



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Engenharia

Medidas de redução de consumos energéticos em edifícios de serviços

Estudo de casos

João André Andrade Amado

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Eletromecânica

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Luís Carlos Carvalho Pires

Co-orientador: Prof. Doutor Pedro Nuno Dinho Pinto da Silva

Covilhã, setembro de 2015

Dedicatória

Aos meus pais, irmão, cunhada, namorada e amigos,
pessoas que despertam o que de melhor há em mim.

“Scientia et Labore Altiora Petimus”

Lema da Universidade da Beira Interior

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível graças à contribuição individual de um conjunto de pessoas. Quero então expressar a minha gratidão àqueles cujo esforço contribuiu de alguma forma para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar, gostaria de exprimir a minha profunda gratidão aos meus orientadores, o Professor Doutor Luís Carlos Carvalho Pires e o Professor Doutor Pedro Nuno Dinho Pinto da Silva, pela amabilidade com que sempre me receberam, confiança com que sempre me distinguiram, disponibilidade e orientação que sempre me ofereceram e conhecimentos que me transmitiram.

Aos colegas e amigos que me apoiaram durante este percurso académico pela UBI, e especialmente durante a realização deste trabalho, aqui lhes deixo um especial agradecimento pela boa disposição e palavras de motivação.

Por fim, agradeço aos meus pais, todos os esforços que fizeram para me proporcionar este momento, o carinho e força com que sempre me apoiaram. Ao meu irmão e cunhada, agradeço todo o apoio e confiança que sempre demonstraram. À Marta pela forte motivação, paciência, motivação e apoio que invariavelmente me prestou e, os maus momentos que me aturou.

Resumo

O crescimento da população mundial, a sua relação com a procura de energia e a crise económica recente tornaram a eficiência energética um tema atual de grande importância. Principalmente no sector dos edifícios tornou-se necessário tomar medidas concretas por forma a reduzir o consumo energético, uma vez que o sector absorve 41% da energia consumida na UE. Para este efeito, a UE tem vindo a legislar para cumprir os objetivos estabelecidos para 2020. Neste contexto, a publicação da Diretiva nº 2010/31/EU foi um esforço importante, sendo esta relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Esta Diretiva foi transposta para Portugal, com a publicação do Decreto-Lei nº 118/2013 que implementou o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, SCE, englobando num único diploma os regulamentos para os edifícios residenciais e de serviços, REH e RECS, respetivamente.

No presente estudo foi realizada uma análise de três edifícios, com o objetivo de propor medidas que pudessem contribuir para a redução da respetiva fatura energética.

Para tal, foram recolhidos dados relativos às características construtivas dos edifícios, aos seus equipamentos energéticos e ao correspondente perfil de utilização. Após análise da informação recolhida foram identificadas possibilidades de alteração com impacto no consumo de energia.

Foram então propostas diversas medidas de alteração, tais como, a substituição dos envidraçados, aplicação de isolamento térmico pelo exterior, substituição dos equipamentos de iluminação, instalação de sistemas solares térmicos para AQS, substituição de caldeiras a gás propano, por outras a pellets e instalação de sistemas solares fotovoltaicos. Foi estimado o custo de implementação dessas medidas e, sempre que possível, avaliados os ganhos resultantes da sua aplicação.

Palavras-chave

Regulamentação energética, edifícios de serviços, eficiência energética e redução do consumo de energia

Abstract

The world population growth, its relationship with the energy demand and the recent economic crisis have made energy efficiency a current issue with great importance. Especially in the building sector it has become imperious to take concrete measures in order to reduce energy consumption, since the sector is responsible in 41% of the final energy consumed in the EU. In that way, the EU has been legislating to meet the targets set for 2020. The publication of Directive No. 2010/31 / EU was a major effort to that goal, which is dedicated to the energy performance of buildings.

This Directive was transposed to the Portuguese law with the publication of Decree-Law No. 118/2013 which implemented a method for building energy certification, SCE, composed by two major regulations, REH and RECS, for residential and commercial buildings, respectively.

In this study an analysis was made to three buildings, with the aim to propose measures that can contribute to reducing these buildings energy bills.

To do that, data was collected concerning the constructive characteristics of the buildings, its energy consumption equipment and the corresponding usage profile.

After analysis of the collected information, changing possibilities were identified which could have impact on energy consumption.

There were then proposed changing measures such as the replacement of the glazing, application of external thermal insulation, replacement of lighting equipment, installation of a solar thermal system for hot water and replacing the existing propane gas boiler by a pellets one. It has been estimated the cost of implementing those measures and, whenever possible, evaluated the gains from their application.

Keywords

Building energy regulations, office buildings, energy efficiency and energy consumption reduction

Índice

Dedicatória	iii
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice	xi
Lista de Figuras.....	xvii
Lista de Tabelas	xxi
Lista de Acrónimos	xxv
Capítulo 1.....	1
1 Introdução	1
1.1 Perspetiva geral.....	1
1.2 O problema em estudo e sua relevância	3
1.3 Revisão bibliográfica	8
1.4 Objetivos e contribuição da presente dissertação.....	10
1.5 Organização da dissertação.....	11
Capítulo 2.....	13
2 Legislação	13
2.1 Certificação energética	13
2.2 Contextualização dos aspetos legislativos	13
2.2.1 Decreto-Lei n.º 118/2013	16
2.3 Sistema de certificação energética dos edifícios (SCE).....	17
2.4 Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços.....	21
2.4.1 Parâmetros transversais	21

2.4.2	Ventilação e qualidade do ar interior.....	23
2.4.3	Envolvente térmica	26
2.4.4	Sistemas de climatização	27
2.4.5	Águas quentes sanitárias	29
2.4.6	Sistemas de iluminação.....	29
2.4.7	Sistemas de regulação, controlo e gestão técnica	30
2.4.8	Elevadores	31
2.4.9	Sistemas de energia renovável.....	31
2.4.10	Edifícios existentes.....	31
2.5	Metodologias de cálculo do indicador de eficiência energética	33
2.6	Classe energética do edifício de comércio e serviços.....	37
Capítulo 3	39
3	Sistemas e equipamentos técnicos com relevância no consumo de energia	39
3.1	Iluminação	39
3.1.1	Lâmpadas incandescentes	40
3.1.2	Lâmpadas de halogéneo.....	41
3.1.3	Lâmpadas fluorescentes.....	41
3.1.4	Lâmpadas de vapor de mercúrio.....	42
3.1.5	Lâmpadas de vapor metálico	42
3.1.6	Lâmpadas de vapor de sódio	43
3.1.7	LED's.....	43
3.1.8	Balastros	43
3.1.9	Controladores de iluminação	44
3.1.10	Nota conclusiva	44
3.2	Sistemas de climatização	47
3.2.1	Sistemas de ar-condicionado	47

3.2.2	Bomba de calor	51
3.2.3	Unidade de tratamento de ar	54
3.3	Águas quentes sanitárias	55
3.3.1	Termoacumuladores elétricos.....	55
3.3.2	Esquentadores.....	55
3.3.3	Caldeiras	56
3.3.4	Sistemas Solares Térmicos	58
Capítulo 4	61
4	Caracterização dos edifícios	61
4.1	Recolha de informação	61
4.2	Edifício A - Bar do Complexo Desportivo das Piscinas Municipais e Polidesportivo ..	61
4.2.1	Descrição do edifício.....	62
4.2.2	Envolvente térmica.....	63
4.2.3	Iluminação	63
4.2.4	Sistemas de climatização	64
4.2.5	Águas quentes sanitárias	68
4.2.6	Outros equipamentos consumidores de energia	68
4.2.7	Perfil de utilização	69
4.2.8	Consumo de energia.....	70
4.3	Edifício B - Polidesportivo da Mêda	72
4.3.1	Descrição do edifício.....	72
4.3.2	Envolvente térmica.....	73
4.3.3	Iluminação	73
4.3.4	Sistemas de climatização	75
4.3.5	Águas quentes sanitárias	77
4.3.6	Outros equipamentos consumidores de energia	80

4.3.7	Perfil de utilização	80
4.3.8	Consumo de energia	81
4.4	Edifício C - Biblioteca Municipal de Mangualde	82
4.4.1	Descrição do edifício.....	83
4.4.2	Envolvente térmica	83
4.4.3	Iluminação	84
4.4.4	Sistemas de climatização	86
4.4.5	Águas quentes sanitárias	90
4.4.6	Outros equipamentos consumidores de energia	91
4.4.7	Perfil de utilização	91
4.4.8	Consumo de energia	93
Capítulo 5	95
5	Proposta de medidas de melhoria	95
5.1	Bar do Complexo Polidesportivo das Piscinas Municipais da Mêda - Edifício A	95
5.1.1	Identificação do potencial de melhoria	95
5.1.2	Proposta de medidas.....	95
5.1.3	Identificação dos ganhos/poupanças resultantes das medidas propostas	97
5.2	Polidesportivo de Mêda - Edifício B	103
5.2.1	Identificação do potencial de melhoria	103
5.2.2	Proposta de medidas.....	103
5.2.3	Identificação dos ganhos/poupanças resultantes das medidas propostas	105
5.3	Biblioteca Municipal de Mangualde - Edifício C	106
5.3.1	Identificação do potencial de melhoria	106
5.3.2	Proposta de medidas.....	107
5.3.3	Identificação dos ganhos/poupanças resultantes das medidas propostas	108
Capítulo 6	113

