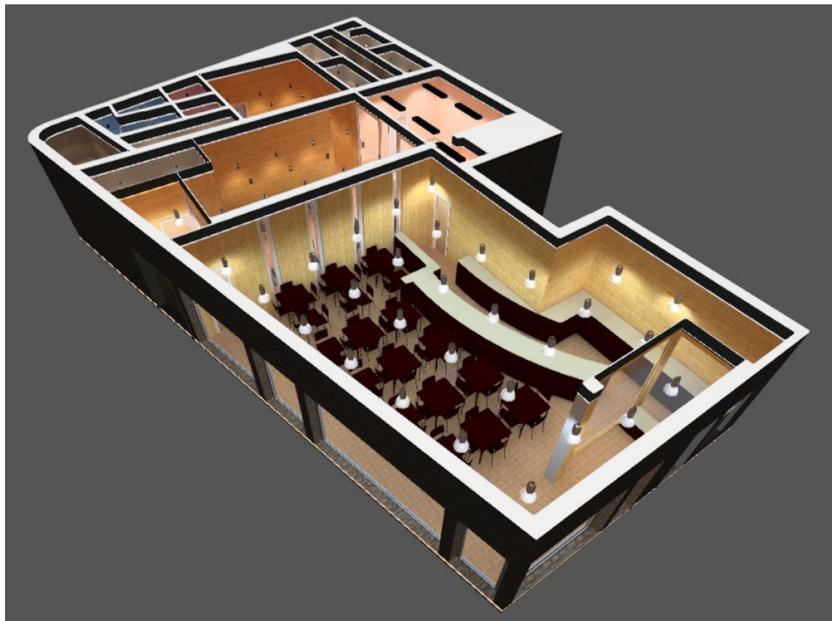


Figura 5.6 – Modelo 3D da simulação do sistema de iluminação tradicional no *Dialux*

5.2.2. Caracterização da Solução Proposta

O sistema de iluminação proposto caracteriza-se por ser um sistema composto inteiramente por luminárias LED, à partida com uma eficiência superior a todas as outras opções. O objetivo com este sistema é fornecer uma melhor alternativa, em termos energéticos, aos sistemas tradicionais e verificar a viabilidade económica da mudança para este sistema de iluminação.

Assim, esta proposta é composta por 76 luminárias, cada uma com 1 lâmpada LED incluída. No gráfico da figura 5.7 é mostrado o número de lâmpadas instalados nesta solução em função da sua potência. Podemos verificar que, comparativamente ao sistema tradicional, este sistema tem uma gama de potências mais diversificada. Isso deve-se ao facto de as potências aqui consideradas serem de lâmpadas LED já incluídas nas luminárias pelos fabricantes. Podemos também observar que a gama de potências utilizadas nesta solução apresenta valores mais baixos do que no sistema anterior, o que se traduz consequentemente em poupanças em termos de consumos energéticos.

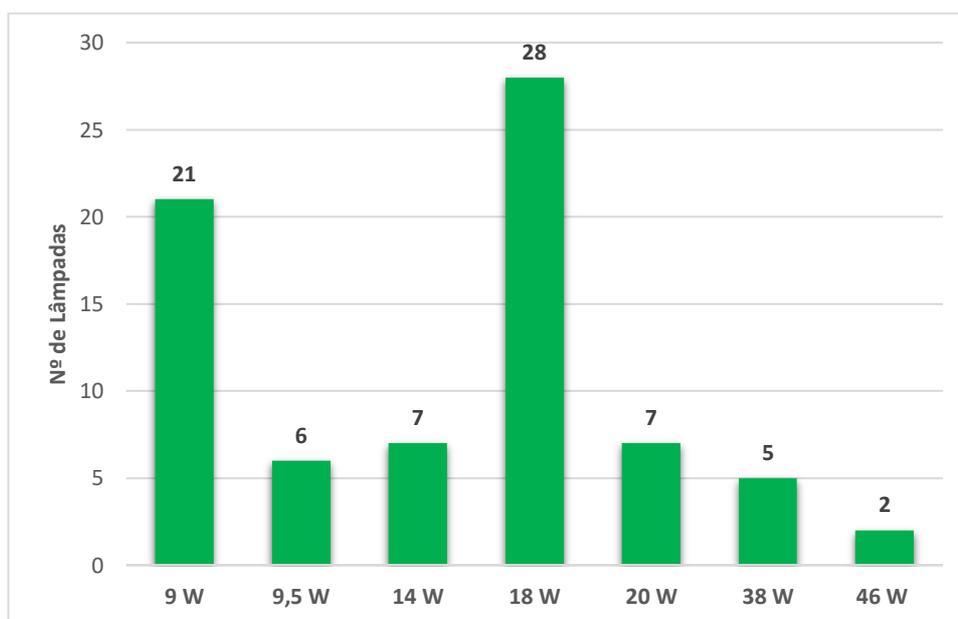


Figura 5.7 – Distribuição do número de lâmpadas instalados na solução proposta por potência

Em relação às luminárias, temos nesta proposta 76 luminárias distribuídas pelos 18 compartimentos, menos 12 luminárias que no sistema tradicional, sendo que 49 luminárias são suspensas e as restantes, 27, são encastradas no teto. De notar aqui que esta diferença no número de luminárias encastradas e suspensas para o sistema tradicional deve-se apenas ao

facto do número de luminárias ser menor, pois os compartimentos têm luminárias com o mesmo tipo de instalação em ambas as soluções.

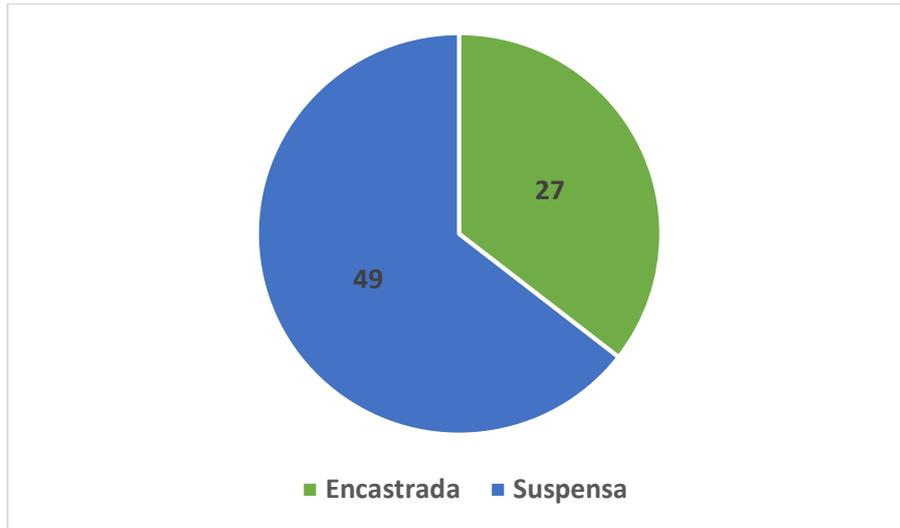


Figura 5.8 – Número de Luminárias utilizadas na solução proposta em função do tipo de instalação

5.2.3. Comparação dos Sistemas de Iluminação

Nesta secção é efetuada a comparação por compartimento entre os dois sistemas de iluminação, o tradicional e a solução proposta, e dar a perceber as principais vantagens da solução proposta em relação ao sistema tradicional. São assim comparados os dois sistemas quanto às características técnicas dos equipamentos, aos níveis de iluminância, aos consumos energéticos e aos custos energéticos e dos equipamentos.

5.2.3.1. Vestiários/Balneários dos Empregados

O vestiário/balneário exclusivo para os empregados é o local onde estes podem proceder à mudança de roupa. É um espaço com uma área de 3,8 m² e tem um tempo de utilização diário estimado em 2 horas de utilização, uma vez que é um espaço cuja necessidade de tempo de uso é reduzida.

Na figura 5.9 podemos observar a representação no *Dialux* em 3D do vestiário/balneário.



Figura 5.9 – Representação 3D no *Dialux* do vestiário/balneário dos empregados

Na tabela 5.1 podemos observar os coeficientes de reflexão do compartimento, pois este é um parâmetro que afeta diretamente a qualidade da iluminação.

Tabela 5.1 – Coeficientes de reflexão do vestiário/balneário dos empregados

Teto	70,2%
Paredes	70,3%
Solo	40,3%

- **Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos**

A principal diferença nas características dos equipamentos utilizados em ambos os sistemas de iluminação está no tipo de lâmpada, pois as luminárias em ambos os casos são encastradas no teto e o índice de proteção é semelhante. Contudo a luminária utilizada na solução proposta tem uma eficiência muito superior comparativamente à utilizada no sistema tradicional. A tabela 5.1 apresenta uma comparação entre as principais características dos equipamentos em ambos os casos.

Tabela 5.2 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados nos vestiários/balneários dos empregados

	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Luminária	EIS 90-1689-21-37 LEDs-C4	Pleiad SLD G3 Fagerhult
Tipo de Lâmpada	Halogénio	LED
Tempo de vida (h)	5000	40000
Fluxo Luminoso(lm)	1088	1562
Índice de Proteção (IP)	IP54	IP44
Eficiência da luminária (lm/W)	19	78

As figuras 5.10 e 5.11 permitem-nos comparar a distribuição do fluxo luminoso das luminárias utilizadas no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

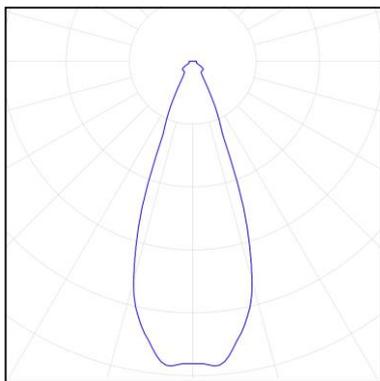


Figura 5.10 – Curva fotométrica da luminária utilizada no vestiário/balneário no sistema tradicional.

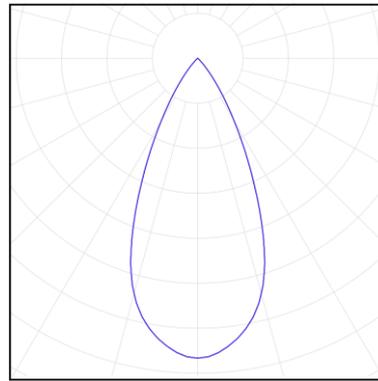


Figura 5.11 - Curva fotométrica da luminária utilizada no vestiário/balneário na solução proposta.

• Comparação dos Níveis de Iluminância

Em ambos os sistemas os níveis de iluminância estão acima do recomendado pela norma EN12464-1, que para o caso dos vestiários/balneários é de 200 lux. No caso do sistema tradicional temos um valor médio de iluminância de 204 lux enquanto que na solução proposta temos um valor um pouco mais elevado, 320 lux. Contudo há alguns parâmetros que têm de ser tidos em consideração, nomeadamente a uniformidade da luz no compartimento e a temperatura da cor, pois são parâmetros que influenciam diretamente a qualidade da iluminação num determinado espaço.

Nas figuras 5.12 e 5.13 podemos observar as linhas isográficas da iluminância nos vestiários no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

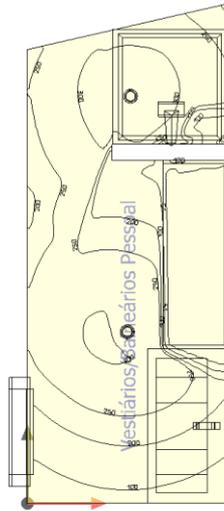


Figura 5.12 – Linhas isográficas do vestiário/balneário no sistema tradicional

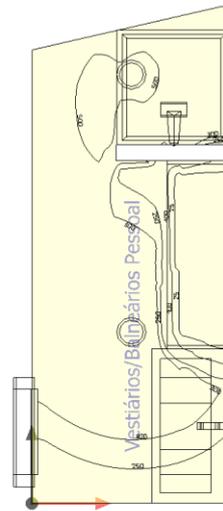


Figura 5.13 – Linhas isográficas do vestiário/balneário na solução proposta

A temperatura da cor no sistema tradicional é de 3000K e o IRC é de 99, enquanto que na solução proposta a temperatura da cor é de 4000K e o IRC é de 84, ou seja, na solução proposta a temperatura da cor é maior, mas o IRC é menor, embora 84 ainda seja um valor aceitável.

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

No sistema tradicional temos uma potência total instalada de 100 W enquanto que na solução proposta temos uma potência total instalada menor, 40 W. Considerando as 2 horas de utilização diárias, temos assim no sistema tradicional uma energia consumida diariamente de 200 Wh e na solução proposta 80 Wh. Verificamos assim que a energia consumida na solução proposta no vestiário/balneário diminuiu em mais de metade. Isto traduz-se numa poupança de energia anual de 43,8 kWh.

- **Comparação dos Custos**

Considerando o preço médio da energia de 0,16 €/kWh, temos um custo anual no consumo de energia no sistema tradicional de 11,68 € e na solução proposta de 4,67 €, o que traduz uma poupança anual no custo do consumo energético neste compartimento de 7,01 €.

Uma vez que consideramos o sistema de iluminação tradicional o sistema atualmente instalado no edifício, como referido anteriormente, foram apenas considerados os

custos dos equipamentos para a instalação da solução proposta. Assim, o preço unitário das luminárias selecionadas para este compartimento é de 45,36 €, já com a lâmpada LED incluída, o que perfaz um total a investir em equipamentos para este compartimento de 90,72 €, sem IVA incluído. De referir que o valor apresentado de investimento em equipamentos engloba apenas o custo das luminárias e lâmpadas, não tendo sido considerados os preços de quaisquer equipamentos adicionais.

Em relação aos custos de manutenção, para o sistema tradicional foi considerada a troca das lâmpadas de halogénio, e obteve-se um custo médio anual de manutenção das lâmpadas de 0,63€, enquanto que na solução proposta esse valor foi desprezado uma vez que o tempo de vida útil das lâmpadas LED é muito elevado e assim o custo médio de manutenção anual dá um valor praticamente nulo.

5.2.3.2. Instalações Sanitárias dos Empregados

As instalações sanitárias destinadas ao uso exclusivo dos empregados têm uma área de 2,8 m² e tem um tempo de utilização diário estimado de 2 horas, uma vez que é um espaço que, em condições normais, tem um tempo de utilização baixo ao longo do dia.

Na figura 5.14 temos a representação das instalações sanitárias dos empregados no *Dialux*.



Figura 5.14 – Representação 3D no *Dialux* das instalações sanitárias dos empregados

Temos na tabela 5.3 os coeficientes de reflexão deste compartimento.

Tabela 5.3 – Coeficientes de reflexão das instalações sanitárias dos empregados

Teto	70,2%
Paredes	73,4%
Solo	40,3%

- **Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos**

Em ambos os sistemas de iluminação as luminárias são encastradas no teto, sendo que a principal mudança está no tipo de lâmpada, halogénio no sistema tradicional e LED na solução proposta. O índice de proteção é igual em ambos, IP23.

Em termos de eficiência, a luminária do sistema tradicional tem uma eficiência baixa, 18 lm/W, comparativamente à luminária da solução proposta que tem uma eficiência de 40 lm/W.

Temos na tabela 5.4 a comparação das principais características dos equipamentos utilizados nas instalações sanitárias dos empregados.

Tabela 5.4 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados nas instalações sanitárias dos empregados

	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Luminária	Intro LV Feilo Sylvania	Tantum 210 Arcluce
Tipo de Lâmpada	Halogénio	LED
Tempo de vida (h)	5000	40000
Fluxo Luminoso(lm)	950	1760
Índice de Proteção (IP)	IP23	IP23
Eficiência da luminária (lm/W)	18	40

Nas figuras 5.15 e 5.16 temos a comparação da distribuição do fluxo luminoso das luminárias utilizadas no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente, através das suas curvas fotométricas.

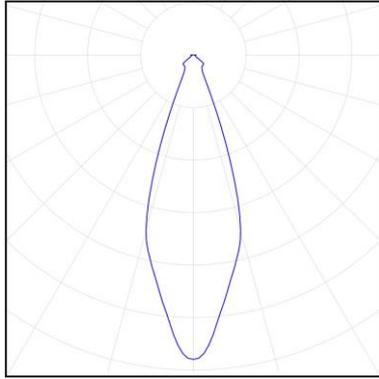


Figura 5.15 – Curva fotométrica da luminária utilizada nas instalações sanitárias dos empregados no sistema tradicional.

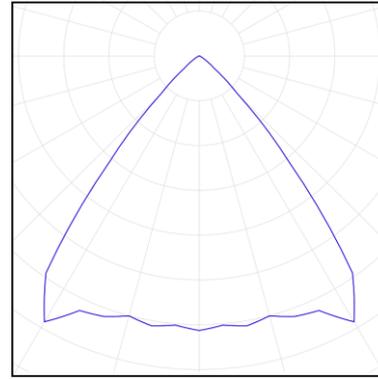


Figura 5.16 - Curva fotométrica da luminária utilizada nas instalações sanitárias dos empregados na solução proposta.

- **Comparação dos Níveis de Iluminância**

No sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 300 lux, enquanto que na solução proposta temos um valor médio de 470 lux, estando assim ambos acima do recomendado pela norma EN12464-1, cujo valor é 200 lux.

Nas figuras 5.17 e 5.18 podemos observar as linhas isográficas da iluminância nas instalações sanitárias dos empregados no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

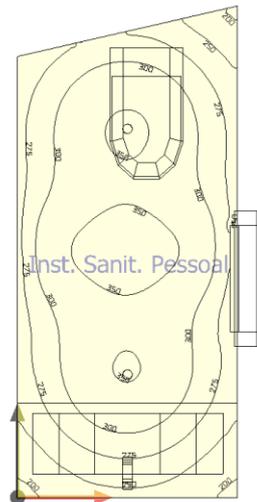


Figura 5.17 – Linhas isográficas nas instalações sanitárias dos empregados do sistema tradicional

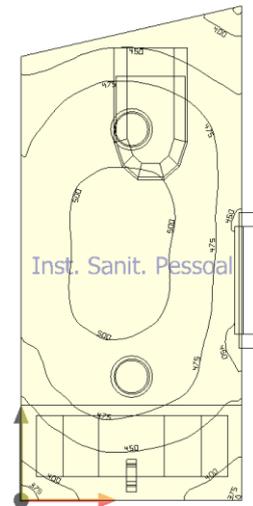


Figura 5.18 – Linhas isográficas nas instalações sanitárias dos empregados na solução proposta

A temperatura da cor no sistema tradicional é de 3000K e o IRC é de 99 e na solução proposta a temperatura da cor é menor, 2700K, e o IRC é de 84.

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

No sistema tradicional temos uma potência total instalada de 100 W enquanto que na solução proposta a potência total instalada é ligeiramente menor, 92 W. Temos assim no sistema tradicional uma energia consumida diariamente de 200 Wh e na solução proposta 184 Wh, tendo em consideração a estimativa de 2 horas de utilização diárias. Isto resulta numa redução no consumo de energia anual de 7,3 kWh.

- **Comparação dos Custos**

No sistema tradicional temos um custo anual no consumo de energia de 11,68 € enquanto que na solução proposta o valor é um pouco menor, 10,51 €, o que se traduz numa poupança anual de 1,17 €.

O preço unitário das luminárias selecionadas na solução proposta para este compartimento é de 61,44 €, já com a lâmpada LED incluída, o que faz um total a investir em equipamentos para este compartimento de 122,84 €, sem IVA incluído.

Em relação aos custos de manutenção, para o sistema tradicional temos um custo médio anual de manutenção das lâmpadas de 0,63 €, enquanto que na solução proposta esse valor é quase nulo, sendo assim considerado zero.

5.2.3.3. Zona de Lixos

A zona de lixos é o espaço fora do acesso ao público destinado à colocação dos lixos gerados pelo funcionamento do estabelecimento, para posterior recolha pelos serviços competentes. Este espaço tem uma área de 4,5 m² e é o compartimento com o tempo de utilização diário mais reduzido, estimado em 1 hora.

Na figura 5.19 temos a representação da zona de lixos no *Dialux*.

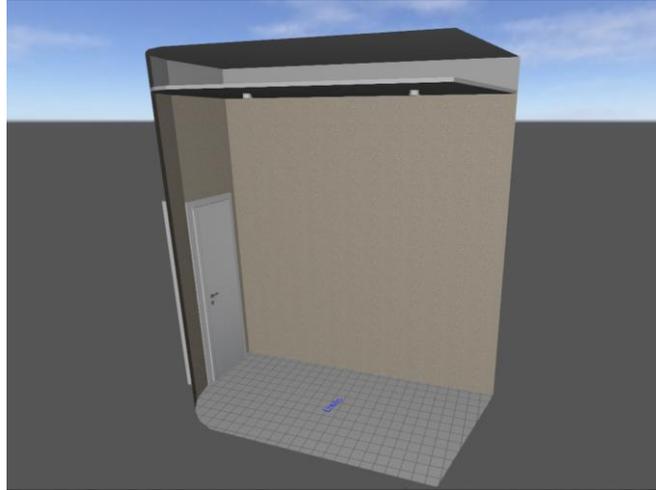


Figura 5.19 – Representação 3D no *Dialux* da zona de lixos

Temos na tabela 5.5 os coeficientes de reflexão deste compartimento

Tabela 5.5 – Coeficientes de reflexão da zona de lixos

Teto	70,2%
Paredes	40,6%
Solo	75,6%

- **Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos**

Em ambos os sistemas de iluminação as luminárias são encastradas no teto, sendo que no sistema de iluminação tradicional a lâmpada é de halogénio e na solução proposta é LED. O índice de proteção é igual em ambos, IP20.