6	Conclusão	113
6.1	Trabalhos futuros	114
	Bibliografia	117

Lista de Figuras

Figura 1.1 Consumo Mundial de energia primária por tipo de combustível - 1980-2040 (BTU), (adaptado [3]).	2
Figura 1.2 Evolução do consumo de energia total por setor (adaptado [4]).	3
Figura 1.3 Evolução do consumo de energia final na União Europeia: por tipo de produto energético (adaptado [6]).	4
Figura 1.4 Consumo de energia final na União Europeia: por tipo de setor consumidor em 2013 (adaptado [6]).	5
Figura 1.5 Repartição do consumo de eletricidade no setor terciário na União Europeia [7].	5
Figura 1.6 Percentagem da evolução da dependência energética de Portugal (adaptado [8]).	6
Figura 1.7 Consumo de energia primária em Portugal, em 2004 e 2013 (adaptado [9]).	6
Figura 1.8 Evolução do consumo de energia final em Portugal, por tipo de setor (adaptado [6]).	7
Figura 3.1 Esquema representativo do ciclo de refrigeração por compressão de vapor.	48
Figura 3.2 Exemplo de um sistema de ar-condicionado Split [48].	49
Figura 3.3 Exemplo de um sistema de ar-condicionado Multi-Split (adaptado [49]).	49
Figura 3.4 Exemplo de um sistema de ar-condicionado VRV (adaptado [49]).	50
Figura 3.5 Sistema de bomba de calor ar-água. Fonte: http://www.gasfriocalor.com/bomba-de-calor-samsung-split-aex125edeha-eu .	52
Figura 3.6 Exemplos de captação geotérmica: 1-Permutador vertical; 2-Permutador horizontal e 3-Águas subterrâneas (adaptado [51]).	53
Figura 3.7 Unidade de tratamento de ar (adaptado [52]).	54
Figura 3.8 Esquentador com tecnologia de condensação [53].	56
Figura 3.9 Caldeira mural [53].	57

Figura 3.10 Caldeira de chão a gás [54].	57
Figura 3.11 Caldeira de biomassa [55].	58
Figura 3.12 Coletor de placas planas (adaptado [56]).	60
Figura 3.13 Coletores de tubos de vácuo (adaptado [56]).	60
Figura 4.1 Bar do Complexo Desportivo das Piscinas Municipais e Polidesportivo - edifício A. 61	
Figura 4.2 Zonas climáticas de Inverno e de Verão no continente [33].	62
Figura 4.3 Percentagem por tipo de lâmpadas utilizada no bar - edifício A.	64
Figura 4.4 Sistema de aquecimento das águas - caldeira e queimador - edifício A.	65
Figura 4.5 Unidade interior e exterior do equipamento de ar-condicionado.	66
Figura 4.6 UTA - Ventilador, motor e permutador de calor - edifício A.	67
Figura 4.7 Caixa de ventilação - edifício A.	67
Figura 4.8 Sistema de extração de fumos - edifício A.	68
Figura 4.9 Caldeira Ferroli Domina C 30 E - edifício A.	68
Figura 4.10 Perfil de utilização em 2014 do bar da Mêda - edifício A.	69
Figura 4.11 Estimativa da percentagem de potência elétrica consumida por tipo de sistema - edifício A.	70
Figura 4.12 Consumo de energia elétrica do Bar da Mêda em 2014 - edifício A.	71
Figura 4.13 Polidesportivo da Mêda - edifício B.	72
Figura 4.14 Percentagem por tipo de lâmpadas utilizadas no Polidesportivo - edifício B.	74
Figura 4.15 Unidade de tratamento de ar - edifício B.	75
Figura 4.16 Equipamentos interiores instalados na UTA - edifício B.	76
Figura 4.17 Caixa de ventilação das casas de banho - edifício B.	77
Figura 4.18 Equipamentos do sistema solar térmico - edifício B.	78

Figura 4.19 Equipamentos do sistema de caldeira - edifício B.	79
Figura 4.20 Perfil de utilização em 2014 do polidesportivo da Mêda - edifício B.	80
Figura 4.21 Estimativa do consumo de energia elétrica do polidesportivo da Mêda em 2014 - edifício B.	81
Figura 4.22 Biblioteca Municipal de Mangualde - edifício C.....	82
Figura 4.23 Percentagem das lâmpadas por piso - edifício C.	84
Figura 4.24 Percentagem por tipo de lâmpadas utilizadas na biblioteca - edifício C.	86
Figura 4.25 Sistema de aquecimento das águas - caldeira e queimador - edifício C.	86
Figura 4.26 Unidade de tratamento de ar - edifício C.	87
Figura 4.27 Equipamentos instalados na UTA - edifício C.	88
Figura 4.28 Unidade exterior do sistema de VRV - edifício C.	89
Figura 4.29 Caixa de ventilação das casas de banho - edifício C.....	90
Figura 4.30 Termoacumulador Junkers e Atlantic - edifício C.....	91
Figura 4.31 Perfil de utilização da Biblioteca Municipal de Mangualde em 2014 - edifício C. .	92
Figura 4.32 Total de utilizadores por grupo na Biblioteca Municipal de Mangualde em 2014 - edifício C.	92
Figura 4.33 Consumo de energia elétrica da Biblioteca Municipal de Mangualde - edifício C. .	94
Figura 5.1 Perfil anual de consumo e produção - Edifício A.....	100

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Princípios gerais do REH (adaptado [29]).	18
Tabela 2.2 Requisitos específicos do REH (adaptado [29]).	19
Tabela 2.3 Princípios gerais do RECS (adaptado [29]).	19
Tabela 2.4 Resumo dos requisitos exigidos no RECS (adaptado [31] e [32]).	20
Tabela 2.5 Tabela das unidades territoriais e dos respetivos municípios (adaptada [33]).	21
Tabela 2.6 Critério para determinação das zonas climáticas (adaptado [33]).	23
Tabela 2.7 Valores do coeficiente de transmissão térmica máxima admissível para a envolvente opaca exterior de edifícios de comércio e serviços [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] (adaptado [31]).	26
Tabela 2.8 Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados de edifícios de comércio e serviços (adaptado [31]).	27
Tabela 2.9 Classificação do desempenho de unidades split, multi-split, VRF e compactas, com permuta de ar-ar (adaptado [31]).	28
Tabela 2.10 Rendimento Nominal de caldeiras e esquentadores (adaptado [31]).	29
Tabela 2.11 Valores de eficiência de termoacumuladores em função de Q_{pr} (adaptado [31]).	29
Tabela 2.12 Funções mínimas dos sistemas de iluminação a instalar em edifícios novos e sujeitos a grandes intervenções (adaptada [31]).	30
Tabela 2.13 Tipos de sistema de regulação, controlo e gestão técnica a adotar em função da potência térmica nominal (adaptado [31]).	30
Tabela 2.14 Regras de simplificação aplicáveis ao levantamento dimensional (adaptado [34]).	32
Tabela 2.15 Consumos de energia a considerar no IEE_S e no IEE_T (adaptado [31]).	34
Tabela 2.16 Forma de cálculo do IEE_S , para efeitos de classificação energética de PES e GES (adaptado [37]).	37

Tabela 2.17 Intervalos de valor de R_{IEE} para determinar a classe energética dos PES e GES (adaptado [37]).	38
Tabela 3.1 Características das lâmpadas presentes nos catálogos da Philips 2015 [44] e [45].	46
Tabela 4.1 Quantidade de lâmpadas por tipo e potência - edifício A.	64
Tabela 4.2 Características do sistema de aquecimento centralizado - edifício A.	65
Tabela 4.3 Características do sistema de ar-condicionado - edifício A.	66
Tabela 4.4 Características dos equipamentos da UTA - edifício A.	67
Tabela 4.5 Restantes equipamentos presentes no bar - edifício A.	69
Tabela 4.6 Energia consumida e custo faturado no Bar da Mêda em 2014 - edifício A.	71
Tabela 4.7 Quantidade de lâmpadas por tipo e potência - edifício B.	74
Tabela 4.8 Características dos equipamentos da UTA - edifício B.	76
Tabela 4.9 Características dos equipamentos de ar-condicionado - edifício B.	77
Tabela 4.10 Características dos equipamentos do sistema solar térmico - edifício B.	78
Tabela 4.11 Características dos equipamentos do sistema de caldeira - edifício B.	79
Tabela 4.12 Quantidade de lâmpadas por tipo e potência - edifício C.	85
Tabela 4.13 Características do sistema de aquecimento centralizado - edifício C.	87
Tabela 4.14 Características dos equipamentos da UTA - edifício C.	88
Tabela 4.15 Características dos equipamentos de ar-condicionado multi-split - edifício C.	89
Tabela 4.16 Características dos equipamentos de ar-condicionado do tipo VRV - edifício C.	90
Tabela 4.17 Características dos equipamentos das AQS - edifício C.	90
Tabela 4.18 Energia consumida e custo faturado na Biblioteca Municipal de Mangualde em 2014 - edifício C.	93
Tabela 5.1 Iluminação existente e iluminação nova no bar da Mêda - Edifício A.	99

Tabela 5.2 Estimativa do uso da iluminação no bar da Mêda - Edifício A.	99
Tabela 5.3 Apresentação dos resultados do dimensionamento do Sistema Solar Fotovoltaico para autoconsumo - Edifício A	102
Tabela 5.4 Iluminação existente e iluminação nova no polidesportivo da Mêda - Edifício B..	105
Tabela 5.5 Estimativa do uso da iluminação no Polidesportivo da Mêda.	106
Tabela 5.6 Iluminação existente e iluminação nova na Biblioteca Municipal de Mangualde - edifícios C.	110
Tabela 5.7 Estimativa do uso/consumo da iluminação na Biblioteca Municipal de Mangualde - edifício C.	111

Lista de Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
AQS	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BTE	Baixa Tensão Especial
BTN	Baixa Tensão Normal
CE	Comissão Europeia
CO ₂	Dióxido de Carbono
COP	Coefficient of Performance
EDP	Energias de Portugal
EER	Relação de Eficiência Energética
ENE	Estratégia Nacional para a Energia
F _g	Fração envidraçada
F _s	Fator de obstrução dos vãos envidraçados
GD	Graus dias
GES	Grande Edifício de Comércio e Serviço
IEE	Indicador de Eficiência Energética
IEE _{ef}	Indicador de Eficiência Energética Efetivo
IEE _{pr}	Indicador de Eficiência Energética Previsto
IEE _{ref}	Indicador de Eficiência Energética de Referência
IGAMAOT	Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos
PES	Pequeno Edifício De Serviço
QAI	Qualidade do Ar Interior
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
SC	Sistemas de Climatização
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
SRCGT	Sistema de Regulação, Controlo e Gestão Técnica
tep	Tonelada equivalente de petróleo
UE	União Europeia
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
VRV	Variable Refrigerant Volume
VRF	Variable Refrigerant Flow

Capítulo 1

Introdução

O âmbito deste capítulo é contextualizar o tema de “Medidas de redução de consumos energéticos em edifícios de serviços: estudo de casos” com base no panorama energético Europeu e Português que rege os edifícios, dando maior ênfase aos de comércio e serviços.

A realização deste trabalho permite-nos caracterizar os edifícios em estudo e apresentar medidas de melhoria a implementar nos mesmos. As medidas de melhoria propostas cumprem os requisitos estabelecidos pela legislação portuguesa, melhorando a eficiência do edifício e consequentemente a diminuição do consumo de energia.

1.1 Perspetiva geral

O aumento da população mundial e a industrialização dos países tem sido elevado, levando a um crescimento acentuado do consumo energético. Perante o crescimento da sociedade e com a evolução de diversas tecnologias, cada vez mais o ser humano procura um melhor conforto nos meios de transporte, nos edifícios de comércio e serviços, na indústria e nas habitações. Para compensar a procura, os tipos de materiais utilizados na construção dos edifícios têm evoluído bastante e têm sido cada vez mais significativa a utilização de sistemas de AVAC, motorização de equipamentos elétricos, iluminação, entre outros e que traduz um aumento relativamente grande no consumo de energia

O crescimento da população a nível mundial tem sido elevado, prevendo-se um aumento de dois bilhões de pessoas entre 2010 e 2040 e, consequentemente, um aumento na economia global de 130%. Este crescimento preocupa significativamente os responsáveis mundiais, pois de acordo com os estudos realizados a procura mundial de energia deverá aumentar perto de 35% [1].

As fontes de energia mais utilizadas para satisfazer as necessidades da população são: o petróleo, o carvão e o gás natural, como se pode observar na Figura 1.1. Devido às elevadas exigências da população, estas fontes têm tido uma procura bastante acentuada e sendo elas consideradas recursos naturais, prevê-se que as suas reservas sejam praticamente extintas em 2050 [2].

Para combater a dependência do petróleo, restantes combustíveis fósseis e emissão de gases prejudiciais para a atmosfera, torna-se necessário recorrer a novas fontes de energia. Estas energias são consideradas energias renováveis ou seja, a geração de energia é feita através de

recursos naturais que não se “esgotam”. As energias renováveis para produzirem energia, como o próprio nome indica necessitam de uma fonte natural como o sol, vento, chuva, marés ou energia térmica. Para além do uso das energias renováveis, importa salientar outro aspeto bastante importante, a eficiência energética dos edifícios e os equipamentos. A eficiência energética

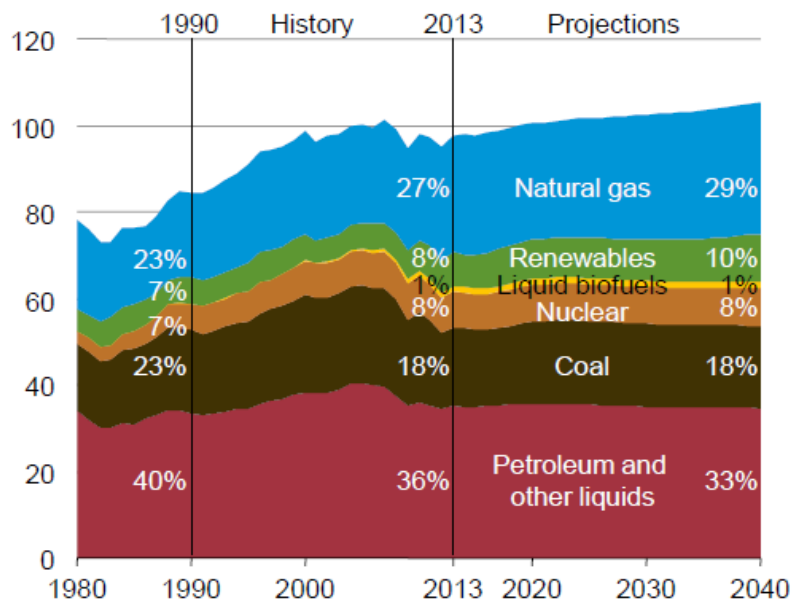


Figura 1.1 Consumo Mundial de energia primária por tipo de combustível - 1980-2040 (BTU), (adaptado [3]).

Para se analisar o consumo a nível mundial mais detalhadamente, é feita uma divisão em quatro grandes grupos ou seja, a divisão do consumo de energia é feita por setores: a indústria, os transportes, os edifícios residenciais e os edifícios de comércio e serviços. Na Figura 1.2, é possível observar a evolução do consumo de energia a nível mundial entre 1950 e 2010, concluindo que o setor da indústria e dos transportes sempre foi, e continua a ser, o maior consumidor de energia. A partir de 2000, pode-se observar uma pequena descida do consumo de energia no setor da indústria e nos transportes, havendo uma “estagnação” no setor residencial e comercial, fruto das “preocupações” e das medidas tomadas pelas entidades políticas a nível mundial.

A preocupação das entidades políticas face à elevada procura de energia com o acentuado crescimento da população e os gastos desnecessários da mesma, tem sido um assunto muito debatido nos últimos anos tendo sido tomadas medidas e implementadas metas a cumprir por parte de cada país. Como pudemos observar anteriormente, o consumo de energia no setor industrial e nos transportes tem vindo a diminuir, mas não é o suficiente.

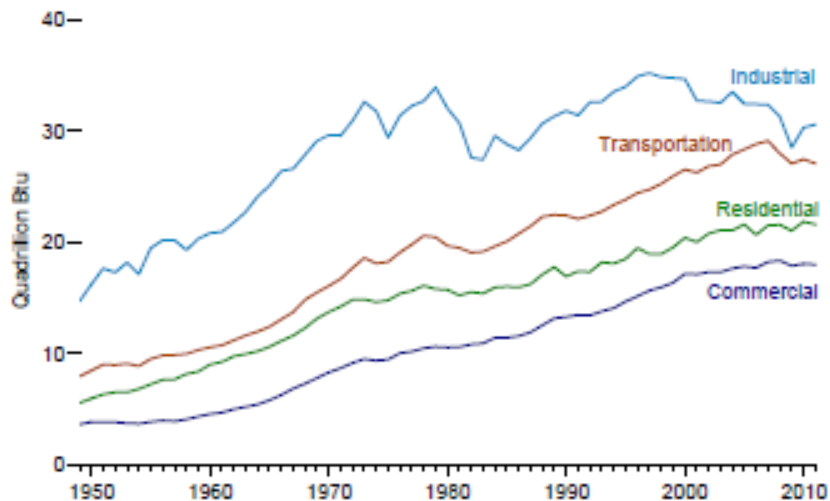


Figura 1.2 Evolução do consumo de energia total por setor (adaptado [4]).