Em termos de eficiência, temos uma diferença elevada entre a luminária do sistema tradicional, cuja eficiência é de 17 lm/W, e a luminária do sistema proposto, 98 lm/W.

Temos na tabela 5.6 a comparação das principais características dos equipamentos utilizados na zona de lixos.

Tabela 5.6 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na zona de lixos

	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Luminária	ARCA 35 PSM Lighting	LDL320 CLM-9 Gen 3 Rio
Tipo de Lâmpada	Halogénio	LED
Tempo de vida (h)	5000	40000
Fluxo Luminoso(lm)	596	932
Índice de Proteção (IP)	IP20	IP20
Eficiência da luminária (lm/W)	17	98

Nas figuras 5.20 e 5.21 temos a comparação da distribuição do fluxo luminoso das luminárias de ambos os sistemas.

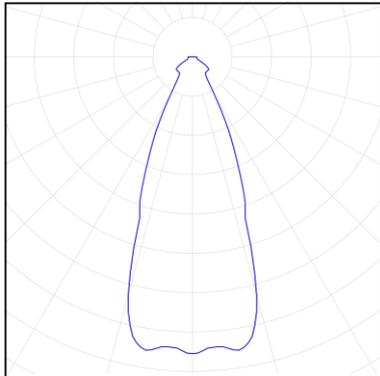


Figura 5.20 – Curva fotométrica da luminária utilizada na zona de lixos no sistema tradicional.

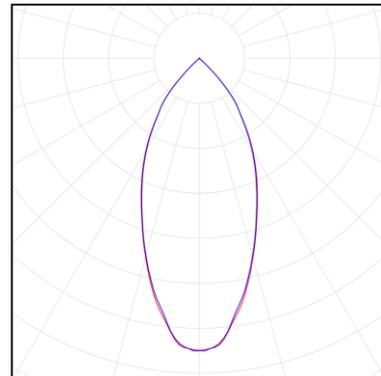


Figura 5.21 – Curva fotométrica da luminária utilizada na zona de lixos na solução proposta.

- **Comparação dos Níveis de Iluminância**

No sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 125 lux, enquanto que na solução proposta temos um valor médio de 182 lux, ambos acima do exigido, 100 lux.

Nas figuras 5.22 e 5.23 podemos observar as linhas isográficas da iluminância na zona de lixos no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

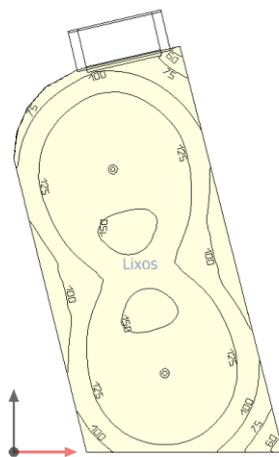


Figura 5.22 – Linhas isográficas na zona de lixos do sistema tradicional

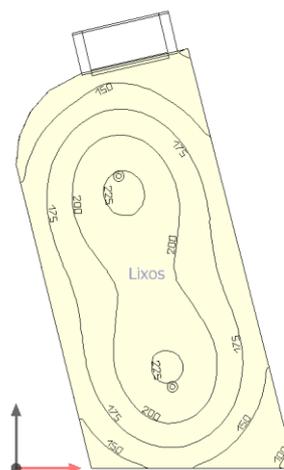


Figura 5.23 – Linhas isográficas na zona de lixos da solução proposta

A temperatura da cor no sistema tradicional é de 3000K e o IRC é de 99 e na solução proposta a temperatura da cor é ligeiramente menor, 2952K e o IRC é de 92.

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

No sistema tradicional temos uma potência total instalada de 70 W enquanto que na solução proposta é significativamente menor, 19 W. Temos assim no sistema tradicional uma energia consumida diariamente de 70Wh e na solução proposta 19 Wh, tendo em consideração a estimativa de 1 hora de utilização diárias. Isto resulta numa redução no consumo de energia anual de 18,25 kWh, um valor bastante significativo.

- **Comparação dos Custos**

No sistema tradicional temos um custo anual no consumo de energia de 4,09 €, enquanto que na solução proposta o valor é bastante menor, 1,17 €, o que se traduz numa poupança anual de 2,92 €.

O preço unitário das luminárias selecionadas na solução proposta para este compartimento é de 34,64 €, já com a lâmpada LED incluída, o que faz um total a investir em equipamentos para este compartimento de 69,28 €, sem IVA incluído.

Os custos de manutenção para o sistema tradicional têm um custo médio anual de manutenção das lâmpadas de 0,31 €, enquanto que na solução proposta esse valor é considerado nulo.

5.2.3.4. Corredor

O corredor de acesso aos compartimentos de uso exclusivo dos empregados, nomeadamente as suas instalações sanitárias, os vestiários/balneários, a arrecadação e a dispensa do dia, tem uma área de 4.6 m² e tem um tempo de utilização diário estimado de 8 horas, uma vez que é um espaço com uma utilização mediana por parte apenas dos empregados do estabelecimento.

Na figura 5.24 temos a representação do corredor no *Dialux*.



Figura 5.24 – Representação 3D no *Dialux* do corredor.

Temos na tabela 5.7 os coeficientes de reflexão deste compartimento.

Tabela 5.7 – Coeficientes de reflexão do corredor

Teto	70,2%
Paredes	40,8%
Solo	75,6%

- **Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos**

Em ambos os sistemas de iluminação as luminárias são encastradas no teto, sendo que a principal mudança está no tipo de lâmpada, halogénio no sistema tradicional e LED na solução proposta. O índice de proteção das luminárias utilizadas no sistema tradicional é IP20, enquanto que na solução proposta é IP54. De referir aqui que esta diferença nos índices de proteção ocorreu porque no momento da escolha da luminária para a solução proposta este fator foi considerado secundário, uma vez que estamos a falar de um compartimento de acesso reservado e cujo risco de choques ou líquidos na luminária é muito reduzido.

Em termos de eficiência, a luminária do sistema tradicional tem uma eficiência baixa, 14 lm/W, comparativamente à luminária da solução proposta que tem uma eficiência de 95 lm/W.

Temos na tabela 5.8 a comparação das principais características dos equipamentos utilizados no corredor.

Tabela 5.8 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados no corredor

	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Luminária	225/50W National Lighting	DL220 Einbau-Downlight
Tipo de Lâmpada	Halogénio	LED
Tempo de vida (h)	5000	40000
Fluxo Luminoso(lm)	680	1334
Índice de Proteção (IP)	IP20	IP54
Eficiência da luminária (lm/W)	14	95

Nas figuras 5.25 e 5.26 temos a comparação da distribuição do fluxo luminoso das luminárias utilizadas no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente, através das suas curvas fotométricas.

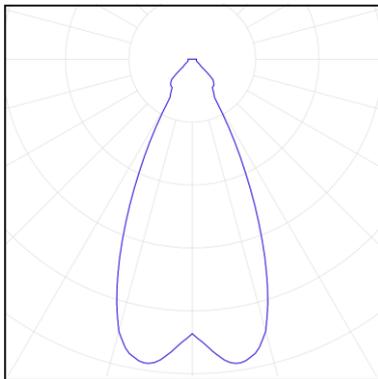


Figura 5.25 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas no corredor no sistema tradicional

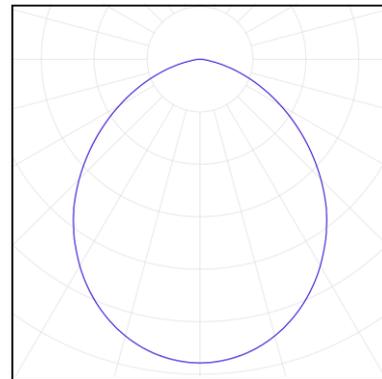


Figura 5.26 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas no corredor na solução proposta

• Comparação dos Níveis de Iluminância

No sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 129 lux, enquanto que na solução proposta temos um valor médio de 153 lux, estando assim ambos acima do recomendado pela norma EN12464-1 para este compartimento, cujo valor é 100 lux.

Nas figuras 5.27 e 5.28 podemos observar as linhas isográficas da iluminância no corredor no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

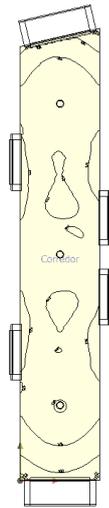


Figura 5.27 – Linhas isográficas no corredor do sistema tradicional

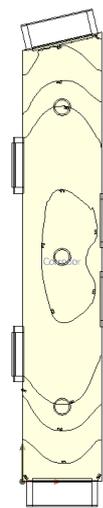


Figura 5.28 – Linhas isográficas no corredor na solução proposta

A temperatura da cor no sistema tradicional é de 2756K e o IRC é de 99 e na solução proposta a temperatura da cor é maior, 4000K, contudo o IRC é apenas de 80.

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

No sistema tradicional temos uma potência total instalada de 150 W enquanto que na solução proposta a potência total instalada é bastante menor, apenas 42 W. Temos assim no sistema tradicional uma energia consumida diariamente de 1200 Wh e na solução proposta 320 Wh, tendo em consideração a estimativa de 8 horas de utilização diárias. Isto resulta numa redução no consumo de energia anual de 321,2 kWh.

- **Comparação dos Custos**

No sistema tradicional temos um custo anual no consumo de energia de 70,08 €, enquanto que na solução proposta o valor significativamente menor, 18,69 €, o que se traduz numa poupança anual de 51,39 €.

O preço unitário das luminárias seleccionadas na solução proposta para este compartimento é de 96,64 €, já com a lâmpada LED incluída, o que faz um total a investir em equipamentos para este compartimento de 289,92 €, sem IVA incluído.

Em relação aos custos de manutenção, para o sistema tradicional temos um custo médio anual de manutenção das lâmpadas de 3,76 €, enquanto que na solução proposta esse valor é quase nulo, sendo assim considerado zero.

5.2.3.5. Arrecadação e Dispensa do Dia

A arrecadação e a dispensa do dia são dois compartimentos de uso exclusivo dos empregados e têm uma área de 3,2 m² e 3,5 m², respetivamente. Têm um tempo de utilização diário estimado de 2 horas e 3 horas, respetivamente, uma vez que são espaços com uma utilização reduzida por parte apenas dos empregados do estabelecimento.

Na figura 5.29 temos a representação da arrecadação e da dispensa do dia no *Dialux*.

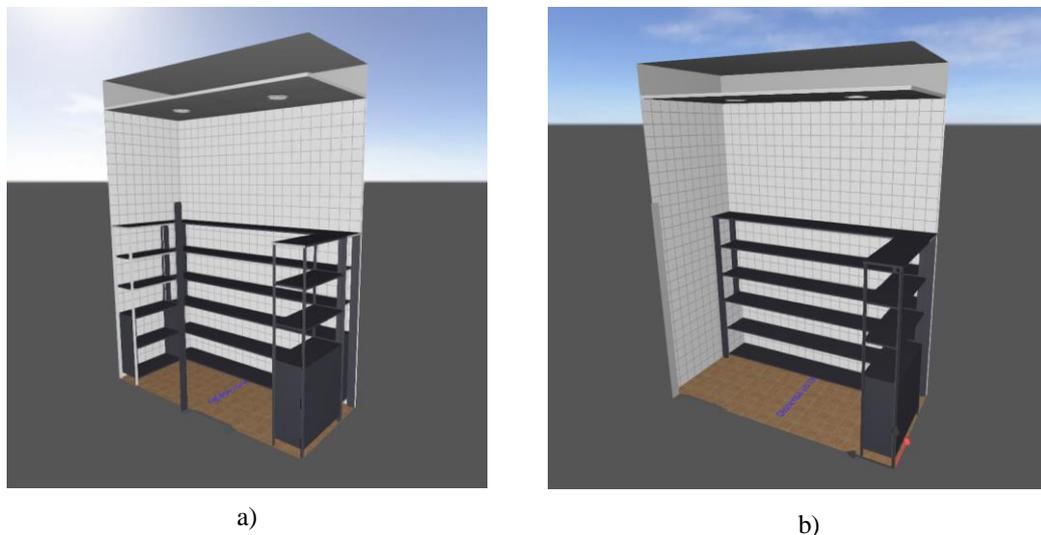


Figura 5.29 – Representação 3D no *Dialux* da: a) arrecadação b) dispensa do dia

Temos na tabela 5.9 os coeficientes de reflexão destes dois compartimentos. Uma vez que os materiais constituintes das paredes, teto e solo é igual em ambos, os valores dos coeficientes de reflexão são iguais.

Tabela 5.9 – Coeficientes de reflexão da arrecadação e da dispensa do dia

Teto	70,2%
Paredes	73,4%
Solo	40,3%

- **Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos**

Em ambos os compartimentos e em ambos os sistemas de iluminação as luminárias são encastradas no teto, sendo que a principal mudança está no tipo de lâmpada, halogénio no sistema tradicional e LED na solução proposta. Devido às características muito semelhantes destes dois compartimentos, o tipo e o número de lâmpadas utilizados é igual em ambos, quer no sistema tradicional, quer na solução proposta. Assim, o índice de proteção das luminárias utilizadas no sistema tradicional é IP20, enquanto que na solução proposta é IP54.

Em termos de eficiência, as luminárias do sistema tradicional têm uma eficiência baixa, 18 lm/W, comparativamente às luminárias da solução proposta que têm uma eficiência de 95 lm/W.

Temos na tabela 5.10 a comparação das principais características dos equipamentos utilizados na arrecadação e na dispensa do dia.

Tabela 5.10 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na arrecadação e na dispensa do dia

	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Luminária	Myriad 50 Dichroic	DL220 Einbau-Downlight
Tipo de Lâmpada	Halogénio	LED
Tempo de vida (h)	5000	40000
Fluxo Luminoso(lm)	1000	1334
Índice de Proteção (IP)	IP20	IP54
Eficiência da luminária (lm/W)	18	95

Nas figuras 5.30 e 5.31 temos a comparação da distribuição do fluxo luminoso das luminárias utilizadas no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente, através das suas curvas fotométricas.

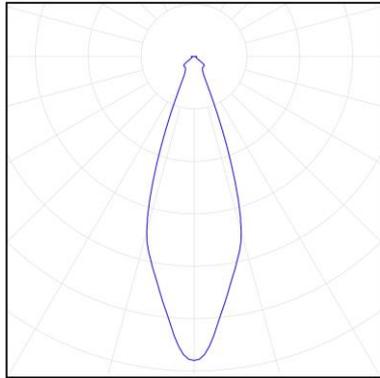


Figura 5.30 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na arrecadação e na dispensa do dia, no sistema tradicional

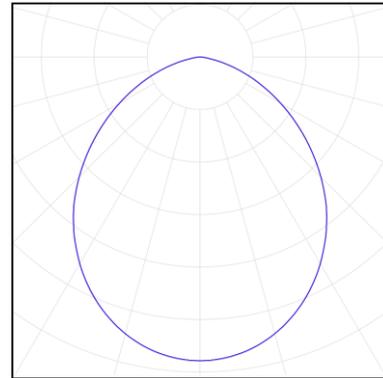


Figura 5.31 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na arrecadação e na dispensa do dia, na solução proposta

• Comparação dos Níveis de Iluminância

Na arrecadação, no sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 130 lux, enquanto que na solução proposta temos um valor médio de 108 lux. Na dispensa do dia, no sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 153 lux, enquanto que na solução tradicional temos um valor médio de 115 lux. Estão assim os valores, em ambos os compartimentos, acima do recomendado pela norma EN12464-1, cujo valor é 100 lux.

Nas figuras 5.32 e 5.33 podemos observar as linhas isográficas da iluminância na arrecadação e na dispensa do dia no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

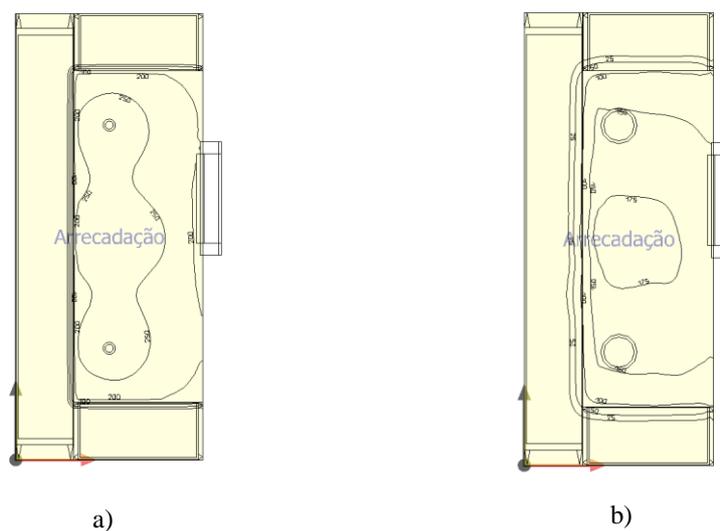


Figura 5.32 – Linhas isográficas da arrecadação: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

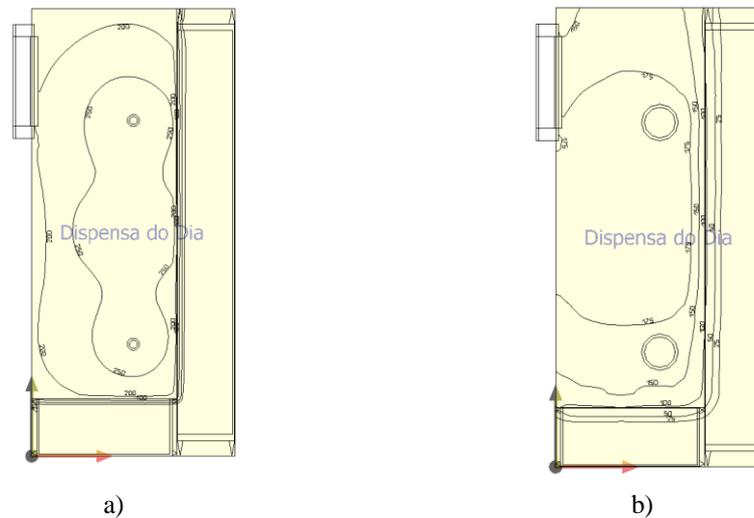


Figura 5.33 – Linhas isográficas da dispensa do dia: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

A temperatura da cor no sistema tradicional é de 3000K e o IRC é de 100 e na solução proposta a temperatura da cor é maior, 4000K, contudo o IRC é apenas de 80.

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

No sistema tradicional temos, em ambos os compartimentos, uma potência total instalada de 100 W, enquanto que na solução proposta a potência total instalada é bastante menor, apenas 28 W. Temos assim, na arrecadação, no sistema tradicional, uma energia consumida diariamente de 200 Wh e na solução proposta 60 Wh, e na dispensa, no sistema tradicional, 300 Wh, e na solução proposta 90 Wh, tendo em consideração a estimativa de 2 e 3 horas de utilização diárias para a arrecadação e dispensa, respetivamente. Isto resulta numa redução no consumo de energia anual de 51,1 kWh e 76,65 kWh, para a arrecadação e dispensa, respetivamente.

- **Comparação dos Custos**

No sistema tradicional temos um custo anual no consumo de energia de 70,08 €, enquanto que na solução proposta o valor significativamente menor, 18,69 €, o que se traduz numa poupança anual de 51,39 €.

O preço unitário das luminárias selecionadas na solução proposta para estes dois compartimentos é de 96,64 €, já com a lâmpada LED incluída, o que faz um total a investir em equipamentos para cada compartimento de 193,28 €, sem IVA incluído.

Em relação aos custos de manutenção, no sistema tradicional, para a arrecadação temos um custo médio anual de manutenção das lâmpadas de 0.63 €, e para a dispensa 0,94 €, enquanto que na solução proposta esse valor é quase nulo, sendo assim considerado zero em ambos os compartimentos.

5.2.3.6. Cozinha

A cozinha é de acesso exclusivo aos empregados. Tem uma área de 21 m² e um tempo de utilização diário estimado de 15 horas, sendo um dos compartimentos com maior número de horas de utilização do estabelecimento.

Na figura 5.34 temos a representação da cozinha no *Dialux*.



Figura 5.34 – Representação 3D no *Dialux* da cozinha

Temos na tabela 5.11 os coeficientes de reflexão deste compartimento.

Tabela 5.11 – Coeficientes de reflexão das instalações sanitárias dos empregados

Teto	70,2%
Paredes	61%
Solo	40,3%

- **Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos**

Em ambos os sistemas de iluminação as luminárias são encastradas no teto, sendo que a forma da luminária é diferente, pois no sistema tradicional são retangulares enquanto que na solução proposta são redondas. Outra diferença está no tipo de lâmpada, halogénio no sistema tradicional e LED na solução proposta. O índice de proteção é igual em ambos, IP65. Este compartimento tem as luminárias com o índice de proteção mais elevado, uma vez que é

o compartimento onde, devido às tarefas aqui desenvolvidas, tem maior probabilidade de ocorrência de choques e/ou líquidos.