O setor dos edifícios de comércio e serviços face aos quatro setores é o menos consumidor de energia mas, ainda assim, tem uma elevada importância e cada vez mais se tem em conta pois engloba os edifícios pertencentes ao estado. Mesmo com o recurso a novas fontes de energia, não é o “suficiente” para combater os elevados consumos e gastos desnecessários. Perante isso, tem sido muito debatido o tema da eficiência energética, onde o termo eficiência consiste no uso eficiente de energia para diminuir os gastos desnecessários [1].

1.2 O problema em estudo e sua relevância

O crescimento da população mundial está a ser feito de uma forma muito acentuada e é indispensável satisfazer as necessidades do ser humano. Com essa evolução a procura de energia irá aumentar, e, é imprescindível procurar novas técnicas de energia e diminuir os desperdícios de energia.

A união Europeia é o maior importador mundial e uma das características é a sua dependência energética em relação ao exterior. A União Europeia é a segunda maior economia mundial e consome um quinto da energia produzida. Mesmo sendo dependente de outros, a União Europeia possui algumas reservas energéticas, tais como, barragens, minas de carvão, centrais nucleares, campos de gases e, ultimamente, energias renováveis. É importante salientar que a dependência da União Europeia traz grandes consequências negativas para a economia [5].

Para combater a dependência da importação dos combustíveis e valorizar assim a economia europeia, a União Europeia dispõe dos poderes e instrumentos necessários para instituir uma política energética que visa:

- Garantir o seu aprovisionamento energético;
- Assegurar que os preços de energia não travem a competitividade;

- Proteger o ambiente;
- Desenvolver as redes energéticas [5].

Para conseguir cumprir os objetivos traçados, na atualidade, a eficiência energética é um tema muito usual por parte da classe política. Existe a necessidade e “obrigatoriedade” de implementar normas, medidas e metas a atingir por parte de cada país diminuindo assim o consumo de energia e a emissão de poluentes prejudiciais para o planeta.

Como podemos observar através da Figura 1.3, o consumo da energia final por tipo de produto energético na União Europeia tem vindo a diminuir. Essa diminuição tem-se sentido nos produtos derivados do petróleo e gás natural enquanto o uso das energias renováveis tem vindo a aumentar.

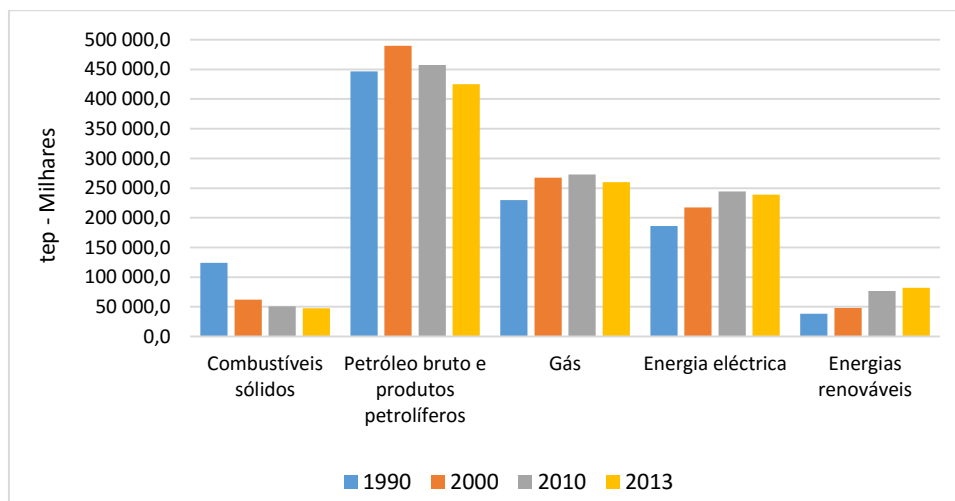


Figura 1.3 Evolução do consumo de energia final na União Europeia: por tipo de produto energético (adaptado [6]).

Para que se possa diminuir ainda mais o consumo de energia, os dirigentes europeus decidiram que é necessário economizar um quinto do consumo de energia prevista para 2020. Para economizar e diminuir o consumo de energia, os países europeus devem eliminar os desperdícios de energia na indústria, nos transportes e nos edifícios [5].

Pela análise da Figura 1.4, os edifícios de serviços e agregados domésticos são responsáveis por 41% do consumo de energia final na Europa, com um consumo de 449215,2 milhares de tep de um total de 1075707,5 milhares de tep, em 2013.

É necessário tomar medidas para reduzir os consumos de energia e para isso o estímulo à eficiência energética tem aumentado. Pretende-se diminuir os consumos desnecessários nos edifícios devendo-se renovar equipamentos pouco eficientes e remodelar a envolvente do edifício para melhor a sua eficiência.

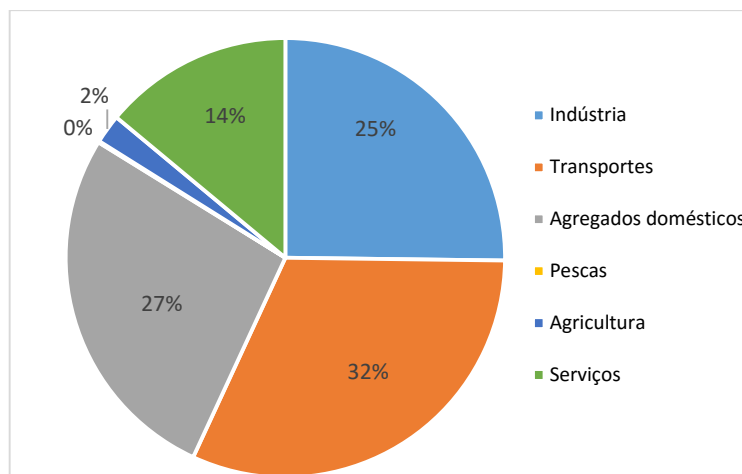


Figura 1.4 Consumo de energia final na União Europeia: por tipo de setor consumidor em 2013 (adaptado [6]).

Pela observação da Figura 1.5, é possível verificar a repartição do consumo de eletricidade no setor terciário europeu. No setor terciário estão inseridos os seguintes setores: setor público, saúde, serviços e comércio. Os sistemas mais consumidores de eletricidade são a iluminação, o aquecimento/arrefecimento de espaços e água e a ventilação, representando 20.78%, 19.22% e 12.47% respetivamente. Para se poder reduzir os consumos é necessário a implementação de novas tecnologias eficientes [7].

Com a implementação de medidas de eficiência energética na redução do consumo de energia por parte da UE, esta prevê a criação de 2 milhões de postos de trabalhos até 2020. Por cada 24 mil milhões de euros investidos por ano em isolamento, gestão energética e sistemas de controlo obter-se-á uma redução de cerca de 38 mil milhões de euros na fatura energética da UE entre 2011 a 2020 [5].

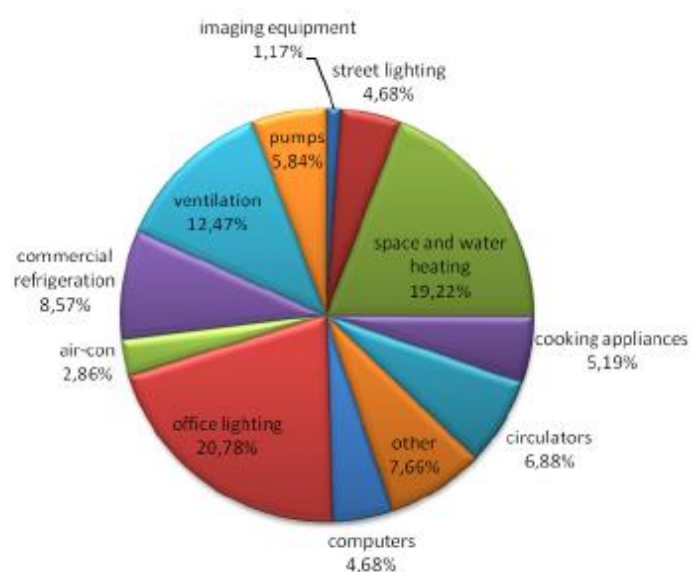


Figura 1.5 Repartição do consumo de eletricidade no setor terciário na União Europeia [7].

Do ponto de vista de recursos energéticos endógenos, mais concretamente petróleo, carvão e gás que são as principais fontes que asseguram as necessidades energéticas da maioria dos países, Portugal apresenta um grande défice. Como Portugal não é produtor de nenhum dos recursos energéticos endógenos referidos anteriormente, o país manifesta uma elevada dependência energética, cerca de 71,5% em 2013, como podemos verificar na Figura 1.6.

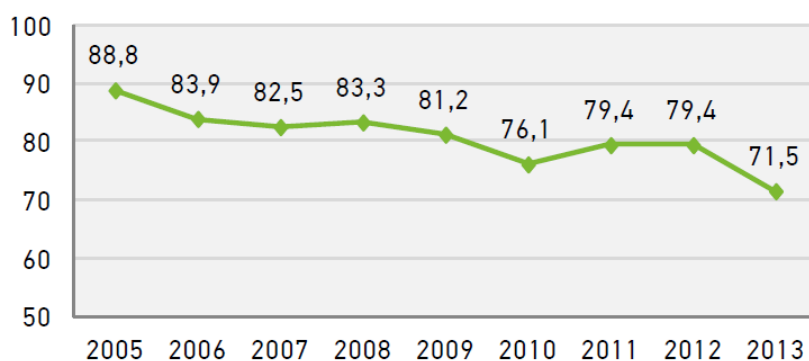


Figura 1.6 Percentagem da evolução da dependência energética de Portugal (adaptado [8]).

Portugal tem apostado cada vez mais nas energias renováveis e isso deve-se à boa localização do país. Como pudemos observar na Figura 1.7, graças ao aproveitamento das energias renováveis, mais concretamente a energia hídrica, eólica e solar, o consumo de energia primária proveniente destas fontes aumentou 10% entre 2004 e 2013, diminuindo assim a dependência energética em Portugal. Importa salientar que este tipo de fontes de energia não são constantes podendo haver oscilações na produção de energia por parte delas, caso haja pouco vento ou seja um ano muito seco [9].

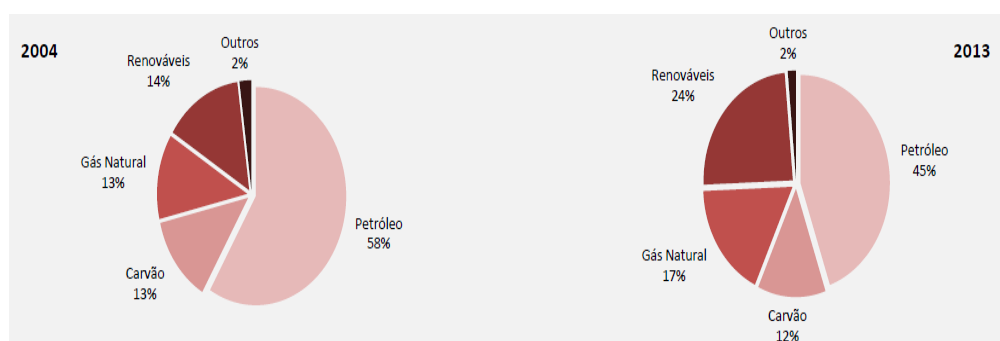


Figura 1.7 Consumo de energia primária em Portugal, em 2004 e 2013 (adaptado [9]).

Na Figura 1.8 é possível observar a evolução do consumo de energia final dos principais setores de atividade económica. Verifica-se que os maiores consumidores de energia é o setor industrial e os transportes. Desde 2000 que o consumo de energia no setor da indústria tem vindo a diminuir, já nos setores dos transportes, dos agregados familiares e dos edifícios de serviços essa redução só se fez sentir a partir de 2010.

Para combater a elevada dependência energética e os desperdícios de energia, Portugal implementou uma Estratégia Nacional para a Energia (ENE). A Estratégia Nacional para a Energia em vigor até 2020, conforme Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010 de 15 de Abril, tem como objetivo, entre outros, “reduzir em 25% o saldo importador energético, recorrendo à energia produzida a partir de fontes endógenas, gerando uma redução de importações de 2000 milhões de euros” [10]

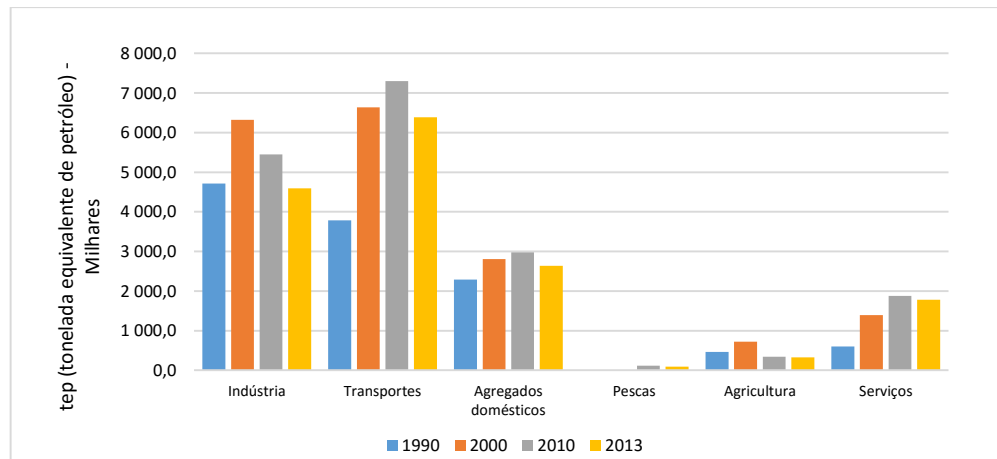


Figura 1.8 Evolução do consumo de energia final em Portugal, por tipo de setor (adaptado [6]).

A atual estratégia tem como principais objetivos a aposta nas energias renováveis e na eficiência energética para assim diminuir a dependência energética, reduzir as emissões de CO₂, aumentar a competitividade e o crescimento económico [10].

A estratégia assenta em cinco eixos fundamentais, definindo as linhas de orientação políticas e as medidas que devem ser tomadas para a energia. Os eixos são os seguintes [10]:

- 1º Eixo - Agenda para a Competitividade, Crescimento e Independência Energética e Financeira;
- 2º Eixo - Aposta nas Energias Renováveis;
- 3º Eixo - Promoção da Eficiência Energética;
- 4º Eixo - Garantia de Segurança de Abastecimento Energético;
- 5º Eixo - Promoção da Sustentabilidade da Estratégia.

O eixo mais relevante para este estudo é o eixo 3, que visa a promoção da eficiência energética. Este eixo define-se pela consolidação do objetivo da redução de 20% do consumo de energia final em 2020 e na aposta em projetos inovadores tais como [10]:

- O veículo elétrico e as redes inteligentes;
- A produção descentralizada de origem renovável;

- A otimização dos modelos de iluminação pública e de gestão energética dos edifícios públicos, residenciais e de serviços.

Do que foi referido anteriormente pode-se concluir que a melhoria da eficiência energética nos edifícios, em particular nos edifícios de serviços, assume elevada importância para garantir as metas definidas na Estratégia Nacional para a Energia. Assim, torna-se necessário classificar os edifícios do ponto de vista energético, através da atribuição de um certificado, elaborado de acordo com as leis que o regem. Isto dá um novo rumo ao setor assumindo especial relevo a poupança de energia, através da implementação de sistemas eficientes e melhorias nos existentes.

1.3 Revisão bibliográfica

Na secção que se segue iniciar-se-á uma revisão bibliográfica no âmbito do presente estudo onde serão apresentados alguns trabalhos que abordam temas como, o consumo de energia nos edifícios de serviços, possíveis melhorias a implementar, custo de implementação dessas medidas e possíveis financiamentos na reestruturação dos mesmos.

Podem encontrar-se na literatura alguns estudos em que o tema da eficiência energética foi abordado. Um desses trabalhos consistiu na realização de um estudo sobre o consumo de energia em edifícios de escritórios com o objetivo de avaliar as mudanças no consumo que ocorrem devido à aplicação de um conjunto de medidas de melhoria. A escolha das medidas teve por base alguns fatores característicos dos edifícios estudados, tais como, a construção, a localização, a dimensão, o tipo de ocupação e os sistemas de aquecimento, arrefecimento e ventilação existentes. Para avaliar a eficiência das medidas de melhorias de energia aplicadas, individualmente ou em simultâneo, foi utilizada uma ferramenta computacional, concluindo-se que a aplicação de múltiplas medidas é crucial para a redução do consumo de energia [11].

Os edifícios residenciais e comerciais são, no seu conjunto, os maiores responsáveis pelo consumo mundial de energia e pelas emissões de gases de efeito de estufa. Prestando atenção a esse facto, foi realizado um trabalho com o objetivo de conhecer o estado atual e as tendências futuras do consumo de energia nos edifícios e para se poder avaliar o impacto das medidas de eficiência a aplicar. Este trabalho pretendeu desagregar o consumo de energia dos edifícios para se determinar parâmetros-chave que influenciam o consumo e apresentar de uma forma panorâmica as medidas e políticas adotadas por diferentes países [12].

Cada vez mais a eficiência energética está em voga, seja nos edifícios novos seja nos existentes, sendo fundamental perceber quais as medidas de eficiência energética que se devem aplicar para reduzir os consumos. Nesse sentido, foi realizado um estudo em edifícios novos com o objetivo de estimar a economia de energia, a redução de emissões de carbono e o custo com a implementação de medidas de eficiência energética. Este estudo foi realizado em doze edifícios-protótipo, em dezasseis cidades, com três projetos de construção para cada edifício

e localização, para se perceber o comportamento dos edifícios nas diferentes localizações. O estudo permitiu concluir que a aplicação de medidas convencionais pode reduzir o consumo de energia nos edifícios de comércio em 20-30%, em média, ou até 40% dependendo da sua localização. A implementação destas medidas reduz o custo de implementação de sistemas de AVAC e a redução em 16% da pegada ecológica por edifícios [13].