Em termos de eficiência, a luminária do sistema tradicional tem uma eficiência de 18 lm/W, enquanto que a luminária da solução proposta tem uma eficiência de 91 lm/W.

Temos na tabela 5.12 a comparação das principais características dos equipamentos utilizados na cozinha.

Tabela 5.12 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na cozinha

	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Luminária	OD-8421 Lledó	Maxitube-recess Unilamp
Tipo de Lâmpada	Fluorescente T8	LED
Tempo de vida (h)	20000	40000
Fluxo Luminoso(lm)	3350	3470
Índice de Proteção (IP)	IP65	IP65
Eficiência da luminária (lm/W)	40	91

Nas figuras 5.35 e 5.36 temos a comparação da distribuição do fluxo luminoso das luminárias utilizadas no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente, através das suas curvas fotométricas.

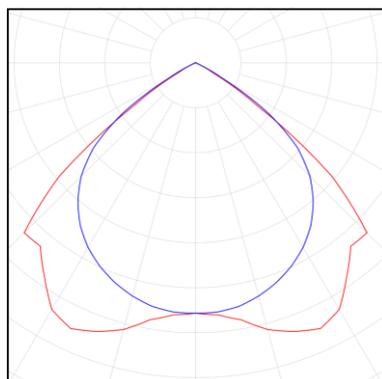


Figura 5.35 – Curva fotométrica da luminária utilizada na cozinha no sistema tradicional.

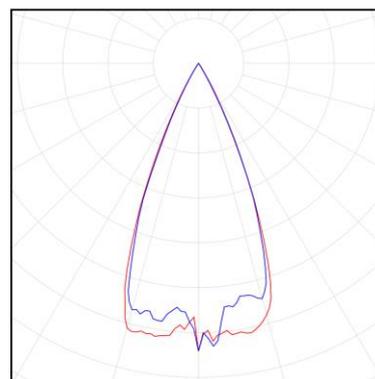


Figura 5.36 - Curva fotométrica da luminária utilizada na cozinha na solução proposta.

• Comparação dos Níveis de Iluminância

No sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 602 lux, enquanto que na solução proposta temos um valor médio de 630 lux, estando assim ambos acima do recomendado pela norma EN12464-1 para este compartimento, cujo valor é 500 lux.

Nas figuras 5.37 e 5.38 podemos observar as linhas isográficas da iluminância na cozinha no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

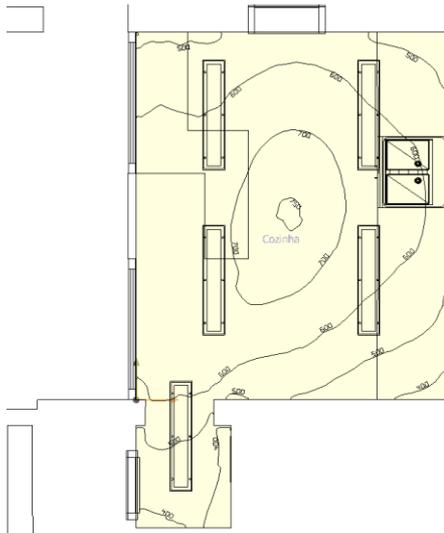


Figura 5.37 – Linhas isográficas da cozinha do sistema tradicional

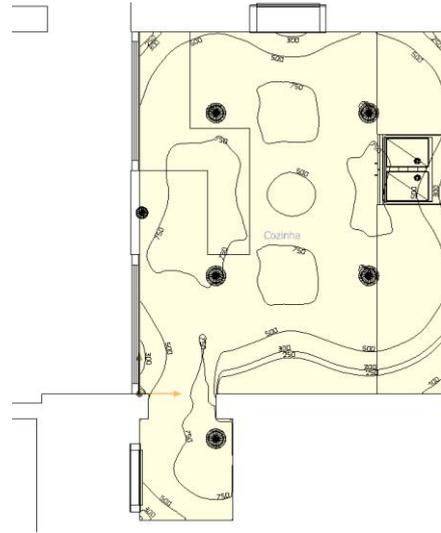


Figura 5.38 – Linhas isográficas da cozinha na solução proposta

A temperatura da cor no sistema tradicional é de 4000K e o IRC é de 85 e na solução proposta a temperatura da cor é ligeiramente maior, 4250K, e o IRC é de 80.

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

No sistema tradicional temos uma potência total instalada de 360 W enquanto que na solução proposta a potência total instalada é menor, 190 W. Temos assim no sistema tradicional uma energia consumida diariamente de 5400 Wh e na solução proposta 3000 Wh, tendo em consideração a estimativa de 15 horas de utilização diárias. Isto resulta numa redução no consumo de energia anual de 876 kWh.

- **Comparação dos Custos**

No sistema tradicional temos um custo anual no consumo de energia de 315,36 € enquanto que na solução proposta o valor é menor, 175,2 €, o que se traduz numa poupança anual de 140,16 €.

O preço unitário das luminárias selecionadas na solução proposta para este compartimento é de 147,36 €, já com a lâmpada LED incluída, o que faz um total a investir em equipamentos para este compartimento de 736,8 €, sem IVA incluído.

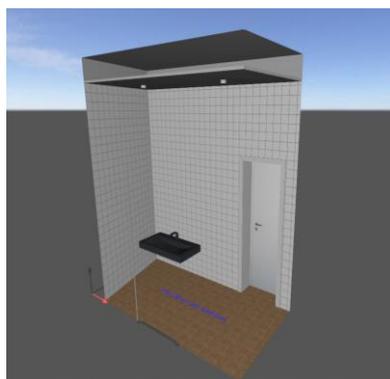
Em relação aos custos de manutenção, para o sistema tradicional temos um custo médio anual de manutenção das lâmpadas de 3,89 €, enquanto que na solução proposta esse valor é quase nulo, sendo assim considerado zero.

5.2.3.7. Antecâmara dos Sanitários, Sanitários, WC Masculinos 1 e 2, WC Femininos 1 e 2

Este conjunto de compartimentos são destinados aos clientes e têm as seguintes áreas e tempos de utilização estimados:

- Antecâmara dos Sanitários – 5 m² e 7 horas de utilização;
- Sanitários – 3,5 m² e 6 horas de utilização;
- WC Masculino 1 – 2 m² e 5 horas de utilização;
- WC Masculino 2 – 3,4 m² e 5 horas de utilização;
- WC Feminino 1 – 2,2 m² e 5 horas de utilização;
- WC Feminino 2 – 1,7 m² e 5 horas de utilização;

Na figura 5.39 estão as representações 3D no *Dialux* destes compartimentos.



a)



b)

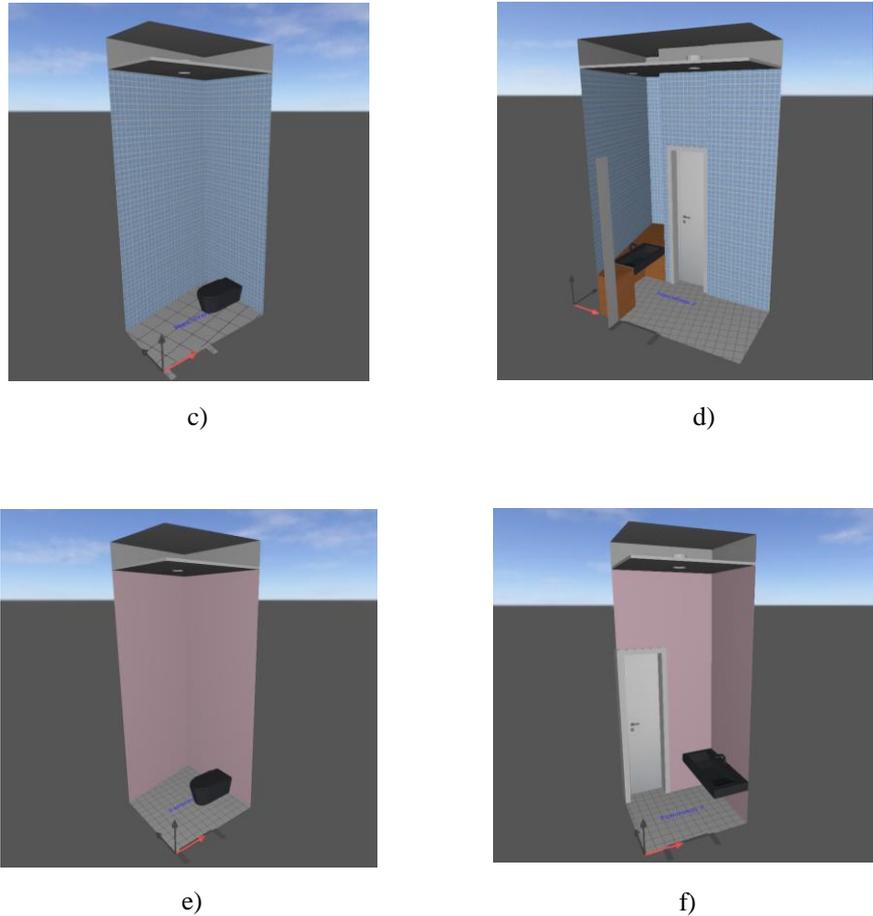


Figura 5.39 – Representação 3D no *Dialux* da: a) antecâmara dos sanitários b) sanitários c) WC Masculino 1 d) WC Masculino 2 e) WC Feminino 1 f) WC Feminino 2

Temos na tabela 5.13 os coeficientes de reflexão destes compartimentos.

Tabela 5.13 – Coeficientes de reflexão da antecâmara dos sanitários, sanitários, WC Masculino 1 e 2 e WC Feminino 1 e 2

	Antecâmara dos Sanitários e sanitários	WC Masculino 1 e 2	WC Feminino 1 e 2
Teto	70,2%	70,2%	70,2%
Paredes	73,2%	58,4%	55,0%
Solo	40,3%	75,6%	75,6%

• Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos

Em todos os compartimentos e em ambos os sistemas de iluminação as luminárias são embutidas no teto, sendo que a principal mudança está no tipo de lâmpada, halogénio no sistema tradicional e LED na solução proposta.

Na tabela 5.14 temos a comparação das principais características dos equipamentos utilizados nos compartimentos referidos, estando agrupados os compartimentos que utilizam a mesma luminária em ambos os sistemas.

Tabela 5.14 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na antecâmara dos sanitários, sanitários, WC Masculino 1 e 2, WC Feminino 1 e 2

		Sistema Tradicional	Solução Proposta
Antecâmara dos Sanitários e sanitários	Luminária	ARCA 35 PSM Lighting	LDL 320 CLM-9 Gen Rio
	Tipo de Lâmpada	Halogénio	LED
	Tempo de vida (h)	5000	40000
	Fluxo Luminoso(lm)	596	932
	Índice de Proteção (IP)	IP20	IP20
	Eficiência da luminária (lm/W)	17	98
WCs Masculino e Feminino 1 e 2	Luminária	Compass FLOS	Pleiad SLD G3 Fagerhult
	Tipo de Lâmpada	Halogénio	LED
	Tempo de vida (h)	5000	40000
	Fluxo Luminoso(lm)	1054	1562
	Índice de Proteção (IP)	IP23	IP44
	Eficiência da luminária (lm/W)	21	78

Nas figuras 5.40 e 5.41 temos a comparação da distribuição do fluxo luminoso das luminárias utilizadas no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente, através das suas curvas fotométricas.

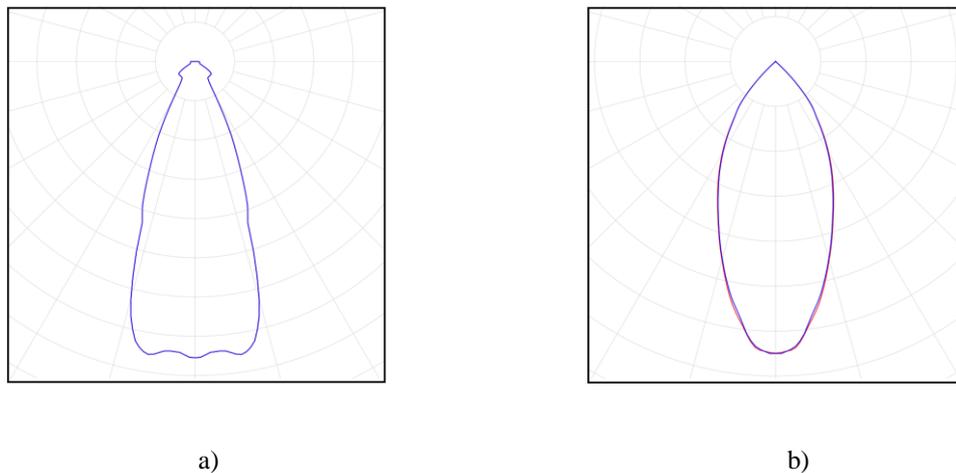


Figura 5.40 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na antecâmara dos sanitários e nos sanitários: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

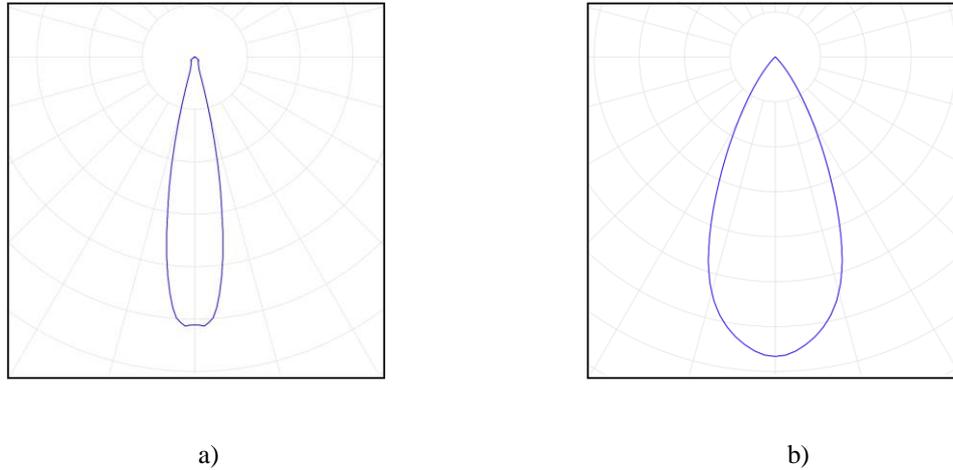


Figura 5.41 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nos WCs masculinos e femininos: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

- **Comparação dos Níveis de Iluminância**

Na tabela 5.15 temos os valores de iluminância média dos vários compartimentos descritos.

Tabela 5.15 – Valores de iluminância média na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs, em ambos os sistemas de iluminação

	Nível Médio de Iluminância (lux)	
	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Antecâmara dos sanitários	148	223
Sanitários	166	246
WC Masculino 1	259	352
WC Masculino 2	280	417
WC Feminino 1	252	341
WC Feminino 2	303	365

Podemos verificar assim que os valores estão acima do exigido pela norma EN12464-1 em todos os compartimentos em ambos os sistemas de iluminação, cujo valor é 100 lux para a antecâmara dos sanitários e sanitários e 200 lux para os WCs.

Nas figuras 5.42 - 5.47 podemos observar as linhas isográficas destes compartimentos no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

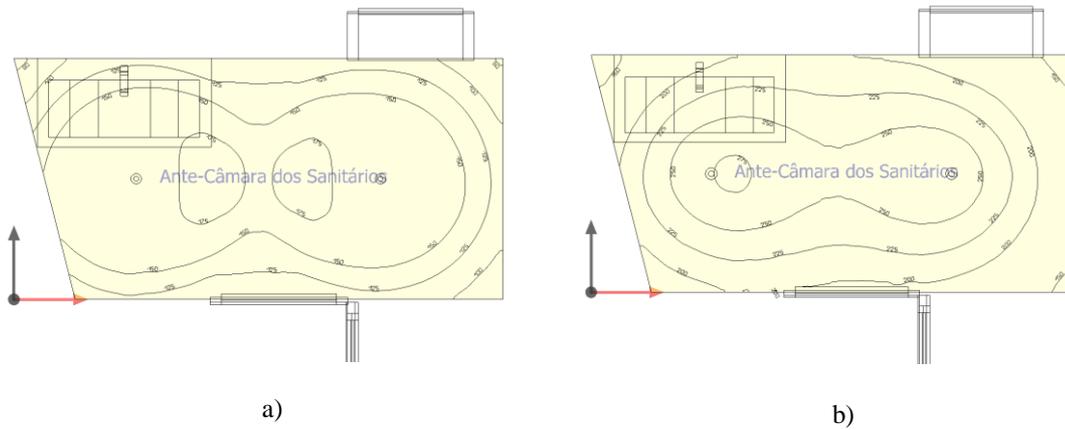


Figura 5.42 – Linhas isográficas da antecâmara dos sanitários: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

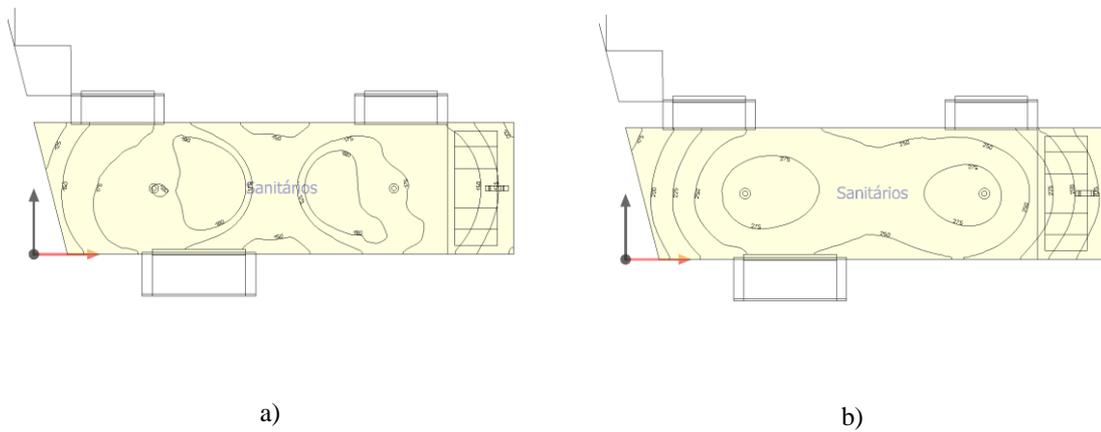


Figura 5.43 – Linhas isográficas dos sanitários: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

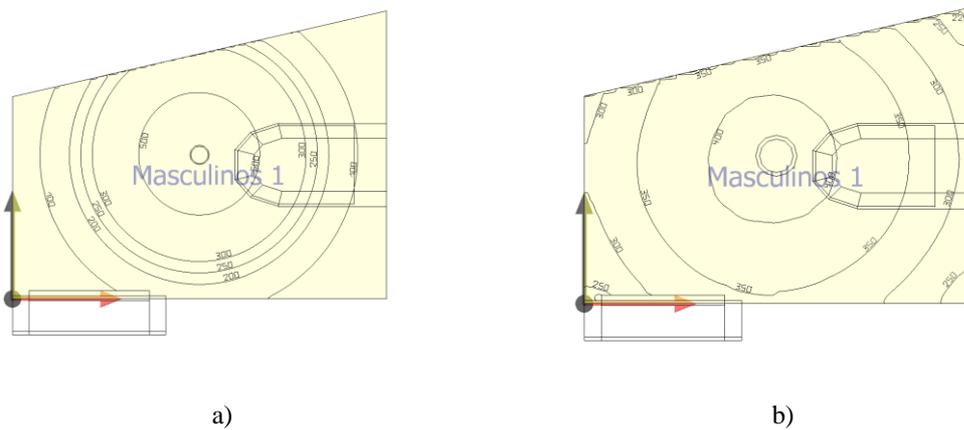


Figura 5.44 – Linhas isográficas do WC Masculino 1: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

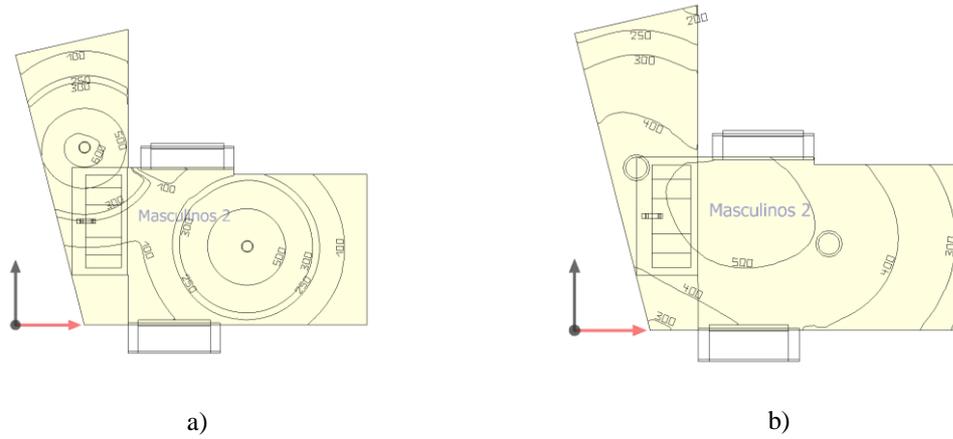


Figura 5.45 – Linhas isográficas do WC Masculino 2: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

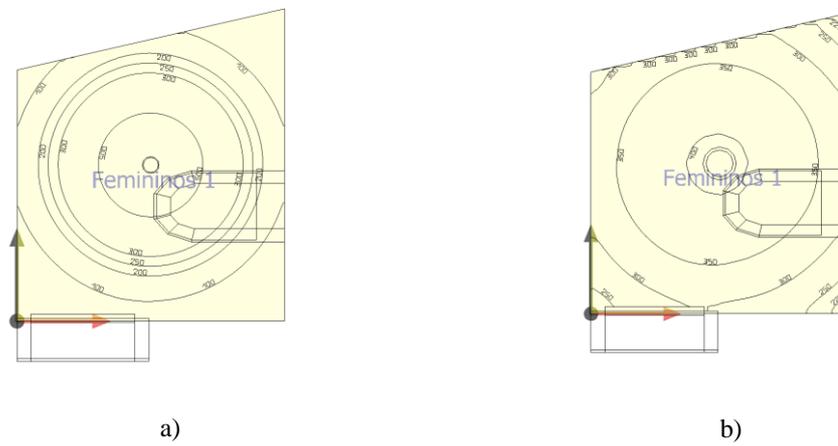


Figura 5.46 – Linhas isográficas do WC Feminino 1: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

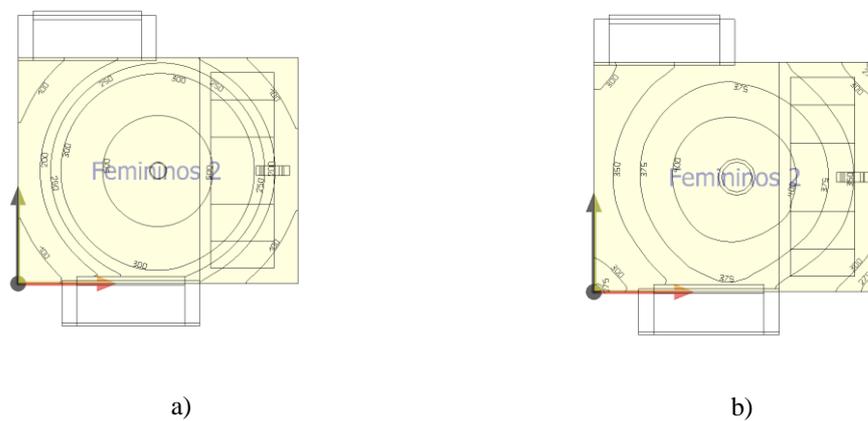


Figura 5.47 – Linhas isográficas do WC Feminino 2: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

Na tabela 5.16 estão os valores da temperatura de cor e IRC para os compartimentos descritos.