Foi igualmente realizado um estudo na Noruega para averiguar os fatores e parâmetros de sucesso da implementação de medidas de eficiência energética. Este estudo permitiu a criação de uma base de dados com as medidas de eficiência energética, a utilização de energia ao longo dos anos e informações relativas aos edifícios: hotéis, escolas, escritórios, centro comercial, centros de saúde e centros desportivos. Pode-se concluir que o custo de projeto, uso racional de energia e a implementação de um bom plano de operação são fatores fundamentais no sucesso das medidas de eficiência energética [14].

Com a intenção de reabilitar um grupo de edifícios de uma escola primária nos subúrbios ao sul de Lisboa, foi também elaborado um estudo do consumo de energia, comportamento dos ocupantes, características técnicas e arquitetónicas, com o objetivo de analisar medidas a implementar. Nesta análise foram elaborados cinco cenários possíveis com diferentes metas e custos para que pudessem ser financiados pela União Europeia na sua reabilitação. Os resultados do estudo concluíram que com a implementação de medidas de eficiência energética é possível reduzir o uso de energia anual em 40% em comparação ao estado atual [15].

Outro trabalho consistiu na análise energética e de sustentabilidade de casos. Nesse estudo a análise recaiu em três cenários de reabilitação: reabilitação básica, energética e sustentável. A realização deste estudo foi realizada segundo o RCCTE com apoio a um feramente informática CYPE e a avaliação da sustentabilidade foi avaliada com recurso à metodologia SBTTool^{PT}-H. Na análise dos trezes casos foi possível concluir que a reabilitação dos edifícios antigos de uma forma sustentável e com necessidades quase nulas de energia é possível, sem ter que recorrer a investimentos muitos excessivos [16].

Como o setor dos edifícios é responsável pelo consumo de 40% da energia produzida na União Europeia, é necessário tomar medidas para minimizar esses consumos. Para minimizar esses consumos, o recurso às energias renováveis é uma alternativa. O objetivo de um outro trabalho encontrado na literatura consistiu na revisão das tecnologias de produção de energia por painéis fotovoltaicos e solares térmicos. Para além desta revisão, foram discutidas as possibilidades de integração dos painéis na reabilitação de edifícios em coberturas e fachadas [17].

Para combater os desperdícios de energia por parte dos edifícios, e de modo a cumprir as metas estabelecidas pela União Europeia, esta definiu estratégias para a eficiência energética nos edifícios existentes e novos. Foi realizado um estudo onde é feita uma breve análise da estratégia estabelecida por parte da União Europeia, que se propôs para cumprir as metas

assumidas para 2020 e 2050. Foi publicada a nova diretiva sobre o desempenho energético dos edifícios, “Diretiva Energy Performance in Buildings Directive (EPBD)”, que reformula a antiga diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios e, cada país fica responsável pela transposição para a sua legislação. A obrigatoriedade de “edifícios de consumo energético quase nulo” a partir de 2020 para edifícios novos é uma via bastante apelativa. Este estudo conclui que as poupanças obtidas por essa via são menores do que se fosse aplicado aos edifícios já existentes uma vez que os desperdícios energéticos são mais elevados [18].

Os dois seguintes estudos encontrados na literatura são dissertações. No primeiro estudo é feita a análise energética de um edifício público e, no segundo estudo é analisada a eficiência energética em edifícios de serviços.

A primeira dissertação realizou uma análise energética num edifício público, na Escola Superior de Educação de Bragança. Foi abordado de uma forma geral o impacto dos edifícios no consumo de energia bem como a legislação que rege o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos edifícios (antiga legislação). Para se poder analisar o edifício, foi realizado um levantamento de informação de todos os elementos construtivos e equipamentos presentes no mesmo. Foi utilizado um programa de simulação, o EnergyPlus com interface DesignBuilder concluindo-se que o edifício se encontra na classe energética B e, é possível tomar medidas de melhoramento com especial destaque para a iluminação [19].

A segunda dissertação tem como objetivo abordar a temática da eficiência energética, com enfoque nos edifícios de serviços. A análise recaiu sobre um grande edifício de serviços, da EDP, com o objetivo de proceder à sua certificação mas, a legislação analisada foi a antiga legislação que regia os edifícios de comércio e serviços. Foram aplicadas novas medidas de melhoria na iluminação e o recurso às fontes de energia renovável, concluindo que essa aplicação reduz o consumo de energia [20].

1.4 Objetivos e contribuição da presente dissertação

O setor dos edifícios de comércio e serviços é um dos setores mais consumidores de energia a nível mundial sendo necessário tomar medidas para reduzir esses consumos.

Com o objetivo de reduzir os gastos desnecessários no setor, foi implementado pela União Europeia legislação que visa a “obrigatoriedade” de aplicação de medidas de eficiência energética no setor. Esta legislação foi transposta para Portugal para que seja possível classificar e melhorar a classe energética dos edifícios para se reduzir os consumos desnecessários.

A presente dissertação tem como principal objetivo, o estudo de edifícios de serviços existentes com a finalidade de implementar medidas de redução de consumos energéticos nos mesmos. O tema será abordado inicialmente de uma forma geral identificando as perspetivas de consumo

de energia no setor, na atualidade e no futuro, a legislação em vigor e conhecer as tecnologias mais eficientes a aplicar nos edifícios.

Numa segunda abordagem, será feita a identificação de três edifícios com necessidades de implementação de medidas de melhorias. Posteriormente apresentam-se os dados recolhidos relativos às características construtivas do edifício, aos seus equipamentos energéticos e ao correspondente perfil de utilização. Após análise da informação recolhida são identificadas possibilidades de alteração com impacto no consumo de energia. São então propostas medidas de alteração, estimado o custo de implementação dessas medidas e, sempre que possível, avaliados os ganhos resultantes da sua aplicação.

1.5 Organização da dissertação

Compõe a presente dissertação seis capítulos, cuja descrição se apresenta de seguida.

No capítulo 1, que apresenta como título “Introdução”, é efetuada uma breve introdução ao tema do trabalho. Aqui é apresentada uma perspetiva global do crescimento da população a nível mundial e as consequências que esse crescimento traduz no consumo de energia no setor dos edifícios. É discriminada de uma forma geral qual é a influência do setor dos edifícios de serviços no consumo de energia na Europa e em Portugal, traçando assim os objetivos do presente trabalho. É efetuada uma revisão bibliográfica que permite verificar a relevância do tema na sociedade.

No capítulo 2 é apresentada a evolução da legislação que regulamenta o sistema de certificação energética dos edifícios na Europa e em Portugal. Vai ser dada maior relevância ao regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços, que é o que se aplica ao presente trabalho.

No capítulo 3 são apresentadas as tecnologias presentes no mercado e possíveis de aplicar em edifícios. Com esta análise pretende-se perceber quais os equipamentos que apresentam maior eficiência e são adequados a serem implementados de forma a reduzir os consumos de energia.

No capítulo 4 são apresentados os três edifícios em estudo, caracterizando-os de acordo com o regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços. Nesta caracterização tem-se em conta os seguintes tópicos: a localização do edifício, a envolvente térmica, todos os equipamentos consumidores de energia presentes no edifício, perfil de utilização e os consumos de energia.

No capítulo 5, que apresenta o título “medidas de melhoramento”, são apresentadas propostas de medidas de melhoramento. Estas medidas permitem melhorar a eficiência energética dos edifícios e consequentemente a diminuição do consumo de energia. Para além dessas medidas

foi estimado o custo de implementação das mesmas e, sempre que possível, avaliados os ganhos resultantes da sua aplicação

No capítulo 6, são revistos os objetivos propostos no âmbito do presente trabalho. Realiza-se uma análise geral ao trabalho e são propostos alguns trabalhos para se desenvolverem no futuro.

Capítulo 2

Legislação

No presente capítulo vão ser abordados os aspetos legislativos Europeus e Portugueses referentes ao desempenho energético dos edifícios. Vai ser dada relevância ao Decreto-Lei n.º 118/2013, onde rege as orientações que devem ser tomadas para a obtenção de um pré-certificado ou certificado SCE, e especial destaque ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço, respeitante à Portaria 349-D/2013.

2.1 Certificação energética

Com o aumento da população mundial, cada vez mais é necessário ter em atenção desperdícios de energia e, para isso, tem sido dada elevada importância à eficiência energética.

A eficiência energética é um termo muito usual na sociedade mundial, utilizado não só por engenheiros ou economistas, mas também por políticos. Cada vez mais se fala e discute a importância da eficiência energética. Mas, afinal, em que consiste a eficiência energética?

A eficiência energética pode ser caracterizada como a redução do consumo de energia mantendo, e até melhorando, a qualidade e o conforto térmico. Neste contexto, é mais usual associar a eficiência energética a produtos (frigoríficos, máquinas de lavar loiça, roupa, etc.) ou sistemas mecânicos (AVAC), com vista a melhorar o desempenho e a eficiência. Estes são comparados com equipamentos antigos e classificados energeticamente por uma etiqueta normalizada [21].