Tabela 5.16 – Valores da Temperatura de cor e IRC na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs, em ambos os sistemas de iluminação

	Temperatura de cor (K)		IRC	
	Sistema Tradicional	Solução Proposta	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Antecâmara dos sanitários	3000	2952	99	90
Sanitários	3000	2952	99	90
WC Masculino 1	3000	4000	99	80
WC Masculino 2	3000	4000	99	80
WC Feminino 1	3000	4000	99	80
WC Feminino 2	3000	4000	99	80

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

Na tabela 5.17 os valores da potência total instalada nos compartimentos descritos, em ambos os sistemas de iluminação.

Tabela 5.17 – Valores da Potência Total Instalada na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs, em ambos os sistemas de iluminação

	Potência Total Instalada (W)	
	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Antecâmara dos sanitários	70	19
Sanitários	70	19
WC Masculino 1	50	20
WC Masculino 2	100	40
WC Feminino 1	50	20
WC Feminino 2	50	20

Temos na tabela 5.18 os valores da energia consumida diariamente nos compartimentos descritos, em ambos os sistemas de iluminação.

Tabela 5.18 – Valores da Energia Consumida Diariamente na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs, em ambos os sistemas de iluminação

	Energia Consumida Diariamente (Wh)	
	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Antecâmara dos sanitários	490	140
Sanitários	420	120
WC Masculino 1	250	20
WC Masculino 2	500	40
WC Feminino 1	250	20
WC Feminino 2	250	20

Ao procedermos à substituição do sistema de iluminação tradicional pela solução proposta vamos ter os valores de redução anual no consumo de energia descritos na tabela 5.19.

Tabela 5.19 – Valores da Redução anual no consumo de energia na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs

	Redução Anual do consumo de energia (kWh)
Antecâmara dos sanitários	127,75
Sanitários	109,5
WC Masculino 1	54,75
WC Masculino 2	109,5
WC Feminino 1	54,75
WC Feminino 2	54,75

- **Comparação dos Custos**

Na tabela 5.20 temos os valores do custo do consumo anual de energia nos compartimentos descritos, em ambos os sistemas de iluminação.

Tabela 5.20 – Valores do custo do consumo anual de energia na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs em ambos os sistemas de iluminação

	Custo do Consumo Anual de Energia (€)	
	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Antecâmara dos sanitários	28,62	8,18
Sanitários	24,53	7,01
WC Masculino 1	14,6	5,84
WC Masculino 2	29,2	11,68
WC Feminino 1	14,6	5,84
WC Feminino 2	14,6	5,84

Na tabela 5.21 temos o preço unitário das luminárias selecionadas na solução proposta para os compartimentos descritos, já com a lâmpada LED incluída, sem IVA incluído.

Tabela 5.21 – Preço Unitário das Luminárias da solução Proposta para a antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs

	Preço Unitário das Luminárias (€)
Antecâmara dos sanitários	34,64
Sanitários	34,64
WC Masculino 1	45,36
WC Masculino 2	45,36
WC Feminino 1	45,36
WC Feminino 2	45,36

Na tabela 5.22 temos os custos médios de manutenção das lâmpadas no sistema tradicional para os compartimentos descritos. Na solução proposta esse valor é quase nulo, sendo assim considerado zero em todos os compartimentos.

Tabela 5.22 – Custo médio anual de manutenção das lâmpadas na antecâmara dos sanitários, sanitários e WCs

	Custo Médio Anual de Manutenção das Lâmpadas (€)
Antecâmara dos sanitários	2,20
Sanitários	1,88
WC Masculino 1	0,78
WC Masculino 2	1,57
WC Feminino 1	0,78
WC Feminino 2	0,78

5.2.3.8. Salas de Refeições 1 e 2

As salas de refeições 1 e 2 têm uma área de 17 m² e 28 m², respetivamente. Têm ambas um tempo de utilização diário estimado de 6 horas, fazendo uma estimativa às horas comuns de refeições de almoço e jantar.

Na figura 5.48 temos a representação das salas de refeições 1 e 2 no *Dialux*.

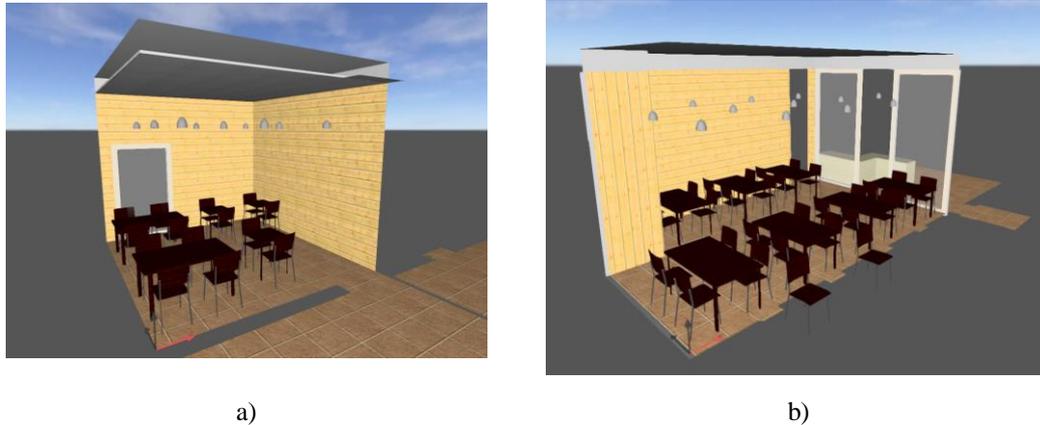


Figura 5.48 – Representação 3D no *Dialux* da: a) sala de refeições 1 b) sala de refeições 2

Temos na tabela 5.23 os coeficientes de reflexão destes dois compartimentos.

Tabela 5.23 – Coeficientes de reflexão das salas de refeições 1 e 2

	Sala de Refeições 1	Sala de Refeições 2
Teto	70,2%	70,2%
Paredes	57,1%	56,5%
Solo	40,3%	40,3%

• Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos

Em ambos os compartimentos e em ambos os sistemas de iluminação as luminárias são suspensas, sendo que a principal mudança está no tipo de lâmpada, halogénio no sistema tradicional e LED na solução proposta. O tipo de lâmpadas utilizados é igual em ambos os compartimentos, quer no sistema tradicional, quer na solução proposta. O índice de proteção das luminárias é igual em todos, IP20.

Em termos de eficiência, as luminárias do sistema tradicional têm uma eficiência baixa, 10 lm/W, comparativamente às luminárias da solução proposta que têm uma eficiência de 77 lm/W.

Temos na tabela 5.24 a comparação das principais características dos equipamentos utilizados nas salas de refeições 1 e 2.

Tabela 5.24 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados nas salas de refeições

	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Luminária	Corcovado Hoffmeister	Juno Led C3797 Arcluce
Tipo de Lâmpada	Halogénio	LED
Tempo de vida (h)	5000	40000
Fluxo Luminoso(lm)	910	722
Índice de Proteção (IP)	IP20	IP20
Eficiência da luminária (lm/W)	10	77

Nas figuras 5.49 e 5.50 temos a comparação da distribuição do fluxo luminoso das luminárias utilizadas no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente, através das suas curvas fotométricas.

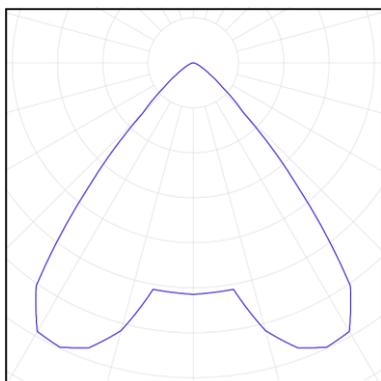


Figura 5.49 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nas salas de refeições 1 e 2, no sistema tradicional

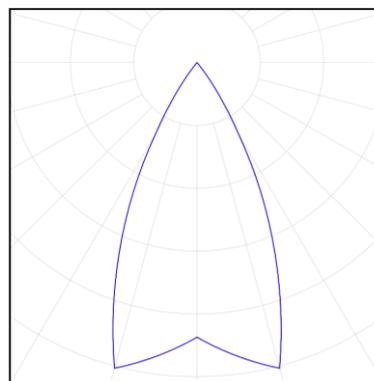


Figura 5.50 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nas salas de refeições 1 e 2, na solução proposta

• Comparação dos Níveis de Iluminância

Na sala de refeições 1, no sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 256 lux, enquanto que na solução proposta temos um valor médio de 299 lux. Na Sala de refeições 2, no sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 339 lux, enquanto que na solução tradicional temos um valor médio de 274 lux. A norma EN12464-1 diz que para este tipo de compartimentos podemos ser nós a definir o valor de iluminância desejada, por forma a criar um determinado tipo de ambiente no compartimento. Assim, eu defini para estes compartimentos um valor mínimo de iluminância de 200 lux, o que faz com que os valores obtidos estejam todos acima do valor mínimo definido.

Nas figuras 5.51 e 5.52 podemos observar as linhas isográficas das salas de refeições 1 e 2 no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

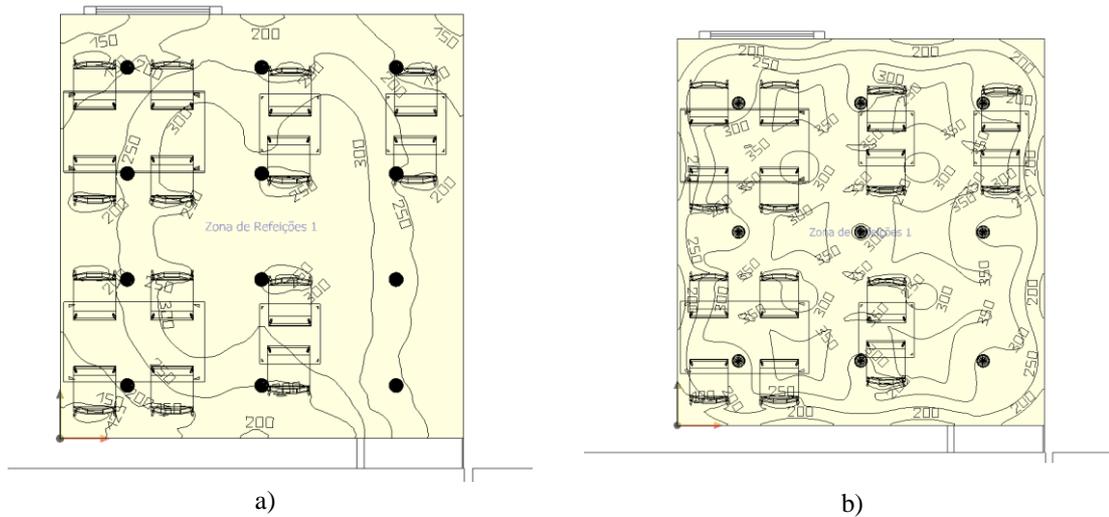


Figura 5.51 – Linhas isográficas da sala de refeições 1: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

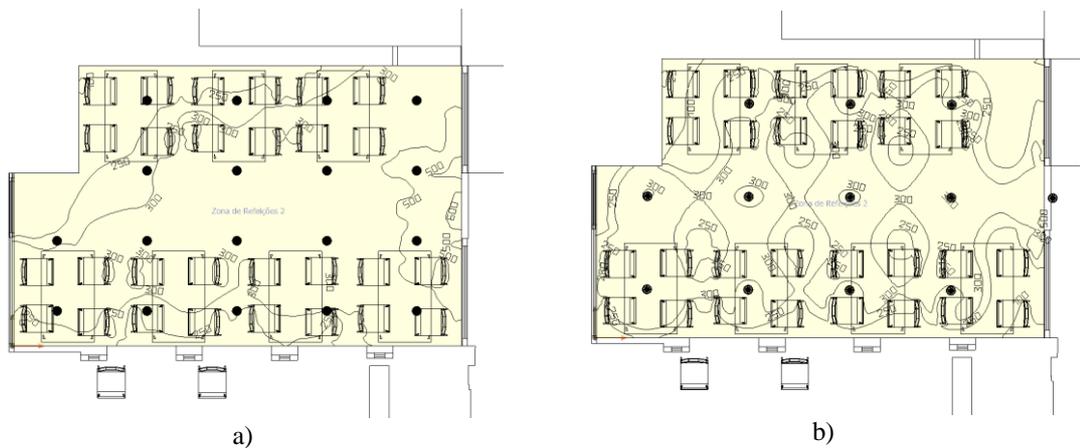


Figura 5.52 – Linhas isográficas da sala de refeições 2: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

A temperatura da cor no sistema tradicional é de 2856K e o IRC é de 100 e na solução proposta a temperatura da cor é maior, 4000K, contudo o IRC é apenas de 80.

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

No sistema tradicional temos, na sala de refeições 1, uma potência total instalada de 600 W, enquanto que na solução proposta a potência total instalada é bastante menor, apenas 81 W. Na sala de refeições 2, no sistema tradicional, temos uma potência total instalada de 900 W, enquanto que na solução proposta temos 108 W.

Temos assim, na sala de refeições 1, no sistema tradicional, uma energia consumida diariamente de 3600 Wh e na solução proposta apenas 480 Wh, e na sala de refeições 2, no sistema tradicional, 900 Wh, e na solução proposta 108 Wh, tendo em consideração a estimativa de 6 horas de utilização diárias para ambos os compartimentos. Isto resulta numa redução no consumo de energia anual de 1138,8 kWh e 1730,1 kWh, para a sala de refeições 1 e sala de refeições 2, respetivamente.

- **Comparação dos Custos**

Para a sala de refeições 1, no sistema tradicional, temos um custo anual no consumo de energia de 210,24 €, enquanto que na solução proposta o valor é significativamente menor, 28,03 €, o que se traduz numa poupança anual de 182,21 €. Para a sala de refeições 2, no sistema tradicional, temos um custo anual no consumo de energia de 315,36 €, enquanto que na solução proposta o custo é de apenas 38,54 €.

O preço unitário das luminárias selecionadas na solução proposta para estes dois compartimentos é de 23,62 €, já com a lâmpada LED incluída, o que faz um total a investir em equipamentos para a sala de refeições 1 de 215,28 € e para a sala de refeições 2 de 287,04 €, preços sem IVA incluído.

Em relação aos custos de manutenção, no sistema tradicional, para a sala de refeições 1 temos um custo médio anual de manutenção das lâmpadas de 11,3 €, e para a sala de refeições 2 16,95 €, enquanto que na solução proposta esse valor é quase nulo, sendo assim considerado zero em ambos os compartimentos.

5.2.3.9. Halls de Entrada 1 e 2

Os Halls de entrada 1 e 2 têm uma área de 4,4 m² e 4 m², respetivamente. Têm ambos um tempo de utilização diário estimado de 13 horas, estando ativos durante todo o período de funcionamento do estabelecimento, uma vez que são os locais de 1º acesso por parte dos clientes.

Na figura 5.53 temos a representação dos halls de entrada 1 e 2 no *Dialux*.



Figura 5.53 – Representação 3D no *Dialux* da: a) Hall de entrada 1 b) Hall de entrada 2

Temos na tabela 5.25 os coeficientes de reflexão do hall de entrada 1. No hall 2 não foi possível obter os valores dos coeficientes de reflexão por não se tratar de um compartimento isolado, tendo até uma abertura permanente para a zona de café.

Tabela 5.25 – Coeficientes de reflexão das salas de refeições 1 e 2

	Hall de entrada 1
Teto	70,2%
Paredes	56,8%
Solo	40,3%

• Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos

Em ambos os compartimentos e em ambos os sistemas de iluminação as luminárias são suspensas, sendo que a principal mudança está no tipo de lâmpada, fluorescente compactas no sistema tradicional e LED na solução proposta. O tipo de lâmpadas utilizados é igual em ambos os compartimentos, quer no sistema tradicional, quer na solução proposta. O índice de proteção das luminárias é IP40 na solução tradicional e IP20 na solução proposta.

Em termos de eficiência, as luminárias do sistema tradicional têm uma eficiência baixa, 31 lm/W, comparativamente às luminárias da solução proposta que têm uma eficiência de 75 lm/W.

Temos na tabela 5.26 a comparação das principais características dos equipamentos utilizados nos halls de entrada 1 e 2.

Tabela 5.26 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados nos halls de entrada 1 e 2

	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Luminária	OD1790+OD1063 Lledó	C3771 ARA Arcluce
Tipo de Lâmpada	Fluorescente Compacta	LED
Tempo de vida (h)	20000	40000
Fluxo Luminoso(lm)	3200	1350
Índice de Proteção (IP)	IP40	IP20
Eficiência da luminária (lm/W)	31	75

Nas figuras 5.54 e 5.55 temos a comparação da distribuição do fluxo luminoso das luminárias utilizadas no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente, através das suas curvas fotométricas.

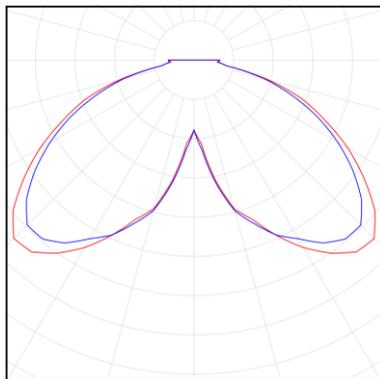


Figura 5.54 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nos halls de entrada 1 e 2, no sistema tradicional

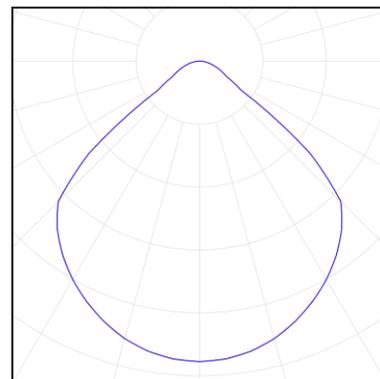


Figura 5.55 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas nos halls de entrada 1 e 2, na solução proposta

• Comparação dos Níveis de Iluminância

No hall de entrada 1, no sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 307 lux, enquanto que na solução proposta temos um valor médio de 247 lux. No hall de entrada 2, no sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 349 lux, enquanto que na solução proposta temos um valor médio de 369 lux.

Nas figuras 5.56 e 5.57 podemos observar as linhas isográficas dos halls de entrada 1 e 2 no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

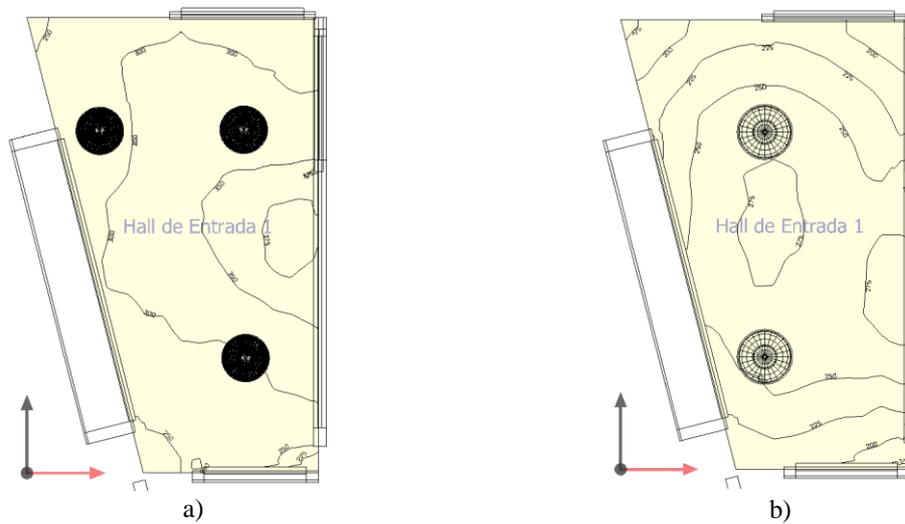


Figura 5.56 – Linhas isográficas do Hall de entrada 1: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

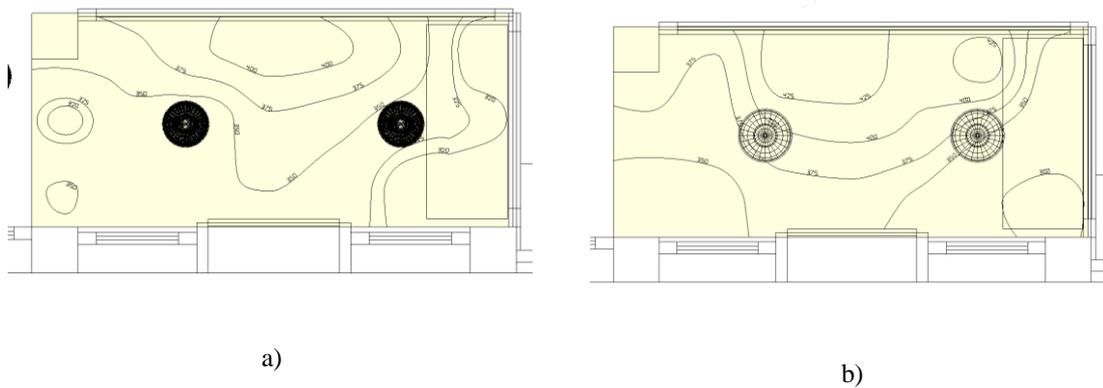


Figura 5.57 – Linhas isográficas da sala de refeições 2: a) no sistema tradicional b) na solução proposta

A temperatura da cor das luminárias no sistema tradicional é de 4000K e o IRC é de 78 e na solução proposta a temperatura da cor é ligeiramente menor, 3991K, contudo o IRC é de 80.

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

No sistema tradicional temos, no hall de entrada 1, uma potência total instalada de 126 W, enquanto que na solução proposta a potência total instalada é bastante menor, apenas 36 W. No hall de entrada 2, no sistema tradicional, temos uma potência total instalada de 84 W, enquanto que na solução proposta temos 36 W.

Temos assim, na sala de refeições 1, no sistema tradicional, uma energia consumida diariamente de 1640 Wh e na solução proposta apenas 520 Wh, e no hall de entrada 2, no sistema tradicional, 1040 Wh, e na solução proposta 520 Wh, tendo em consideração a estimativa de 13 horas de utilização diárias para ambos os compartimentos. Isto resulta numa redução no consumo de energia anual de 408,07 kWh e 189,80 kWh, para o hall de entrada 1 e o hall de entrada 2, respetivamente.

- **Comparação dos Custos**

Para o hall de entrada 1, no sistema tradicional, temos um custo anual no consumo de energia de 95,66 €, enquanto que na solução proposta o valor é significativamente menor, 30,37 €, o que se traduz numa poupança anual de 65,29 €. Para o hall de entrada 2, no sistema tradicional, temos um custo anual no consumo de energia de 60,74 €, enquanto que na solução proposta o custo é de apenas 30,37 €. Temos assim uma poupança anual no hall de entrada 2 de 30,37 €.

O preço unitário das luminárias selecionadas na solução proposta para estes dois compartimentos é de 139,92 €, já com a lâmpada LED incluída, o que faz um total a investir em equipamentos para ambos os halls de entrada de 279,84 €, preço sem IVA incluído.

Em relação aos custos de manutenção, no sistema tradicional, para o hall de entrada 1 temos um custo médio anual de manutenção das lâmpadas de 2,59 €, e para o hall de entrada 2 1,73€, enquanto que na solução proposta esse valor é quase nulo, sendo assim considerado zero em ambos os compartimentos.

5.2.3.10. Zona de Café

A zona de café tem uma área de 37 m² e tem um tempo de utilização diário estimado de 15 horas, uma vez que é um dos espaços mais utilizados e cujo horário de funcionamento tem um elevado nº de horas.

Na figura 5.58 temos a representação da zona de café no *Dialux*.



Figura 5.58 – Representação 3D no *Dialux* da zona de café.

Temos na tabela 5.27 os coeficientes de reflexão deste compartimento.

Tabela 5.27 – Coeficientes de reflexão da zona de café

Teto	70,2%
Paredes	56,7%
Solo	40,2%

• Comparação das Características Técnicas dos Equipamentos

Em ambos os sistemas de iluminação as luminárias são suspensas, sendo que a principal mudança está no tipo de lâmpada, fluorescente compactas no sistema tradicional e LED na solução proposta. O índice de proteção das luminárias utilizadas no sistema tradicional é IP40, enquanto que na solução proposta é IP20.

Em termos de eficiência, a luminária do sistema tradicional tem uma eficiência baixa, 31 lm/W, comparativamente à luminária da solução proposta que tem uma eficiência de 75 lm/W.

Temos na tabela 5.28 a comparação das principais características dos equipamentos utilizados nos halls de entrada 1 e 2.

Tabela 5.28 – Comparação das principais características dos equipamentos utilizados na zona de café

	Sistema Tradicional	Solução Proposta
Luminária	OD1790+OD1063 Lledó	C3771 ARA Arluce
Tipo de Lâmpada	Fluorescente Compacta	LED
Tempo de vida (h)	20000	40000
Fluxo Luminoso(lm)	3200	1350
Índice de Proteção (IP)	IP40	IP20
Eficiência da luminária (lm/W)	31	75

Nas figuras 5.59 e 5.60 temos a comparação da distribuição do fluxo luminoso das luminárias utilizadas no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente, através das suas curvas fotométricas.

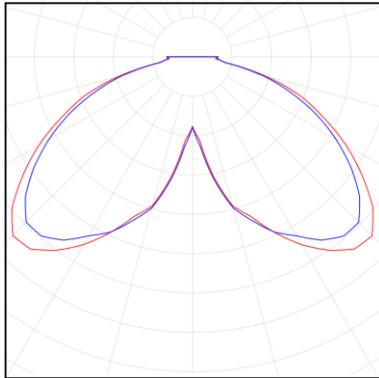


Figura 5.59 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na zona de café no sistema tradicional

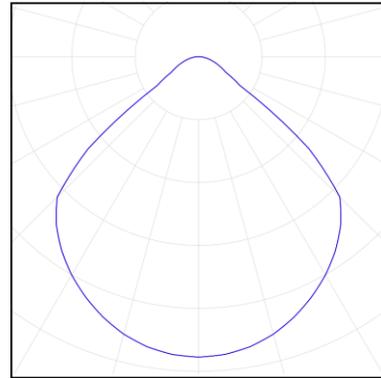


Figura 5.60 – Curva fotométrica das luminárias utilizadas na zona de café na solução proposta

- **Comparação dos Níveis de Iluminância**

No sistema de iluminação tradicional temos um valor médio de iluminância de 309 lux, enquanto que na solução proposta temos um valor médio de 286 lux, estando assim ambos acima do valor mínimo por mim definido, de 250 lux.

Nas figuras 5.61 e 5.62 podemos observar as linhas isográficas da zona de café no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

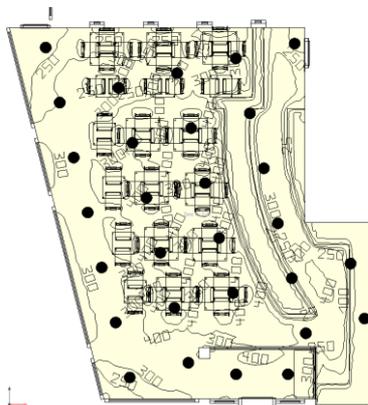


Figura 5.61 – Linhas isográficas da zona de café no sistema tradicional

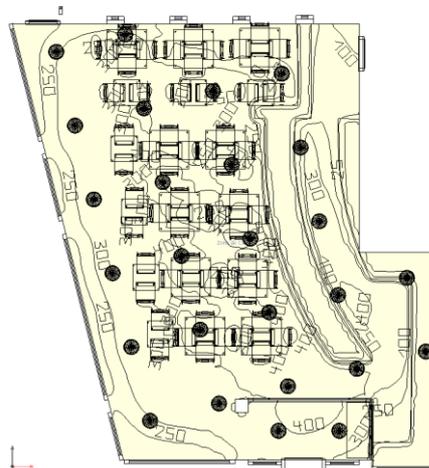


Figura 5.62 – Linhas isográficas da zona de café na solução proposta

A temperatura da cor no sistema tradicional é de 4000K e o IRC é de 78 e na solução proposta a temperatura da cor é ligeiramente menor, 3991K, contudo o IRC é de 80.

- **Comparação dos Consumos Energéticos**

No sistema tradicional temos uma potência total instalada de 1134 W enquanto que na solução proposta a potência total instalada é bastante menor, apenas 432 W. Temos assim no sistema tradicional uma energia consumida diariamente de 16950 Wh e na solução proposta 6450 Wh, tendo em consideração a estimativa de 15 horas de utilização diárias. Isto resulta numa redução no consumo de energia anual de 3832,5 kWh.

- **Comparação dos Custos**

No sistema tradicional temos um custo anual no consumo de energia de 989,88 €, enquanto que na solução proposta o valor significativamente menor, 376,68 €, o que se traduz numa poupança anual de 613,2 €.

O preço unitário das luminárias selecionadas na solução proposta para este compartimento é de 139,92 €, já com a lâmpada LED incluída, o que faz um total a investir em equipamentos para este compartimento de 3358,08 €, sem IVA incluído.

Em relação aos custos de manutenção, para o sistema tradicional temos um custo médio anual de manutenção das lâmpadas de 26,9 €, enquanto que na solução proposta esse valor é quase nulo, sendo assim considerado zero.

5.2.4. Análise dos Custos e Consumos Energéticos

Ao compararmos o sistema tradicional com a solução proposta em cada compartimento podemos desde já verificar alguns pontos importantes a salientar:

1. Em todos os compartimentos a potência total instalada e, conseqüentemente, os consumos anuais são menores na solução proposta e, em alguns casos, chegamos a ter reduções de consumo superiores a 50%, o que é bastante demonstrativo da diferença de eficiência entre os sistemas de iluminação e as tecnologias associadas a cada um.

No gráfico da figura 5.63 é possível perceber melhor a diferença de consumo de energia anual entre o sistema tradicional e a solução proposta.

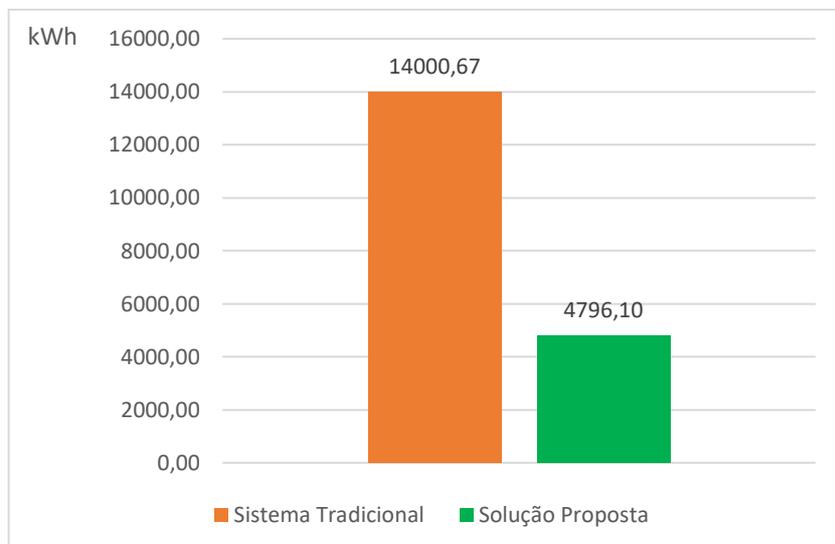


Figura 5.63 – Energia Consumida anualmente pelo edifício por ambos os sistemas de iluminação

2. A zona de café é o compartimento com maior área e o maior peso para o consumo de energia geral do edifício. Este compartimento sozinho consome quase 45% da energia total consumida pelo edifício anualmente no sistema tradicional, estando mesmo perto de 50% do consumo total do edifício na solução proposta.

Na figura 5.64 e 5.65 temos a percentagem de consumo dos compartimentos do edifício que mais energia consomem, no sistema tradicional e na solução proposta, respetivamente.

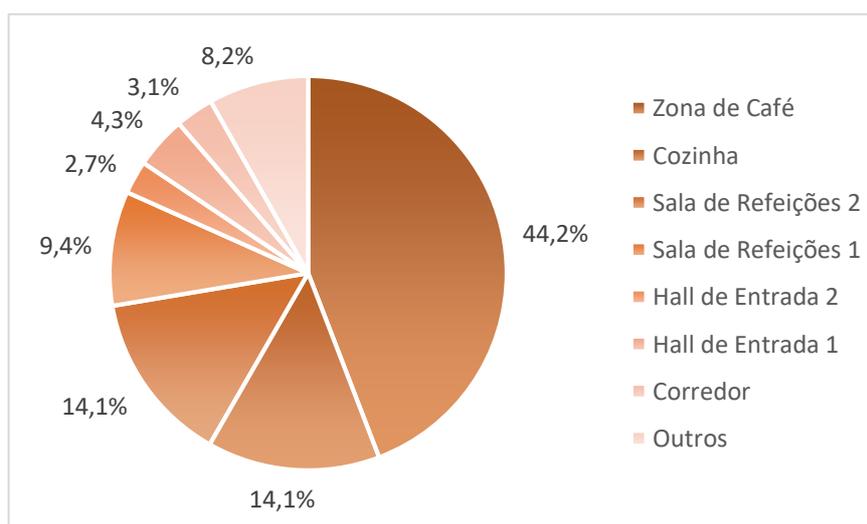


Figura 5.64 – Percentagem de consumo anual de energia por compartimento no sistema tradicional

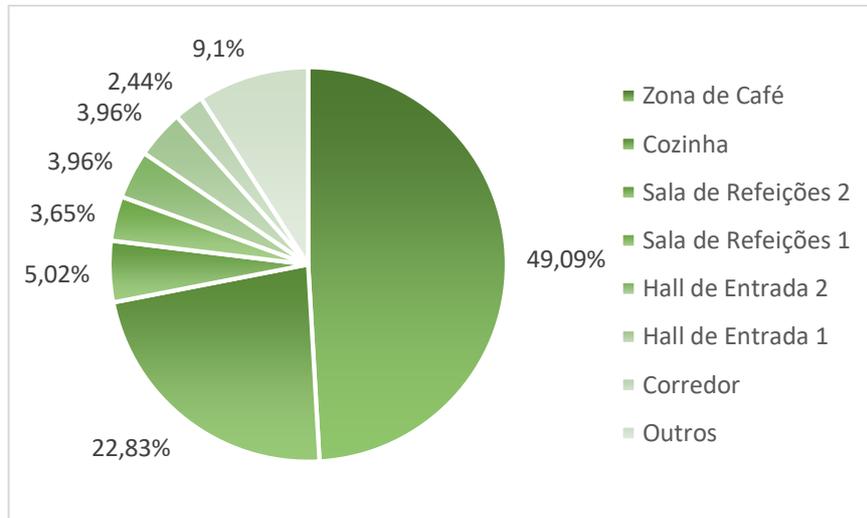


Figura 5.65 – Percentagem de consumo anual de energia por compartimento na solução proposta

- Se considerarmos o preço médio faturado pelo fornecedor de energia de 0,16 €/kWh, teremos um custo anual no consumo energético de 2240 € no sistema de iluminação tradicional e na solução proposta apenas 768 €, ou seja, uma redução de aproximadamente 65% no custo do consumo anual de energia só em iluminação. O gráfico da figura 5.66 ajuda-nos a perceber melhor esta diferença.

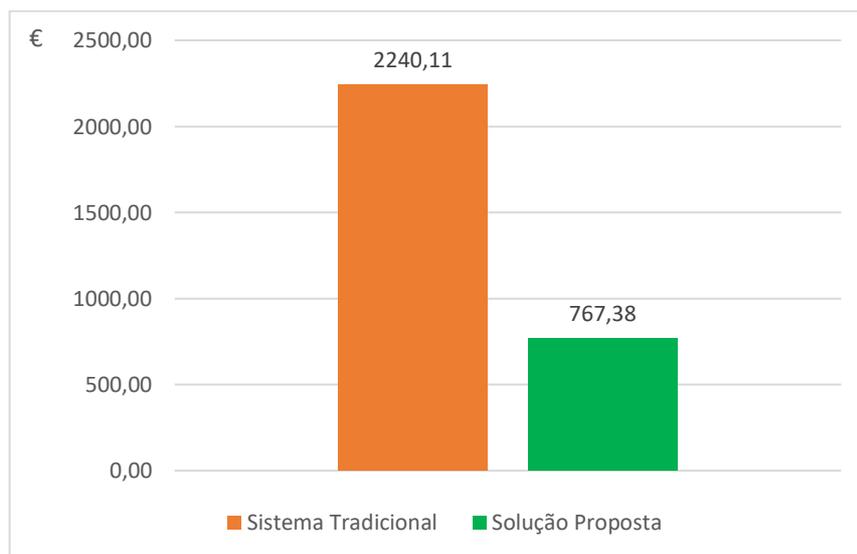


Figura 5.66 – Custo do consumo anual de energia do edifício por ambos os sistemas de iluminação

5.2.5. Estudo de Viabilidade Económica

Antes de se proceder a qualquer estudo de viabilidade económica de um projeto deve-se saber qual o custo de investimento do mesmo. Para tal, na tabela 5.29 são apresentados os custos dos equipamentos (lâmpadas + luminárias) necessários para este projeto.

Tabela 5.29 – Custo de equipamentos da solução proposta

Luminária	Preço Unitário (€) *	Nº Total de Luminárias	Custo Total de Equipamentos (€)
Tantum 210 - Wide Without Screen Arcluce	61,44	2	122,9
LDL320 CLM-9 Gen 3 Rio	34,64	6	207,8
Pleiad SLD G3 Fagerhult	45,36	7	317,5
DL220 superbasic Einbau-Downlight mit Konverter	96,64	7	676,5
C3771 ARA Led Wide Arcluce	139,92	28	3917,8
Juno Led Track Medium C3797 Arcluce	23,92	21	502,3
Maxi tube-recess downlight Unilamp	147,36	5	736,8
TOTAL			6481,6

*Preço da lâmpada LED já incluído

Para se proceder ao estudo da viabilidade económica de um projeto deve-se ter conhecimento dos indicadores financeiros mais importantes num estudo deste género e ter conhecimento de todo um conjunto de fatores que influenciam o investimento em causa e o possível retorno.

Assim, para o estudo da viabilidade económica para o projeto em questão, optou-se por calcular apenas os indicadores financeiros que se consideram serem os fundamentais e presentes em praticamente todos os estudos financeiros dos mais variados tipos. São eles o VAL (Valor Anual Líquido), o TIR (Taxa Interna de Rentabilidade) e o período de retorno de investimento. Para perceber melhor o que estes indicadores representam, ver anexo D.

Para o cálculo do VAL foi considerada uma taxa de atualização de 3%/ano.

Na tabela 5.30 podemos verificar os parâmetros financeiros mais importantes para este projeto.

Tabela 5.30– Parâmetros financeiros mais importantes do projeto

Custo de Investimento Total (€)	6481,6
Poupança Anual (€)	1472,73
Retorno de Investimento	5º ano
Taxa de Desconto Anual (%/ano)	3%
TIR (%)	18,6%
VAL (€)	6 081,09 €

O investimento na solução proposta tem um custo total inicial de 6481,6 €. De notar que neste valor só está incluído o custo dos equipamentos (lâmpadas + luminárias), não tendo sido aqui considerados os custos com equipamentos adicionais, mão-de-obra para substituição, entre outros.

O VAL é um valor bastante positivo o que demonstra que este é um projeto bastante viável e bastante interessante para quem pretende investir.

No gráfico da figura 5.67 são demonstrados os *cash flows* ao longo de 10 anos após a substituição para a solução proposta, considerando o ano 0.