Sendo este um tema pertinente, para além da eficiência energética dos equipamentos e sistemas mecânicos, é fundamental avaliar a eficiência energética nos edifícios, não só nos novos, mas também em edifícios existentes e sujeitos a remodelações. Assim sendo, surge o conceito de certificação energética de edifícios, que é constituído pela informação do desempenho energético do edifício [22].

2.2 Contextualização dos aspetos legislativos

O setor dos edifícios na Europa é responsável por cerca de 41% do consumo de energia final, sendo necessário tomar medidas de eficiência energética que permitam à União Europeia cumprir o compromisso assumido no Protocolo de Quioto. Neste contexto, a União Europeia tem vindo a promover, com forte dinamismo, a eficiência energética nos edifícios, sendo os principais objetivos, o desempenho energético e as condições de conforto dos edifícios.

Perante isso publicou, em 16 de Dezembro 2002, a Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa ao desempenho energético dos edifícios, estabelecendo que todos os Estados-Membros implementem um sistema de certificação energética nos edifícios [23]. Assim, a Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho foi transposta para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril, que aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, do Decreto-lei n.º 79/2006, de 4 de Abril, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, e do Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril, que aprovou o Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios [24], [25] e [26].

A criação do sistema de certificação energética tem vindo a ter cada vez mais destaque na sociedade, crescendo, assim, os temas relacionados com a eficiência energética e a utilização de energia renovável nos edifícios. Com a implementação do sistema de certificação energética é possível averiguar quais são as zonas/equipamentos do edifício onde ocorrerem maiores perdas e consumo de energia suscetíveis a melhoramentos. Devido ao elevado destaque na sociedade têm-se vindo a aprofundar técnicas, mudanças estruturais na melhoria dos sistemas técnicos, na envolvente térmica visando, assim, um melhor desempenho no consumo de energia por parte dos edifícios, evitando gastos desnecessários.

Foi publicada a 19 de Maio de 2010, a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa ao desempenho energético dos edifícios que complementa e reformula a Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002 [27]. Esta reformulação vem clarificar alguns princípios e introduzir novas orientações na divulgação do desempenho energético nos edifícios face às metas e desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020.

A transposição da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010 para a legislação nacional permite uma melhor clarificação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos. Em Portugal, é adotado o novo Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE), que se rege pelo Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, que entrou em vigor a partir de 1 de Dezembro de 2013 e que integra num único diploma o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço (RECS), revogando os Decretos-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril, n.º 79/2006 de 4 de Abril e n.º 80/2006 de 4 de Abril [28].

A atualização da legislação nacional leva a alterações em alguns níveis. O SCE junta os três diplomas antigos num único, mas é de realçar a separação bem definida da aplicação do REH e do RECS, em que o primeiro incide sobre os edifícios de habitação e o segundo em edifícios de comércio e serviços.

A avaliação do desempenho energético dos edifícios tem por base alguns pilares em que, no caso dos edifícios de habitação, é dada relevância ao comportamento térmico e à eficiência dos sistemas, e no caso dos edifícios de comércio e serviços, para além dos aspetos anteriores são ainda tidas em conta a instalação, a condução e manutenção de sistemas técnicos. Para cada um dos pilares são definidos requisitos a serem cumpridos de acordo com o tipo de edifício (novo, sujeito a grandes intervenções ou existentes) em avaliação por parte das entidades intervenientes.

Além da atualização da qualidade térmica são também introduzidas especificações e padrões mínimos de eficiência energética dos sistemas técnicos, tais como, o sistema de climatização, de produção de AQS, de iluminação e de aproveitamento de energias renováveis.

É dada elevada importância à utilização de fontes de energia renovável na geração de energia, dando maior importância à energia solar, uma vez que existe elevada abundância de exposição solar no nosso país, podendo assim ser aproveitada para o aquecimento de águas (painéis solares térmicos) ou geração de energia elétrica (painéis solares fotovoltaicos).

Surge também em contexto o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia, onde a construção passará a seguir um padrão, a partir de 2020, para edifícios novos ou em edifícios públicos que sejam novos, a partir de 2018. Neste tipo de edifícios dá-se relevância à utilização das fontes de energia renovável, uma vez que com o auxílio destas é possível fornecer as necessidades energéticas do edifício, mas tendo sempre em conta o custo-benefício, uma vez que a implementação e manutenção dos sistemas acarretam custos elevados [28].

No que diz respeito à qualidade do ar interior, para salvaguardar o bem-estar e a saúde dos ocupantes, continua-se a dar grande relevância aos caudais mínimos de ar novo nesses espaços, principalmente, à ventilação natural se assim for possível. Com a utilização da ventilação natural, é possível diminuir os consumos de energia e a utilização de equipamentos mecânicos (o que acarreta custo na instalação, manutenção e utilização) diminuindo assim, os custos e melhorando a eficiência energética do edifício. É de salientar que deixam de ser obrigatórias as auditorias de qualidade do ar interior, mas mantém-se as necessidades de controlo das fontes poluentes e a adoção de medidas preventivas de forma a diminuir os possíveis riscos para a saúde pública.

Merece especial atenção o reconhecimento do pré-certificado e do certificado SCE como certificações técnicas, sendo que estes permitem uma melhor clarificação quando ocorrer alguma vistoria ou consulta, tornando-se obrigatórios em operações urbanísticas. São ainda aplicadas contraordenações a pessoas singulares e coletivas caso não sejam cumpridos os requisitos documentados no presente Decreto-Lei [28].

2.2.1 Decreto-Lei n.º 118/2013

Como já foi referido anteriormente, o Decreto-Lei n.º 118/2013 estabelece num único diploma o SCE, o REH e o RECS. O presente Decreto-Lei foi transposto da Diretiva n.º 2010/31/EU e permite uma melhor clarificação das medidas a serem tomadas para melhorar a eficiência energética dos edifícios. Para melhor compreensão técnica do SCE e dos dois regulamentos, especificamente, o REH e o RECS, o decreto é apoiado em quatro portarias e dez despachos.

No desenvolvimento do Decreto-Lei n.º 118/2013, que entrou em vigor a partir de 1 de Dezembro de 2013, é importante salientar quais são os edifícios que estão abrangidos pelo SCE, bem como os requisitos que estes estão sujeitos a cumprir para obterem um pré-certificado ou certificado SCE. No que diz respeito ao requisitos a cumprir por parte dos edifícios, merece especial destaque a qualidade térmica da envolvente e a eficiência dos sistemas técnicos no REH. Para além destes, o RECS engloba também a qualidade do ar interior e a instalação, condução e manutenção dos sistemas técnicos em edifícios novos, sujeitos a grandes intervenções ou existentes.

Segundo o Decreto-Lei, deve ter-se em conta se estes são ou não abrangidos pelo SCE, previsto no artigo 3º, quer sejam edifícios de habitação ou de comércio e serviço. Perante isso, e segundo o decreto, são abrangidos pelo SCE:

- Os edifícios ou frações, novos ou sujeitos a grande intervenção;
- Os edifícios ou frações existentes de comércio e serviço:
 - Com área útil de pavimento igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
 - Que sejam propriedade pública e explorados por uma entidade pública, quando visitados pela população e com uma área interior de pavimento ocupada superior a 500 m² e, a partir de 1 de julho de 2015, superior a 250 m².
- Todos os edifícios ou frações a partir da sua venda ou arrendamento posterior a 1 de Dezembro de 2013, salvo nos casos de:
 - Venda de edifícios ou frações que já estejam em processo executivo;
 - Arrendamento a quem seja já inquilino do edifício;
 - Arrendamento do lugar de residência habitual do senhorio por prazo inferior a quatro meses. [28]

Existem ainda edifícios que não se encontram incluídos no SCE, previsto no artigo 4º que são os seguintes:

- As instalações industriais, agrícolas ou pecuárias;
- Edifícios de locais de culto ou atividades religiosas;
- Edifícios em ruínas;

- Infraestruturas militares e edifícios afetos aos sistemas de informação, ou forças e serviço de segurança sujeitos a regras de controlo e de confidencialidade;
- Os edifícios ou frações destinadas a armazéns, oficinas, estacionamento e similares;
- Edifícios unifamiliares com área útil inferior a 50 m²;
- Entre outros [28].

No que diz respeito à matéria de certificação, podem distinguir-se dois tipos de certificados: o pré-certificado e o certificado SCE. Para a obtenção destes certificados é necessário cumprir determinados requisitos mínimos, que serão abordados mais à frente de acordo com o regulamento estabelecido em cada edifício. A elaboração de um pré-certificado ocorre em fase de projeto, antes do início da construção ou da grande intervenção no edifício, tendo um período válido de dez anos, salvo se a licença ou autorização da construção caducar. Já o certificado SCE é emitido por um perito qualificado para a certificação energética de edifícios ou frações, caracterizando o edifício de acordo com os termos de desempenho energético e tem um período válido de dez anos, exceto os grandes edifícios de comércio e serviço que passa a ser de seis em seis anos.

A existência de pré-certificados ou certificados SCE é verificada no controlo prévio à realização de operações urbanísticas, na celebração de contratos de arrendamento ou venda de edifícios ou frações, bem como na fiscalização de atividades económicas por parte das autoridades competentes. Quando existir qualquer irregularidade ou inexistência de um pré-certificado ou certificado, as entidades competentes devem informar a ADENE.