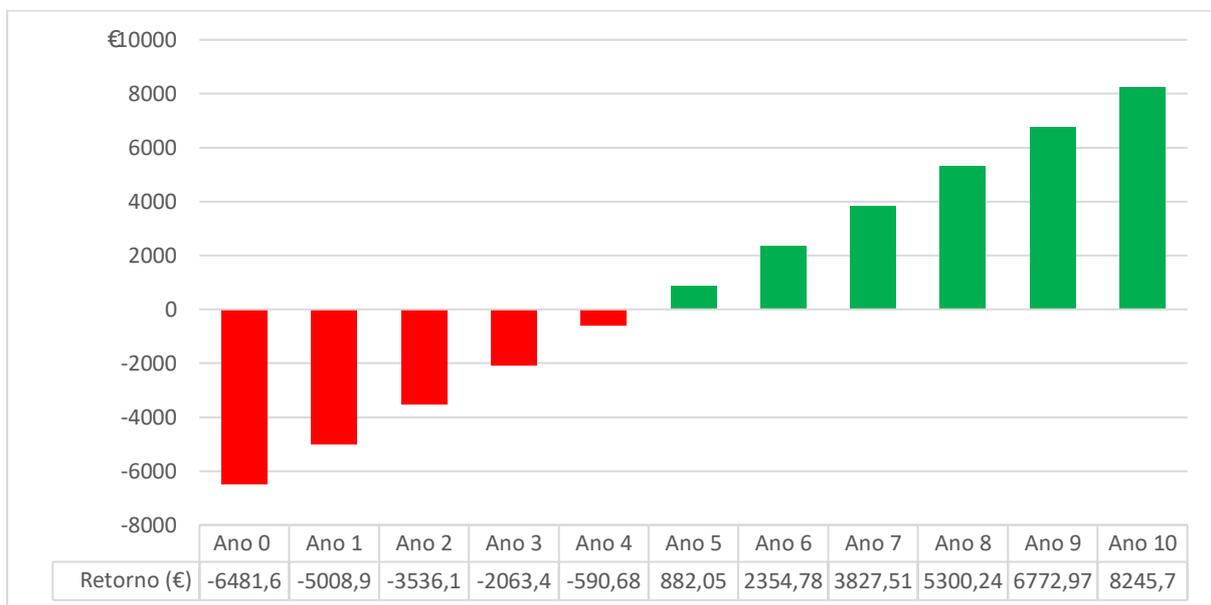


Figura 5.67 – Cash-flows acumulados (€)

5.3. Estudo de caso - Climatização

Nesta secção serão expostos os resultados da comparação entre dois sistemas de climatização, um sistema monosplit e um multi-split, para as duas salas de refeições do edifício.

Optou-se por fazer apenas o estudo da climatização para as salas de refeições por se tratarem dos compartimentos com maior necessidade de climatização, pois são os locais do edifício mais frequentados e que necessitam de um maior cuidado no conforto de quem os frequenta.

5.3.1. Determinação das Potências dos Equipamentos a Instalar

Para se poder determinar a potência mínima que os equipamentos devem ter para conseguirem suprir as necessidades de climatização dos espaços a que se destinam, devemos antes ter a informação de um conjunto de parâmetros importantes para efetuar os cálculos. É importante saber as temperaturas médias no período de aquecimento e arrefecimento do local onde se encontra o edifício, o número mínimo de renovações horárias que o espaço deve ter, a área dos compartimentos, o número de ocupantes máximo de cada compartimento, entre outros.

O edifício situa-se no distrito de Vila Real e, segundo dados do IPMA, nos meses de Verão, o valor médio de temperatura máxima ronda os 28°C, enquanto que nos meses de Inverno o valor médio das temperaturas mínimas ronda os 3°C. Considerando uma temperatura de conforto dentro do edifício, em todas as estações do ano, de 20°C, teremos assim o nosso equipamento, no Inverno, a ter de aquecer o ar cerca de 17°C e, no Verão, a arrefecê-lo cerca de 8°C.

Um parâmetro importante para determinar a potência dos equipamentos é saber qual a potência necessária por unidade de área a climatizar e este é um parâmetro que deverá ser determinado segundo um cálculo detalhado das cargas térmicas no compartimento, nomeadamente a envolvente exterior, os níveis de ocupação, utilização da área, densidade de equipamentos elétricos, entre outros. Uma vez que não é possível realizar esse estudo detalhadamente, considerou-se um valor teórico de 110 W/m², tendo em conta a função dos locais a climatizar e a área destes.

- **Sala de Refeições 1**

A sala de refeições 1 tem uma área de 17 m² e tem um número máximo de 14 ocupantes, segundo os dados representados na planta do edifício (Anexo A).

Assim, temos que a potência térmica necessária para climatizar este compartimento é dada pelo produto da potência necessária por unidade de área a climatizar e a área do compartimento mais o produto do n° de ocupantes pela carga térmica de cada um destes, considerada 80 W por pessoa:

$$P_{SR1} = P_U \times A_{SR1} + N_{Ocup.} \times 80 = 2\,990\,W_T = 2,99\,kW_T \quad (5.1)$$

- **Sala de Refeições 2**

A sala de refeições 2 tem uma área de 27,9 m² e tem um número máximo de 28 ocupantes, segundo os dados representados na planta do edifício.

Assim, temos que a potência térmica necessária para climatizar este compartimento é dada por:

$$P_{SR2} = P_U \times A_{SR2} + N_{Ocup.} \times 80 = 5\,309\, W_T = 5,31\, kW_T \quad (5.2)$$

5.3.2. Escolha dos Equipamentos – Sistema Monosplit

Agora que sabemos as potências mínimas que os equipamentos a instalar devem ter para climatizar estes espaços, vamos a um catálogo de ar condicionados, neste caso será o catálogo da LG de 2016, e selecionamos os equipamentos capazes de suprir as necessidades dos espaços indicados.

Para ambos os compartimentos, quer no sistema monosplit como no multi-split, a unidade interior escolhida foi do tipo de cassetes encastrado no teto, uma vez que para este tipo de compartimentos este tipo de equipamentos é mais efetivo, uma vez que fica situado no centro da sala e permite uma melhor difusão do ar pelo compartimento, sendo assim mais eficiente.

- **Sala de Refeições 1**

Para a sala de refeições 1, no sistema monosplit, foi escolhido o equipamento da LG modelo CT12 NR2, cujas principais características estão na tabela 5.31. Para informações mais detalhadas das características do equipamento ver o anexo C – figura C.1.

Tabela 5.31 – Características principais do equipamento de ar condicionado escolhido para a sala de refeições 1

Potência Nominal (kW)	Arrefecimento	3,4
	Aquecimento	4
Potência Elétrica (kW)		1,1 kW
COP		3,64
Etiqueta Energética (arrefecimento/Aquecimento)		A+/A
Consumo de Energia Anual (kWh)	Arrefecimento	213
	Aquecimento	1077
Taxa Média de Fluxo de Ar (m³/min)		8
Ruído (dB)		35

Os dados apresentados na tabela acima já estão a considerar a unidade exterior, uma vez que nos sistemas monosplit são apresentadas as características dos equipamentos já como um conjunto, uma vez que a instalação tem de ser feita na totalidade, isto é, a unidade interior em conjunto com a unidade exterior selecionada pelo fabricante.

- **Sala de Refeições 2**

Para a sala de refeições 2 foi escolhido o equipamento da LG modelo CT24 NP4, cujas principais características estão na tabela 5.32. Para informações mais detalhadas das características do equipamento ver o anexo C – figura C.1.

Tabela 5.32 – Características principais do equipamento de ar condicionado escolhido para a sala de refeições 2

Potência Nominal (kW)	Arrefecimento	6,8
	Aquecimento	8
Potência Elétrica (kW)		2,22
COP		3,62
Etiqueta Energética (arrefecimento/Aquecimento)		A++/A+
Consumo de Energia Anual (kWh)	Arrefecimento	350
	Aquecimento	2110
Taxa Média de Fluxo de Ar (m³/min)		15
Ruído (dB)		36

5.3.3. Escolha dos Equipamentos – Sistema Multi-Split

No sistema Multi-split temos de escolher as unidades interiores no catálogo e, depois de escolhidas as unidades interiores de acordo com os valores de potência exigidos para cada compartimento, temos de escolher uma unidade exterior com potência suficiente para alimentar as duas unidades interiores. Assim, ao contrário do sistema monosplit, em que a escolha no catálogo já incluía a unidade interior e a exterior em conjunto, aqui a escolha é feita em separado, uma vez que podemos ter várias unidades interiores ligadas à mesma unidade exterior.

Uma vez que o objetivo principal é comparar a eficiência e os consumos entre um sistema monosplit e um sistema multi-split para os mesmos espaços, as unidades interiores selecionadas para o sistema multi-split são as mesmas que as escolhidas para o sistema monosplit, ou seja, para a sala de refeições 1 temos então a unidade interior de cassetes da LG

CT12 NR2 e para a sala de refeições 2 a CT24 NP4, cujas características principais estão apresentadas nas tabelas apresentadas acima (tabelas 5.31 e 5.32).

Assim, para a escolha da unidade exterior temos de somar as potências das unidades interiores e, em função da potência total das unidades interiores escolher uma unidade exterior. Optei por fazer a soma das potências de aquecimento dos equipamentos, pois, no geral, o equipamento necessita de potências mais elevadas para aquecimento do que para arrefecimento, o que significa que se cumprir os requisitos de potência de aquecimento, também cumpre os requisitos de potência de arrefecimento.

$$P_{UE} = P_{UI1} + P_{UI2} = 12 \text{ kW} \quad (5.3)$$

Fomos então ao catálogo da LG e o equipamento selecionado foi o MU5 M40, cujas principais características estão na tabela 5.33. Para informações mais detalhadas das características do equipamento ver o anexo C – figura C.3.

Tabela 5.33 – Características principais da unidade exterior escolhida para o sistema multi-split

Potência Nominal (kW)	Arrefecimento	11,2
	Aquecimento	12,5
Potência Elétrica (kW)		2,8
COP		4,45
Etiqueta Energética (arrefecimento/Aquecimento)		A+/A
Consumo de Energia Anual (kWh)	Arrefecimento	643
	Aquecimento	4 236
Taxa Média de Fluxo de Ar (m³/min)		90
Ruído (dB)		55

5.3.4. Comparação dos Sistemas de Climatização

Nesta secção é feita a comparação entre os dois sistemas de climatização, o monosplit e o multi-split, e demonstra as vantagens e desvantagens de um em relação ao outro.

A comparação é feita ao nível da configuração de montagem no edifício, os consumos energéticos e os custos associados aos consumos e instalação de ambos os equipamentos.

5.3.4.1. Configuração de Montagem no Edifício

A principal diferença na montagem entre o sistema monosplit e o multi-split está no facto de o sistema monosplit ser uma instalação independente por cada equipamento, ou

seja, neste caso vamos ter duas unidades interiores, uma para a sala de refeições 1 e outra para a sala de refeições 2 e, como tal, vamos ter uma unidade exterior associada a cada unidade interior. Isto implica uma maior área necessária para a instalação dos equipamentos, bem como para o circuito de ligação entre as unidades exteriores e as respetivas unidades interiores. No sistema multi-split isso não acontece, uma vez que temos apenas uma unidade exterior ligada às duas unidades interiores, sendo o mesmo circuito de ligação a ambas as unidades interiores, ocupando assim uma área menor.

Nas figuras 5.68 e 5.69 podemos ver dois esquemas das montagens no sistema monosplit e multi-split, respetivamente.



Figura 5.68 – Montagem do sistema monosplit



Figura 5.69 – Montagem do sistema multi-split

5.3.4.2. Comparação de Consumos Energéticos

Para o cálculo dos consumos energéticos foi considerado o funcionamento dos sistemas de ar condicionado sempre em funcionamento na sua plena carga, apesar de poder haver períodos de tempo em que não seja necessário o funcionamento destes à potência máxima, havendo assim um consumo de energia mais reduzido. Para efeitos de comparação de consumos não tem qualquer tipo de problema, uma vez que se considera ambos os sistemas às mesmas condições.

Assim, consideraram-se dois períodos ao longo do ano para o cálculo dos consumos energéticos, um período de aquecimento, onde o equipamento tem necessidade de fazer o aquecimento do espaço interior, devido às baixas temperaturas exteriores, e um período de arrefecimento, onde o equipamento faz a refrigeração do espaço interior. Uma vez que em Portugal, e no distrito de Vila Real mais concretamente, o clima é temperado, considerou-se metade do ano como período de aquecimento e outra metade como período de arrefecimento. Podemos ver na tabela 5.34 os valores de consumo obtidos anualmente por ambos os sistemas de climatização.

Tabela 5.34 – Comparação de consumos energéticos anuais entre ambos os sistemas de climatização

	Monosplit	Multi-split
Tempo de utilização Diário (horas)	8	8
Potência no Período de aquecimento (kW)	3,32	2,80
Potência no Período de arrefecimento (kW)	3,06	2,70
Potência Total (kW)	6,38	5,50
Energia Consumida no período de aquecimento (kWh)	4847	4088
Energia Consumida no período de arrefecimento (kWh)	4468	3942
Energia Total Consumida Anualmente (kWh)	9315	8030

Podemos ver na tabela acima que o sistema monosplit, quer no período de aquecimento quer no de arrefecimento, tem uma potência maior instalada, o que se traduz num maior consumo de energia anual. Contudo a diferença de consumo anual não é muita, o que

pode não justificar o investimento no sistema multi-split, caso a diferença de custos dos equipamentos seja superior ao monosplit.

5.3.4.3. Comparação de Custos

Em relação aos custos do consumo de energia anual, considerando o preço médio da energia por parte do fornecedor 0,16 €/kWh, o sistema monosplit tem um custo anual de 1490 € e o sistema multi-split um custo anual de 1285 €. Portanto, no que diz respeito ao custo dos consumos, se instalássemos o sistema multi-split em vez do monosplit estaríamos a poupar cerca de 205 € anuais em consumos energéticos na climatização das duas salas de refeições.

Nas tabelas 5.35 e 5.36 podemos observar os custos dos equipamentos do sistema monosplit e multi-split, respetivamente. De referir que os preços apresentados dos equipamentos não têm IVA incluído.

Tabela 5.35 – Custo dos equipamentos do sistema monosplit

Uni. Int. CT12 NR2 + Uni.Ext.	1 835 €
Uni. Int. CT24 NP4 + Uni.Ext.	2 850 €
Total	4 685 €

Tabela 5.36 – Custo dos equipamentos do sistema multi-split

Uni.Int. CT12 NR2	890 €
Uni.Int. CT24 NP4	1 130 €
Uni.Ext. MU5 M40	3 200 €
Total	5 220 €

Analisando os dados das tabelas acima, podemos observar que o sistema multi-split é mais caro de instalar, o que significa que se optássemos por instalar o sistema monosplit, estaríamos a poupar no preço dos equipamentos cerca de 535 €.

Ao preço dos equipamentos falta incluir os custos para a instalação de ambos os sistemas, nomeadamente custos com mão-de-obra e equipamentos adicionais, como tubagens e outros materiais necessários à instalação de ambos os sistemas. Uma vez que não é possível fazer uma contabilização exata dos valores gastos em mão-de-obra e equipamentos adicionais, definiu-se um valor de 400 € para ambos os sistemas, embora se admita que o valor seja diferente para a instalação de cada sistema de climatização.

5.3.5. Estudo de Viabilidade Económica

Ao analisarmos os dados dos custos de consumos de energia anuais de ambos os sistemas e os custos dos equipamentos, tem-se duas opções:

1. **Instalação do sistema monosplit:** Tem um custo de consumo de energia anual superior ao sistema multi-split no valor de + 205 € anuais, mas, contudo, tem um custo de instalação inferior, menos 535 € que o sistema multi-split;
2. **Instalação do sistema multi-split:** Tem um custo de consumo de energia anual inferior ao sistema monosplit, o que representa uma poupança maior a longo prazo, mas, contudo, tem um custo de instalação superior.

Do ponto de vista do investimento económico, a instalação do sistema multi-split revela-se mais vantajosa para quem quer instalar um sistema para longo prazo, uma vez que, tendo em conta os valores apresentados, irá ter um retorno do valor inicialmente investido a mais (535 €) em três anos, tendo em conta a poupança anual na fatura de energia de 205 € anuais, o que pode ser considerado um prazo relativamente baixo e assim interessante para investir.

Se o interesse for investir num sistema de climatização para curto prazo, o valor de investimento inicial mais baixo do sistema monosplit deve ser levado em conta, uma vez que o retorno na fatura energética anual pode não representar uma mais valia para o período de tempo estimado pelo cliente para a utilização do sistema.

Posto isto, na tabela 5.37 temos um resumo dos custos de cada sistema para uma fácil comparação entre ambos.

Tabela 5.37 – Resumo de custos de ambos os sistemas de climatização

	Monosplit	Multi-split
Custo de Consumo de Energia Anual (€)	1490	1285
Custo de Equipamentos (€)	4685	5220
Custo de Instalação e Equipamentos Adicionais* (€)	400	400

*Valores Estimados

Capítulo VI – Conclusões e Perspetivas de Trabalhos Futuros

6.1. Conclusões

Os sistemas de iluminação têm como finalidade iluminar convenientemente os espaços, de forma a garantir a boa produtividade, a saúde e o bem-estar dos ocupantes.

Idealmente, devem fazê-lo consumindo o mínimo de energia elétrica possível. Da análise aos dados obtidos na simulação no *Dialux* de ambos os sistemas de iluminação, o mais tradicional e a solução proposta, concluiu-se o seguinte:

- Em termos de consumos energéticos, o sistema tradicional consome anualmente um total de aproximadamente 14000 kWh, enquanto que a solução proposta consome quase 3 vezes menos, apenas aproximadamente 4800 kWh, o que faz uma redução de 9200 kWh anuais, um valor extremamente elevado e que, sem falarmos em valores monetários, nos aponta logo para uma solução extremamente apelativa.

- Considerando o preço médio da energia de 0,16 €/kWh, os custos com o consumo no sistema tradicional são cerca de 2240 € anuais, o que faz uma fatura média mensal de perto de 187 € apenas com iluminação. Na solução proposta esse custo anual é reduzido para aproximadamente 770 €, o que reduz a fatura média mensal em iluminação para cerca de 65 €, uma redução bastante significativa.

- A nível de custos de investimento, a substituição do sistema tradicional para a solução proposta iria implicar um investimento inicial nos equipamentos perto de 6500 €, mas o retorno deste investimento seria feito em 5 anos, um prazo que considero viável para a execução do projeto.

Este projeto demonstra a diferença existente atualmente entre sistemas de iluminação a LED e as outras tecnologias existentes no mercado. Para um edifício deste género este tipo de iluminação pode ser muito rentável e garantir poupanças elevadíssimas no consumo de energia. Isto aliado a bons comportamentos na utilização da iluminação pode garantir muito dinheiro poupado no final de um ano.

No que diz respeito à climatização, podemos concluir que o sistema multi-split revelou ser energeticamente mais eficiente, com um consumo energético anual inferior ao monosplit, sendo que a nível económico, pode traduzir-se numa mais valia para quem queira investir num sistema de climatização a longo prazo. O sistema multi-split tem ainda a vantagem de ter uma instalação mais simples, uma vez que o circuito entre a unidade exterior e as várias unidades interiores é o mesmo.

O sistema monosplit tem a vantagem de ter um custo de instalação inferior, mas é energeticamente menos eficiente, consumindo mais energia anualmente. No entanto, é um sistema que tem a vantagem de a instalação de cada unidade ser independente, o que, em caso de avaria de uma unidade, não afeta o funcionamento das outras.

Do meu ponto de vista, para o caso das salas de refeições, penso que o sistema multi-split é mais vantajoso, uma vez que a poupança obtida através do menor consumo de energia anual representa um retorno do valor do investimento superior em três anos, tempo que considero aceitável para um investimento desta natureza. Acresce ainda o facto de serem apenas dois compartimentos e, cuja possível avaria, não iria representar um impedimento ao normal funcionamento do estabelecimento.

6.2. Perspetivas de Trabalhos Futuros

Todos os dias existem novas tecnologias a aparecer no mercado para as mais variadas áreas e os setores da iluminação e da climatização não são exceção. Assim, no futuro, um estudo com outro tipo de tecnologias que venham a surgir poderão revelar-se melhores soluções do que as apresentadas.

Poderá ser interessante procurar perceber de que modo a utilização dos diferentes sistemas de controlo para a iluminação existentes no mercado influenciariam os consumos energéticos e quais seriam os melhores sistemas de controlo a adotar neste edifício e em edifícios de serviços no geral.

Outra situação que poderá ser alvo de estudo será em que medida o comportamento dos utilizadores do edifício influencia a eficiência dos sistemas de iluminação e de climatização e a diferença de consumos energéticos mediante os hábitos de utilização desses mesmos sistemas.

Referências

- [1] International Energy Outlook 2016 - [http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf) - acessido no dia 20/02/2017
- [2] Relatório sobre a Situação da População Mundial 2011 - <https://www.un.org/files/PT-SWOP11-WEB.pdf> - acessido no dia 20/02/17
- [3] Consumo Mundial de Derivados de Petróleo, APETRO - <http://www.apetro.pt/documentos/consumo.pdf> - acessido no dia 14/02/17
- [4] Uso de Energia Per Capita - <https://www.google.pt/publicdata/directory> - acessido no dia 19/03/2017
- [5] Estratégia Nacional para a Energia - <http://www.observatorio.pt/download.php?id=684> - acessido no dia 25/03/17
- [6] Energia em Portugal 2015, DGEG - http://www.apren.pt/fotos/newsletter/conteudos/energia_em_portugal_2015_dgeg_1486118_585.pdf - acessido no dia 18/03/17
- [7] Impacto Macroeconómico do setor da eletricidade de origem Renovável em Portugal, APREN, 2014 - http://www.apren.pt/fotos/editor2/impacto_fer_versao_resumida.pdf - acessido no dia 08/05/2017
- [8] Energia Hídrica - <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/hidrica/> - acessido no dia 11/08/17
- [9] Hidroeletricidade em Portugal - Memória e desafio, REN, 2002 - <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/publicacoes/Paginas/PublicacoesGerais.aspx> - acessido no dia 11/08/17
- [10] Os Aproveitamentos Hidráulicos em Portugal: Que Perspetivas de Futuro?, LNEC, 2017 https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiznuiL0M_VAhXDNhoKHWZvChYQFggyMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.ordemengenheiros.pt%2Ffotos%2Feditor2%2Faprh.pdf&usg=AFQjCNHXCxbuZRTCJBdpUBwJwsTrRyZ13w - acessido no dia 11/08/17
- [11] Hidroerg, Projetos Energéticos - <http://pt.hidroerg.pt/energia-hiacutedrica.html> - acessido no dia 12/08/17

- [12] Parques eólicos em Portugal, e²p – energias endógenas de Portugal, 2016 - http://e2p.inegi.up.pt/relatorios/Portugal_Parques_Eolicos_2016.pdf - acessado no dia 12/08/17
- [13] Estatísticas rápidas – Renováveis 2016, DGEG, 2016 - <http://www.dgeg.gov.pt> – acessado no dia 12/08/2017
- [14] Tendências e Projeções na Europa 2016, Portal do estado do Ambiente - <https://rea.apambiente.pt/node/104> - acessado no dia 14/08/17
- [15] Solar Maps, SOLARGIS - <http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/free/download/europe> - acessado no dia 15/08/17
- [16] Gestão de Energia – Auditorias Energéticas. ADENE - <http://www.adene.pt/auditorias-energeticas> - acessado no dia 30/08/17
- [17] PNAEE - <http://www.pnaee.pt> - acessado no dia 01/09/17
- [18] Eco.AP - <http://ecoap.pnaee.pt> - acessado no dia 01/09/17
- [19] Certificação Energética de Edifícios, ADENE - <http://www.adene.pt/sce/textofaqs/certificacao-de-edificios> - acessado no dia 02/09/2017
- [20] Alves, Filipe L. P. L. (2008). Medidas de Eficiência Energética na Iluminação Integrando Luz Natural. Dissertação de mestrado integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [21] Manual Luminotécnico Prático, OSRAM - <http://qa.ff.up.pt/fa2016/pdf/fa-tp01.pdf> - acessado no dia 10/04/17
- [22] Iluminação Artificial – Manual V2, OSRAM - <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0274/ilumART.%20Manual%20Osram%20V2.pdf> - acessado no dia 29/03/17
- [23] Handbook of Lighting Design, Rüdiger Ganslandt e Harald Hofmann, ERCO Edition - <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Handbook%20of%20lighting%20design.pdf> - acessado no dia 03/09/2017
- [24] Light's Labour's Lost – Policies for Energy-efficient Lighting, International Energy Agency, 2006 - <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/light2006.pdf> - acessado no dia 06/09/2017
- [25] International Commission on Illumination (CIE) - http://www.cie.co.at/index.php?i_ca_id=641 – (acessado no dia 06/09/2017)

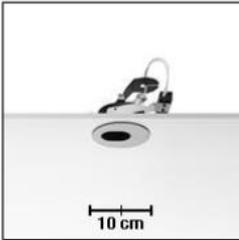
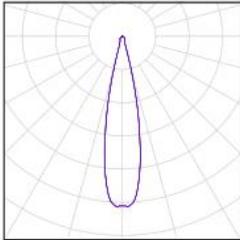
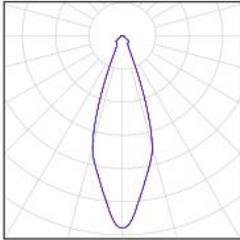
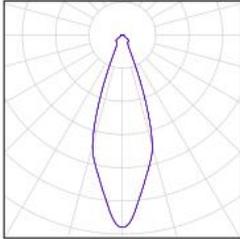
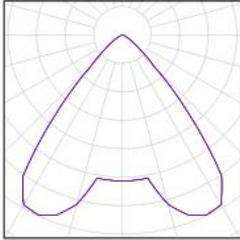
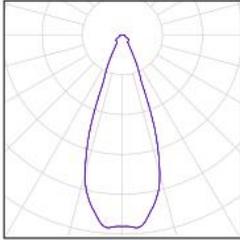
- [26] Ramalho, José C. M. (2016). Avaliação Energética de um Edifício de Serviços. Escola Superior Aveiro Norte. Projeto de mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro.
- [27] Sousa, Pedro Peixoto (2016). Otimização da Eficiência Energética em Edifícios Públicos. Dissertação de mestrado integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [28] Silvestre, Ana (2011). Desenvolvimento de um Método Simplificado para Cálculo de Ar Novo a partir de medições de Concentração de CO₂ em Edifícios de Serviços. Dissertação de mestrado integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- [29] Sistemas AVAC - <http://www.quente-e-frio.info/sistemas-avac-o-conforto-da-climatizacao/> - acedido no dia 14/08/2017
- [30] Ar condicionado doméstico, ADENE - <http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/10see-09-ar-condicionado.pdf> - acedido no dia 14/08/2017
- [31] Almeida, Miguel (2013). Eficiência Energética no Edifício Engenharias I da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Dissertação de mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- [32] Tabela de Renovações do Ar - <http://www.megaclima.pt/tabela-renovacao-ar.php> - acedido no dia 10/09/2017

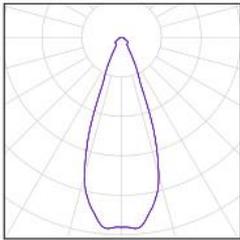
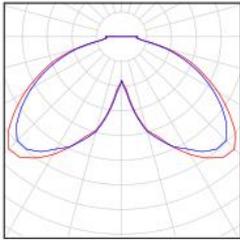
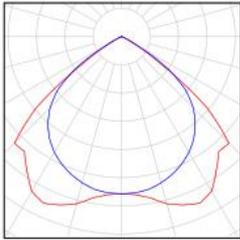
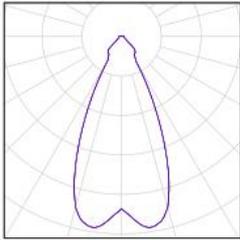
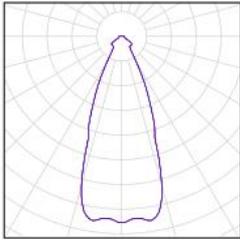
Anexo A



Figura A.1 – Planta do Edifício

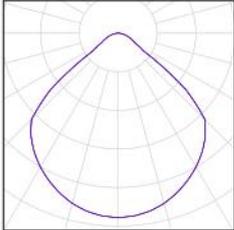
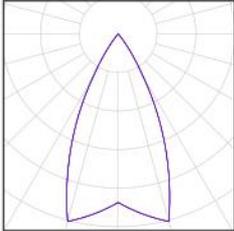
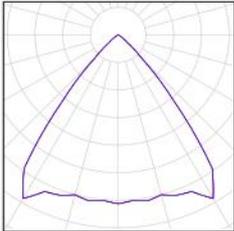
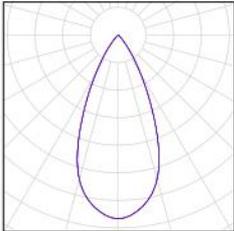
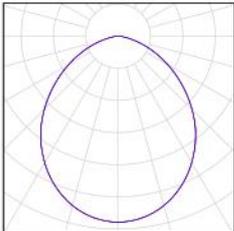
Anexo B

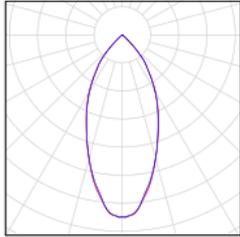
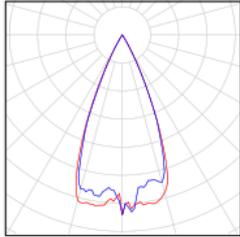
Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
5	<p>FLOS - 03.3508/QR-CBC/50W/10"/24"/38"/60° COMPASS Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xDECOSTAR ECO 50W 24° 12V Grau de actuação operacional: 100% Fluxo luminoso de lâmpada: 870 lm Fluxo luminoso da luminária: 870 lm Potência: 50.0 W Rendimento luminoso: 17.4 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xDECOSTAR ECO 50W 24° 12V: CCT 3000 K, CRI 99</p>		
4	<p>Fello Sylvania - 2030620 + 2017406 MYRIAD 50 DICHROIC + 50W / 38 Degree Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xDECOSTAR ECO 50W 36° 12V Grau de actuação operacional: 92.29% Fluxo luminoso de lâmpada: 870 lm Fluxo luminoso da luminária: 803 lm Potência: 50.0 W Rendimento luminoso: 16.1 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xDECOSTAR ECO 50W 36° 12V: CCT 3000 K, CRI 100</p>		
2	<p>Fello Sylvania - 9134763 Intro LV IP23 Fixed 38 degree Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xDECOSTAR ECO 50W 36° 12V Grau de actuação operacional: 92.29% Fluxo luminoso de lâmpada: 870 lm Fluxo luminoso da luminária: 803 lm Potência: 50.0 W Rendimento luminoso: 16.1 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xDECOSTAR ECO 50W 36° 12V: CCT 3000 K, CRI 99</p>		
30	<p>HOFFMEISTER - 05512800906 Corcovado, Size 2 QT12 50W 12V, silver Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xQT12 50W 12V Grau de actuação operacional: 54.86% Fluxo luminoso de lâmpada: 910 lm Fluxo luminoso da luminária: 499 lm Potência: 50.0 W Rendimento luminoso: 10.0 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xQT12 50W 12V: CCT 2856 K, CRI 100</p>		
1	<p>LEDS-C4 - 90-1689-21-37 EIS Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xQR-CB 50W 36D Grau de actuação operacional: 100% Fluxo luminoso de lâmpada: 1088 lm Fluxo luminoso da luminária: 1088 lm Potência: 50.0 W Rendimento luminoso: 21.8 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xQR-CB 50W 36D: CCT 3100 K, CRI 99</p>		

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
1	<p>LEDS-C4 - 90-1689-21-37 EIS Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xDECOSTAR ECO 50W 36° 12V Grau de actuação operacional: 100% Fluxo luminoso de lâmpada: 870 lm Fluxo luminoso da luminária: 870 lm Potência: 50.0 W Rendimento luminoso: 17.4 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xDECOSTAR ECO 50W 36° 12V: CCT 3000 K, CRI 99</p>		
32	<p>Lledó Iluminación - 1790103201013 OD-1790+OD-1063 1TC-TEL 42 Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xDULUX T/E 42W/840 PLUS Grau de actuação operacional: 45.94% Fluxo luminoso de lâmpada: 3270 lm Fluxo luminoso da luminária: 1502 lm Potência: 47.0 W Rendimento luminoso: 32.0 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xDULUX T/E 42W/840 PLUS: CCT 4000 K, CRI 78</p>		
5	<p>Lledó Iluminación - 8421203601101 OD-8421 2TL 36 IP65 Emissão luminosa 1 Equipagem: 2xTL/840 Grau de actuação operacional: 56.84% Fluxo luminoso de lâmpada: 6700 lm Fluxo luminoso da luminária: 3808 lm Potência: 96.0 W Rendimento luminoso: 39.7 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 2xTL/840: CCT 4000 K, CRI 85</p>		
3	<p>National Lighting - 225/50W.HAL National Lighting Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xDECOSTAR 51 50 W 12 V 36° GU5.3 Grau de actuação operacional: 89.57% Fluxo luminoso de lâmpada: 680 lm Fluxo luminoso da luminária: 609 lm Potência: 50.0 W Rendimento luminoso: 12.2 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xDECOSTAR 51 50 W 12 V 36° GU5.3: CCT 2756 K, CRI 99</p>		
6	<p>psmlighting - ARCA35/.. ARCA 35 Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xDECOSTAR ECO 35W 38° 12V Grau de actuação operacional: 100% Fluxo luminoso de lâmpada: 620 lm Fluxo luminoso da luminária: 620 lm Potência: 35.0 W Rendimento luminoso: 17.7 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xDECOSTAR ECO 35W 38° 12V: CCT 3000 K, CRI 99</p>		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 182728 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 98747 lm, Potência total: 4494.0 W, Rendimento luminoso: 22.0 lm/W

Figura B.1 – Lista de Luminárias do Sistema Tradicional

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
28	<p>ARCLUCE - C3771 ARA LED - Wide - 4000K - 18W Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xC3771_LED Grau de actuação operacional: 99.83% Fluxo luminoso de lâmpada: 1350 lm Fluxo luminoso da luminária: 1348 lm Potência: 18.0 W Rendimento luminoso: 74.9 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xC3771_LED: CCT 3991 K, CRI 80</p>		
21	<p>ARCLUCE - C3797 JUNO LED - Track - Medium - 4000K - 9W Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xC3797_LED Grau de actuação operacional: 95.43% Fluxo luminoso de lâmpada: 722 lm Fluxo luminoso da luminária: 689 lm Potência: 9.0 W Rendimento luminoso: 76.6 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xC3797_LED: CCT 4000 K, CRI 80</p>		
2	<p>ARCLUCE - E5716BR TANTUM 210 - Wide without screen - for BREAD - 44W Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xE5716BR_LED Grau de actuação operacional: 99.73% Fluxo luminoso de lâmpada: 1760 lm Fluxo luminoso da luminária: 1755 lm Potência: 46.0 W Rendimento luminoso: 38.2 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xE5716BR_LED: CCT 2700 K, CRI 80</p>		
7	<p>Fagerhults Belysning AB - 77496 Pleiad SLD G3 Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED 77496 Grau de actuação operacional: 99.89% Fluxo luminoso de lâmpada: 1562 lm Fluxo luminoso da luminária: 1560 lm Potência: 20.0 W Rendimento luminoso: 78.0 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xLED 77496: CCT 4000 K, CRI 80</p>		
7	<p>Performance in Lighting - 822720564002 DL 220 superbasic Einbau-Downlight LED 11W mit Konverter / DALI / mit Notlicht 3h Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED Fotometria absoluta Fluxo luminoso da luminária: 1334 lm Potência: 14.0 W Rendimento luminoso: 95.3 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xLED: CCT 4000 K, CRI 80</p>		

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
6	<p>RIO - LDL320 CLM-9 Gen 3 9.5W 3000K CRI90 40D Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xCLM-9 30-90 9.5W 260mA Fotometria absoluta Fluxo luminoso da luminária: 932 lm Potência: 9.5 W Rendimento luminoso: 98.1 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xCLM-9 30-90 9.5W 260mA: CCT 2952 K, CRI 90</p>		
5	<p>Unilamp Co., Ltd. - 7302-7-3-905-XX Maxi Tube-Recess Down Light/Clear Glass Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED 38W 4000K Grau de actuação operacional: 75.69% Fluxo luminoso de lâmpada: 3470 lm Fluxo luminoso da luminária: 2627 lm Potência: 41.0 W Rendimento luminoso: 64.1 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xLED 38W 4000K: CCT 4250 K, CRI 80</p>		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 99696 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 94708 lm, Potência total: 1285.0 W, Rendimento luminoso: 73.7 lm/W

Figura B.2 – Lista de Luminárias da Solução Proposta

Anexo C

Standard Inverter

CEILING MOUNTED CASSETTE

CT09 / CT12 / **NEW** CT18 / **NEW** CT24 / **NEW** UT30

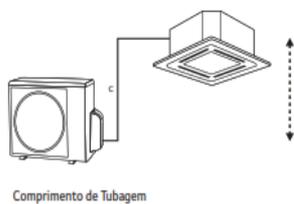


INDOOR				CT09 NR2	CT12 NR2	CT18 NQ4	CT24 NP4	UT30 NP4
Capacity	Cooling	Min / Nom / Max	kW	10/25/28	14/34/37	20/50/55	28/68/78	32/80/88
	Heating	Min / Nom / Max	kW	12/30/33	16/40/44	22/58/68	32/80/88	36/90/99
Low Temperature Capacity	Heating -7°C	Max	kW	2.7	3.6	4.9	7.2	8.1
		Nom	kW	0.75	1.06	1.56	2.00	2.49
Power Input (Set)	Cooling	Nom	kW	0.81	1.10	1.66	2.22	2.72
	Heating	Nom	kW	2.0	2.0	4.0	6.0	8.0
Power Input (Indoor)		Nom	W	33/35	461/478	71/75	89/97	108/118
Running Current	Cooling / Heating	Nom	A	1/220-240/50	1/220-240/50	1/220-240/50	1/220-240/50	1/220-240/50
Power Supply			Ø / V / Hz					
EER				3.33	3.21	3.22	3.70	3.21
COP				3.70	3.64	3.62	3.62	3.31
SEER				5.11	5.61	6.10	6.80	6.30
SCOP				3.81	3.91	4.25	4.20	4.00
Pdesign (@ -10°C)			kW	2.8	3.0	4.1	6.3	6.8
Seasonal Energy Label	Cooling / Heating		A / A	A+ / A	A++ / A+	A++ / A+	A++ / A+	A++ / A+
Annual Energy Consumption	Cooling / Heating		kWh	172/1,032	213/1,077	287/1,351	350/2,110	444/2,380
Piping Connection	Liquid		mm (inch)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)	Ø9.52 (3/8)	Ø9.52 (3/8)
	Gas		mm (inch)	Ø9.52 (3/8)	Ø9.52 (3/8)	Ø12.7 (1/2)	Ø15.88 (5/8)	Ø15.88 (5/8)
	Drain	O.D. / I.D.	mm	Ø32.0 / 25.0				
Air Flow Rate	High / Medium / Low		m³/min	8.5/7.0/6.0	9.5/8.0/7.0	13.0/12.0/11.0	17.0/15.0/13.0	19.0/17.0/15.0
Sound Pressure	Cooling	High / Medium / Low	dBA	36/33/30	38/35/32	41/39/36	38/36/34	40/37/35
Sound Power	Cooling	Max	dBA	48	51	57	57	58
Dehumidification Rate			l/h	1.4	1.7	2.1	2.4	2.5
Dimensions	Body	W x H x D	mm	570 x 214 x 570	570 x 214 x 570	570 x 256 x 570	840 x 204 x 840	840 x 204 x 840
Net Weight	Body		kg	14.0	14.0	15.3	20.5	20.5
	Model			PT-UQC	PT-UQC	PT-UQC	PT-UQC	PT-UQC
Decoration Panel	Color			Morning Fog (RAL 120-4)				
	Dimensions	W x H x D	mm	700 x 22 x 700	700 x 22 x 700	700 x 22 x 700	950 x 25 x 950	950 x 25 x 950
	Weight		kg	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0

OUTDOOR				UU09W ULD	UU12W ULD	UU18W UE4	UU24W U44	UU30W U44
Compressor	Type			Rotary	Rotary	Twin Rotary	Twin Rotary	Twin Rotary
Airflow Rate	Nom		m³/min	32	32	50	58	58
Sound Pressure	Cooling	Nom	dBA	47	47	47	48	48
	Heating	Nom	dBA	48	48	52	52	52
Sound Power	Cooling	Max	dBA	56	57	63	67	68
	Heating	Max	dBA	56	57	63	67	68
Dimensions	W x H x D		mm	770 x 540 x 245	770 x 540 x 245	870 x 655 x 320	950 x 834 x 330	950 x 834 x 330
Net Weight			kg	32.0	32.0	44.6	56.1	58.0
	Type			R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Refrigerant	Charge		g	1,000	1,000	1,300	2,000	2,000
	Additional Charge (after 7.5m)		g/m	20	20	20	40	40
Operation Range (Outdoor)	Cooling	Min - Max	°C DB	-10 - 43	-10 - 43	-15 - 48	-15 - 48	-15 - 48
	Heating	Min - Max	°C WB	-18 - 18	-18 - 18	-18 - 18	-18 - 18	-18 - 18
Power Supply			Ø / V / Hz	1/220-240/50	1/220-240/50	1/220-240/50	1/220-240/50	1/220-240/50
Power Supply Cable			No. x mm²	3C x 2.5				
Transmission Cable			No. x mm²	4C x 0.75				
Circuit Breaker			A	15	15	20	25	25
Piping Length Total		Min - Max	m	5-15	5-15	5-30	5-50	5-50
Piping Elevation Difference	IDU - ODU		m	10	10	30	30	30
	Max		m	10	10	30	30	30
Piping Connection	Liquid		mm (inch)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)	Ø9.52 (3/8)	Ø9.52 (3/8)
	Gas		mm (inch)	Ø9.52 (3/8)	Ø9.52 (3/8)	Ø12.7 (1/2)	Ø15.88 (5/8)	Ø15.88 (5/8)

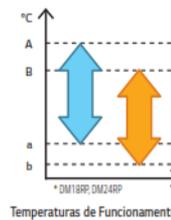
Note: 1. Due to our policy of innovation some specifications may be changed without notification.
 2. Definition of Power Input: Nominal conditions - Performance tested under EN14511
 3. Capacities are based on the following conditions:
 Cooling - Indoor Temperature 27°C DB / 19°C WB - Outdoor Temperature 35°C DB / 24°C WB Heating - Indoor Temperature 20°C DB / 15°C WB - Outdoor Temperature 7°C DB / 6°C WB
 4. Annual energy consumption: based on average use of 350 running hours in cooling and 1400 hours in heating per year at seasonal condition

Figura C.1 – Especificações técnicas das Unidades Interiores



Modelo	(C) Comprimento [m]	(D) Desnivel [m]	Carga Adicional (*) [g/m]	Temperaturas de Funcionamento	
				Arefecimento [°C BS] a-A	Aquecimento [°C BS] b-B
CT09 + UU09W	15	10	20	-10-43	-18-18
CT12 + UU12W	15	10	20	-10-43	-18-18
CT18 + UU18W	30	30	20	-15-48	-18-18
CT24 + UU24W	50	30	40	-15-48	-18-18
CT30 + UU30W	50	30	40	-15-48	-18-18
UT36 + UU36W	50	30	40	-15-48	-18-18
UT36 + UU37W	50	30	40	-15-48	-18-18
UT42 + UU42W	75	30	40	-15-48	-18-18
UT42 + UU43W	75	30	40	-15-48	-18-18
UT48 + UU48W	75	30	40	-15-48	-18-18
UT48 + UU49W	75	30	40	-15-48	-18-18
UT60 + UU60W	75	30	40	-15-48	-18-18
UT60 + UU61W	75	30	40	-15-48	-18-18

(*) - Carga de fluido refrigerante além dos 7,5m | BS - Bolbo Seco | BH Bolbo Húmido



Modelo	Unidade	Modelo Sufixo	Design	Capacidade de Arref. [kW/Btu]	Dimensões LxAxP [mm]	Nível de Ruído Mínimo dB[A]	Diâmetro de Tubagem (Liq/Gás) [pol./mm]	Classificação Energética SEER/SCOP	Preço Unid. s/IVA	Preço Total s/IVA
CT09.NR2 + UU09WULD	Interior	CT09.NR2 (BC) (2)		2,5 / 3,0	570x214x570	30	1/4; 3/8 [6,35; 9,52]	5,11/3,81	600 €	1.545 €
	Panel	PT-UQC ENCKLEU							125 €	
	Exterior	UU09WULD							820 €	
CT12.NR2 + UU12WULD	Interior	CT12.NR2 (BC) (2)		3,4 / 4,0	570x214x570	32	1/4; 3/8 [6,35; 9,52]	5,61/3,91	765 €	1.835 €
	Panel	PT-UQC ENCKLEU							125 €	
	Exterior	UU12WULD							945 €	
CT18.NQ4 + UU18WUJ4	Interior	CT18.NQ4 (BC) (2)		5,0 / 5,8	700x30x700	36	1/4; 1/2 [6,35; 12,7]	6,10/4,25	875 €	2.245 €
	Panel	PT-UQC ENCKLEU							125 €	
	Exterior	UU18WUJ4							1.245 €	
CT24.NP4 + UU24WU44	Interior	CT24.NP4 (BC) (3)		6,8 / 8,0	840x204x840	34	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	6,8/4,2	980 €	2.850 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU24WU44							1.720 €	
UT30.NP4 + UU30WU44	Interior	UT30.NP4 (BC) (3)		8,0 / 9,0	840x204x840	35	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	6,3/4,0	1.050 €	3.300 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU30WU44							2.100 €	
UT36.NN2 + UU36WUJ02	Interior	UT36.NN2 (BC) (3)		10,0 / 11,0	840x246x840	37	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	5,41/3,81	1.325 €	3.825 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU36WUJ02							2.350 €	
UT36.NN2 + UU37WUJ02	Interior	UT36.NN2 (BC) (3)		10,0 / 11,0	840x246x840	37	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	5,41/3,81	1.325 €	3.975 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU37WUJ02							2.500 €	
UT42.NM2 + UU42WU32	Interior	UT42.NM2 (BC) (3)		12,5 / 14,0	840x288x840	43	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	3,21/3,61 *	1.450 €	4.100 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU42WU32							2.500 €	
UT42.NM2 + UU43WU32	Interior	UT42.NM2 (BC) (3)		12,5 / 14,0	840x288x840	43	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	3,21/3,61 *	1.450 €	4.250 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU43WU32							2.650 €	
UT48.NM2 + UU48WU32	Interior	UT48.NM2 (BC) (3)		13,9 / 15,4	840x288x840	45	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	3,01/3,41 *	1.650 €	4.600 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU48WU32							2.800 €	
UT48.NM2 + UU49WU32	Interior	UT48.NM2 (BC) (3)		13,9 / 15,3	840x288x840	45	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	3,01/3,41 *	1.650 €	4.800 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU49WU32							3.000 €	
UT60.NM2 + UU60WU32	Interior	UT60.NM2 (BC) (3)		14,6 / 16,9	840x288x840	45	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	2,7/3,07 *	1.850 €	5.500 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU60WU32							3.500 €	
UT60.NM2 + UU61WU32	Interior	UT60.NM2 (BC) (3)		14,6 / 16,9	840x288x840	45	3/8; 5/8 [9,52; 15,88]	2,7/3,07 *	1.850 €	6.100 €
	Panel	PT-UMC1 ENCKLEU							150 €	
	Exterior	UU61WU32							4.100 €	

* Valores > 12,5 considerar EER/COP

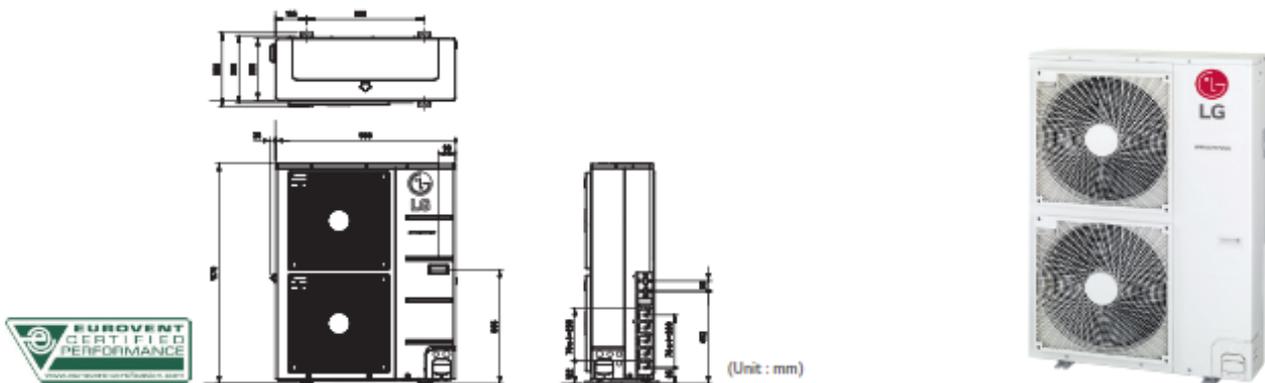
Panel não incluído: (2) Panel: PT-UQC (700x30x700 mm) (3) Panel: PT-UMC1 (950x25x950 mm)

BC - Bomba de Condensados incluída; Comando por Cabo incluído

Figura C.2 – Preços das Unidades para o sistema monospplit

OUTDOOR UNITS

MU5M40



OUTDOOR				MU5M40 UO2
Compressor	Type			Twin Rotary
Capacity*	Cooling	Min / Nom / Max	kW	0.9 / 11.2 / 13.5
	Heating	Min / Nom / Max	kW	1.0 / 12.5 / 15.0
Low Temperature Capacity	Heating -7°C	Max	kW	11.0
Power Input*	Cooling	Min / Nom / Max	kW	0.8 / 2.7 / 4.2
	Heating	Min / Nom / Max	kW	0.8 / 2.8 / 4.5
Running Current	Cooling	Min / Nom / Max	A	3.5 / 12.1 / 18.4
	Heating	Min / Nom / Max	A	3.6 / 12.5 / 19.7
EER				4.10
COP				4.45
SEER				5.80
SCOP				3.81
Pdesign (@ -10°C)				11.8
Seasonal Energy Label	Cooling / Heating			A+ / A
Annual Energy Consumption	Cooling / Heating			643 / 4,236
Airflow Rate		Nom	m ³ /min	90
Sound Pressure	Cooling	Nom	dBA	53
	Heating	Nom	dBA	55
Sound Power	Cooling	Max	dBA	67
Dimensions	W x H x D			950 x 1,170 x 330
Net Weight				84.0
Refrigerant	Type			R410A
	Charge			3,800
	Additional Charge			20
Operation Range (Outdoor)	Cooling	Min - Max	°C DB	-10 - 48
	Heating	Min - Max	°C WB	-18 - 18
Power Supply				1 / 220-240 / 50
Power Supply Cable				3C x 3.5
Transmission Cable				4C x 0.75
Circuit Breaker				30
Piping Length Total				85
Piping Length per Branch			Max	25
	IDU - ODU	Max	m	15
Piping Elevation Difference	IDU - IDU	Max	m	7.5
				7.5
Piping Connection	Liquid			Ø6.35 (1/4) x 5
	Gas			Ø9.52 (3/8) x 5

Note : 1. Capacities are based on the following conditions:

Cooling: - Indoor Temperature 27°C (80.6°F) DB / 19°C (66.2°F) WB - Outdoor Temperature 35°C (95°F) DB / 24°C (75.2°F) WB

Heating: - Indoor Temperature 20°C (68°F) DB / 15°C (59°F) WB - Outdoor Temperature 7°C (44.6°F) DB / 6°C (42.8°F) WB

Piping Length - Interconnecting Piping Length 7.5m - Level Difference of Zero.

2. * - See page "Combination Table".

3. Due to our policy of innovation some specifications may be changed without notification.

4. At least two indoor units should be connected.

5. Minimum combination capacity rate should be more than 40%.

6. This product contains fluorinated greenhouse gases (R410A)

Figura C.3 – Especificações técnicas da unidade exterior para o sistema multi-split

	Modelo	Design	Capacidade de Arref. [kW/Btu]	Dimensões LuAp [mm]	Nível de Ruído Mínimo dB(A)	Diâmetro de Tubagem (Liq./Gás) [pol.] - [mm]	Preço Unid. s/IVA	Preço Total s/IVA
STANDARD PLUS	PM05SPNSJ		1,5	837x302x189	27	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		305 €
	PM07SPNSJ		2,1	837x302x189	27	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		310 €
	PM09SPNSJ		2,5	837x302x189	27	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		315 €
	PM12SPNSJ		3,5	837x302x189	27	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		350 €
	PM15SPNSJ		4,2	837x302x189	29	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		420 €
	PM18SPNSK		5,0	998x345x210	31	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		465 €
	PM24SPNSK		6,6	998x345x210	31	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		625 €
DELUXE	DM07RPNSJ		2,1	837x302x189	26	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		370 €
	DM09RPNSJ		2,5	837x302x189	27	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		375 €
	DM12RPNSJ		3,5	837x302x189	29	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		400 €
	DM18RPNSK		5,0	998x330x210	34	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		595 €
	DM24RPNSK		6,6	998x330x210	36	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		700 €
GALLERY	MA09AH1.NF1		2,6	600x600x145	27	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		575 €
	MA12AH1.NF1		3,5	600x600x145	32	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		700 €
ART COOL	AM07BPNSJ		2,1	837x308x192	19	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		535 €
	AM09BPNSJ		2,5	837x308x192	19	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		550 €
	AM12BPNSJ		3,5	837x308x192	19	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		600 €
	AM18BPNSK		5,0	998x345x212	35	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		690 €
CHÃO TECTO	CV09/NE2		2,6	900x490x200	32	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		660 €
	CV12/NE2		3,5	900x490x200	31	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		725 €
TECTO	CV18/NU2		5,3	950x650x220	39	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		750 €
	CV24/NU2		7,0	950x650x220	41	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		850 €
CONSOLA	CQ09.NAO		2,6	700x600x210	27	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		650 €
	CQ12.NAO		3,5	700x600x210	27	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		750 €
	CQ18.NAO		5,3	700x600x210	35	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		850 €
CST MUA	MT09AH.NU1 (BC) (1)		2,6	860x132x450 (1)	32	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]	625 €	750 €
	PT-UUC1.ENCXLEU			1100x34x500			125 €	
	MT11AH.NU1 (BC) (1)		3,5	860x132x450 (1)	33	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]	725 €	850 €
	PT-UUC1.ENCXLEU			1100x34x500			125 €	
CST 4 VAS	CT09.NR2 (BC) (2)		2,6	570x214x570 (2)	30	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]	600 €	725 €
	PT-UQC.ENCXLEU			(700x22x700) 700x30x700			125 €	
	CT12.NR2 (BC) (2)		3,5	570x214x570 (2)	32	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]	765 €	890 €
	PT-UQC.ENCXLEU			(700x22x700) 700x30x700			125 €	
	CT18.NQ4 (BC) (2)		5,3	570x256x570 (2)	36	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]	875 €	1.000 €
	PT-UQC.ENCXLEU			(700x22x700) 700x30x700			125 €	
CT24.NP4 (BC) (3)	6,7	840x204x840 (3)	34	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]	980 €	1.130 €		
PT-UMC1.ENCXLEU		950x25x950			150 €			
CONDUTAS BAIXA	CB09LN12 (BC)		2,6	700x190x700	23	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		550 €
	CB12LN22 (BC)		3,5	900x190x700	27	[1/4, 3/8] - [6,35, 9,52]		650 €
	CB18LN22 (BC)		5,3	900x190x700	31	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		800 €
	CB24LN32 (BC)		7,0	1100x190x700	32	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		890 €
CONDUTAS ALTA	CM18.N14		5,3	900x270x700	30	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		850 €
	CM24.N14		7,0	900x270x700	32	[1/4, 1/2] - [6,35, 12,7]		950 €

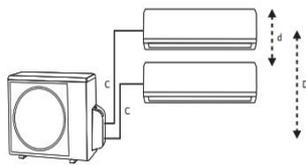
Painel não incluído: (1) PT-UUC1 (1100x34x500 mm) (2) Painel PT-UQC (700x30x700 mm) (3) Painel PT-UMC1 (950x25x950 mm)

BC - Bomba de Condensados incluída

Comando por cabo incluído nas unidades interiores multi tipo Cassete e conduta

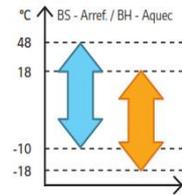
Comando por infra vermelhos incluído nas unidades interiores multi tipo murais, chão/tecto, tecto à vista e consola.

Figura C.4 – Preços das unidades interiores para o sistema multi-split



(m)	MU2M15/MU2M17	MU3M19/MU3M21	MU4M25	MU5M30	MU5M40
Comprimento Total (a)	30	50	70	75	85
Comprimento máx. por tubagem (C)	20	25	25	25	25
Desnível máx.	Interior - Exterior (D)	15	15	15	15
	Interior - Interior (d)	7,5	7,5	7,5	7,5

Cálculo carga adicional: APP LG AE Service



Comprimento de Tubagem

Temperaturas de Funcionamento

Modelo	Design	Capacidade de Arref. [kW] / [Btu]	Capacidade de Combinacao (Min-Max)[Btu]	Nº Maximo Unidades Interiores	Dimensões LxAxP [mm]	Nivel de Ruído Mínimo (Nominal) dB[A]	Diâmetro de Tubagem (Liq.Gás) [pol.] - [mm]	Classificacao Energética SEER/SCOP	Preço Total s/IVA
MU2M15.U4		4,1/ 14.000	7000-21000	2	770x545x288	48	[1/4; 3/8] - [6,35; 9,52]x2	7,6/ 4,2 [A++/ A+]	985 €
MU2M17.U4		4,7/ 16.000	7000-24000	2	770x545x288	48	[1/4; 3/8] - [6,35; 9,52]x2	7,5/ 4,1 [A++/ A+]	1.095 €
MU3M19.U4		5,3/ 18.000	7000-30000	3	870x655x320	49	[1/4; 3/8] - [6,35; 9,52]x3	7,6/4,21 [A++/ A+]	1.260 €
MU3M21.U4		6,2/ 21.000	9000-33000	3	870x655x320	50	[1/4; 3/8] - [6,35; 9,52]x3	7,3/4,21 [A++/ A+]	1.575 €
MU4M25.U4		7,0/ 24.000	12000-39000	4	950x834x330	49	[1/4; 3/8] - [6,35; 9,52]x4	7,3/4,0 [A++/ A+]	1.995 €
MU5M30.U4		8,8/ 30.000	12000-48000	5	950x834x330	50	[1/4; 3/8] - [6,35; 9,52]x5	7,0/4,0 [A++/ A+]	2.445 €
MU5M40.U02		11,2/ 40.000	16000-52000	5	950x1170x330	53	[1/4; 3/8] - [6,35; 9,52]x5	5,8/3,81 [A+/ A]	3.200 €

Figura C.5 – Preço da unidade exterior para o sistema multi-split

Anexo D

- **VAL (Valor Atual Líquido)**

O somatório dos *cash flows* esperados em cada um dos períodos de realização do projeto, devidamente atualizados para o momento inicial dá a medida do mérito estimado para esse projeto que habitualmente se designa por VAL. Este é um indicador muito utilizado em estudos de análise de viabilidade económico-financeira, que pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$VAL = -I + \sum_t \frac{CF_t}{(1+j)^t}$$

Onde,

I – Investimento no período t

CF_t – *Cash flows* no período t

j – Taxa de atualização

t – Número de períodos

O VAL quantifica o mérito do projeto, e em consequência fornece uma orientação quanto à decisão de aceitar ou rejeitar, designadamente:

- VAL >0: Estamos perante um projeto economicamente viável, uma vez que, o valor superior a zero permite cobrir o investimento inicial, bem como a remuneração mínima exigida pelo investidor, e ainda gerar um excedente financeiro. Assim sendo, será de aceitar a realização do projeto;
- VAL =0: O projeto remunera o investimento sem exceder. Será indiferente realizar ou não o projeto;
- VAL <0: Estamos perante um projeto economicamente inviável, uma vez que, o projeto não oferece fundos suficientes para pagar o investimento, e, portanto, seria de rejeitar.

Podemos concluir que quanto maior for o VAL, maior será a contribuição do projeto para o valor da empresa, já que um VAL positivo significa que as receitas geradas são superiores aos custos.

- **TIR (Taxa Interna de Rentabilidade)**

Associada ao cálculo do VAL, encontra-se a TIR. Esta é a taxa de atualização que torna nulo o VAL de um projeto.

$$VAL = -I + \sum_t \frac{CF_t}{(1+j)^t} = 0$$

Um projeto convencional (isto é, cujos cash-flows são inicialmente negativos e depois positivos) é tão mais interessante quanto maior for a sua TIR. Em particular, um tal projeto será economicamente viável se e só se a sua TIR for superior ou igual ao seu custo do capital.

Para compreender a lógica subjacente ao critério da TIR, deve ter-se em conta que, num projeto convencional, o VAL como função de atualização é decrescente e convexo, tendendo para o valor negativo do investimento quando a TIR tende para infinito. O gráfico seguinte sintetiza esta ideia.

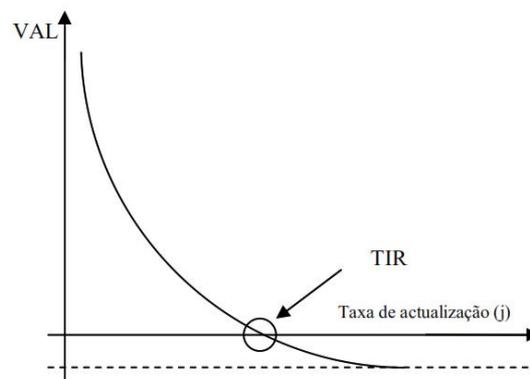


Figura D.1 – Relação entre o VAL e a TIR

Desta forma, o VAL é positivo apenas se a taxa de atualização for inferior à TIR. Em suma, a TIR permite apreciar os projetos de forma imediata, selecionando aqueles em que este indicador está acima do valor estabelecido para taxa de atualização e eliminando os que se situam abaixo desse nível.

- **Payback (Período de Retorno)**

Ainda na base dos *cash flows* é possível calcular um outro indicador: o período de recuperação do investimento, também conhecido por Payback. Este é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro acumulado se iguala ao valor desse investimento. Com base neste raciocínio é possível ordenar vários projetos, assumindo como medida do risco associado a cada um deles a rapidez com que se recupera o investimento. Porém, este critério não é isento de algumas críticas demolidoras:

- a) Não considera os *cash flows* que ocorrem após o período de recuperação;
- b) Não considera os valores de investimento, atendendo exclusivamente na velocidade da recuperação.

De acordo com este modelo de avaliação, serão inaceitáveis projetos com período de recuperação de capital superior ao tempo de vida útil do projeto.