O incumprimento por parte do proprietário em não obter um pré-certificado ou certificado, consta de uma contraordenação punível com uma coima de 250,00€ a 3 740,00€, já nos casos de pessoas coletivas o valor sobe para 2 500,00€ a 44 890,00€, como previsto no artigo 20º do decreto. Uma nota importante a salientar é que, desde 1 de Dezembro de 2013, todas as publicidades relativas à venda ou arrendamento de edifícios ou frações têm, obrigatoriamente, de incluir no anúncio a classe energética do edifício ou fração [28].

2.3 Sistema de certificação energética dos edifícios (SCE)

Como já foi referenciado anteriormente, o atual SCE constitui num único diploma o REH e o RECS. Estes dois regulamentos definem concretamente as medidas e os requisitos mínimos que se deve ter em conta na construção de edifícios novos, sujeitos a grandes intervenções e existentes.

Inicialmente será abordado, de uma forma geral, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e, posteriormente e mais aprofundadamente, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço, verificando quais os requisitos implementados pelo presente decreto.

I. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

Relativamente ao REH, e segundo o Artigo 6º do Decreto-Lei n.º 118/2013, que trata do objeto de certificação, deve-se ter em conta os pontos 1, 2 e 3. Estes pontos referem que devem ser certificadas todas as frações e edifícios destinados a habitação unifamiliar, frações que sejam previstas a construir após constituição em PH (fração constituída em propriedade horizontal) e, por último, a certificação total do edifício caso todas as frações estejam certificadas [28].

No que diz respeito ao REH, é obrigatório por parte do proprietário ou imobiliária, a obtenção de um pré-certificado ou certificado SCE. Este pré-certificado ou certificado SCE deve ser disponibilizado aquando da venda ou aluguer do mesmo disponibilizando toda a informação energética do edifício para que o futuro proprietário esteja informado sobre a classe energética do seu edifício ou fração.

Tabela 2.1 Princípios gerais do REH (adaptado [29]).

Princípios Gerais		Comportamento Térmico	Eficiência dos Sistemas
Requisitos Específicos	Edifícios Novos	✘	✘
	Grandes Intervenções	✘	✘
	Existentes	—	—

Assim sendo, como já foi referido anteriormente, o REH dá elevada importância ao comportamento térmico e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios, como se pode visualizar na Tabela 2.1. Tanto o conforto térmico como a eficiência dos sistemas técnicos têm de obedecer a três requisitos específicos, existindo diferenças entre os edifícios novos e os sujeitos a grandes intervenções, para poderem obter um pré-certificado ou certificado SCE [30].

Há que diferenciar os requisitos específicos de acordo com o edifício a ser certificado. Na Tabela 2.2 constam, resumidamente, os tópicos essenciais quer para os edifícios novos quer para os sujeitos a grandes intervenções. Relativamente ao comportamento térmico, os edifícios têm de obedecer a requisitos energéticos, de qualidade e ventilação e, relativamente à eficiência dos sistemas técnicos, há que cumprir requisitos sobre sistemas técnicos, energéticos e sistemas solares térmicos.

Tabela 2.2 Requisitos específicos do REH (adaptado [29]).

Requisitos Específicos	Comportamento Térmico			Eficiência dos Sistemas		
	Energéticos	Qualidade	Ventilação	Sistemas técnicos	Solares térmicos	Energéticos
Edifícios novos	Limitação para aquecimento e arrefecimento	Da envolvente opaca; Fatores solares dos envidraçados	Renovações mínimas do ar interior	Eficiência; Requisitos gerais (manutenção, controlo,...)	Instalação obrigatória	Limitação das necessidades de energia primária
Grandes Intervenções	Requisitos energéticos diferenciados em função do ano de construção	Aplicáveis a elementos a interencionar	Renovações mínimas do ar interior	Eficiência: Requisitos gerais (manutenção, controlo,...)	Instalação obrigatória	Limitação das necessidades de energia primária flexibilizados em 50%

II. Regulamento do Desempenho dos Edifícios de Comércio e Serviços

No RECS são objeto de certificação, segundo o ponto 4 do artigo 6º, todos os edifícios de comércio e serviços que disponham de um sistema de climatização por fração ou um sistema de climatização centralizado, dispensando assim a certificação por frações. Como visto anteriormente no REH, onde era obrigatório cumprir requisitos de comportamento térmico e eficiência dos sistemas técnicos para a obtenção de um tipo de certificado, o RECS fica também sujeito a estes requisitos e ainda ao cumprimento da ventilação e qualidade do ar interior e à instalação, condução e manutenção dos sistemas técnicos.

Tabela 2.3 Princípios gerais do RECS (adaptado [29]).

Princípios Gerais		Comportamento Térmico	Eficiência dos Sistemas	Qualidade do Ar interior	Instalação Condução Manutenção
Requisitos específicos	Novos	✘	✘	✘	✘
	Grandes intervenções	✘	✘	✘	✘
	Existentes	—	—	✘	✘

Relativamente à qualidade do ar interior, os edifícios novos estão sujeitos a valores mínimos de caudal de ar em cada espaço do edifício, sendo de elevada importância a ventilação proveniente de meios naturais e, em caso de impossibilidade, o recurso a meios mecânicos ou à combinação dos dois. No que diz respeito a edifícios sujeitos a grandes intervenções, o valor do caudal de ar novo é igual aos edifícios novos, exceto em caso de incompatibilidades, em que é possível uma redução de 30%, desde que devidamente justificada.

Quanto à instalação, condução e manutenção dos sistemas técnicos, tanto nos edifícios novos como nos sujeitos a grandes intervenções, a instalação de sistemas de climatização (SC) deve ser realizada por uma equipa onde esteja integrado um técnico de instalação e manutenção. Todos os edifícios com potência nominal de climatização igual ou superior a 25 kW estão sujeitos a manutenção do edifício com auxílio de um Técnico de Instalação e Manutenção (TIM) que garanta a manutenção dos sistemas técnicos, supervisione as atividades realizadas nesse âmbito e registre toda a informação técnica relevante. Se os sistemas técnicos tiverem potência superior a 250 kW, o edifício fica sujeito a um plano de manutenção [31]. Na Tabela 2.4 é possível visualizar, resumidamente, os requisitos mínimos exigidos de acordo com cada tipologia de edifícios, que serão abordados, especificamente, mais à frente.

Tabela 2.4 Resumo dos requisitos exigidos no RECS (adaptado [31] e [32]).

RECS	Princípios Gerais	Edifícios Novos	Grandes Intervenções	Edifícios Existentes
Comportamento Térmico	Portaria n.º 349-D/2013 (ponto 6)	Portaria n.º 349-D/2013 (ponto 6)	Portaria n.º 349-D/2013 (ponto 6), salvo incompatibilidades desde que sejam devidamente justificadas	Sem requisitos
Eficiência dos Sistemas	Promoção da eficiência: Climatização AQS Iluminação SRCGT Elevadores Energia Renovável	Portaria n.º 349-D/2013 (pontos 6, 7, 8, 9, 10 e 12)	Portaria n.º 349-D/2013 (pontos 6, 7, 8, 9, 10 e 12) salvo incompatibilidades desde que sejam devidamente justificadas	Sem requisitos
Qualidade do Ar Interior	Portaria n.º 353-A/2013	Portaria n.º 353-A/2013 Caudais mínimos de ventilação natural/mecânica	Portaria n.º 353-A/2013 Caudais mínimos de ventilação natural/mecânica Redução em 30% dos caudais salvo incompatibilidades desde que sejam devidamente justificadas	Portaria n.º 353-A/2013 Fiscalização pela IGAMAOT
Instalação Condução e Manutenção dos Sistemas Técnicos	Portaria n.º 349-D/2013 Garantir a qualidade dos sistemas	Documentação técnica Instalações acompanhadas por TIM P> 25 kW - Ensaios de receção e TIM P> 250 kW - PM elaborado pelo TIM Alterações registadas no PM	Igual aos novos PM+TIM	Igual aos novos

2.4 Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços

Com a implementação do novo regulamento SCE e, como já foi referenciado anteriormente, este diploma engloba o REH e o RECS. Assim sendo, de seguida, irá ser abordado, de uma forma mais aprofundada, o funcionamento do RECS.

2.4.1 Parâmetros transversais

Uma vez que foi inserido um novo regulamento para o SCE, o RECS sofre modificações no cálculo do Indicador de Eficiência Energética, IEE, e da classificação energética. A classificação energética deixa de se basear em condições de funcionamento e passa a ser efetuada com base nas condições reais previstas ou efetivas, comparando esses consumos com os consumos de referência. São comparados então dois tipos de edifícios, o edifício real versus o edifício de referência, para ser possível avaliar o IEE e a classificação energética.

Quando se faz referência aos consumos reais, fala-se dos consumos obtidos através do funcionamento real com soluções reais. O consumo energético real previsto surge para soluções de projeto de edifícios a construir, realizando uma estimativa do consumo real do edifício com base na localização, eficiência dos sistemas a instalar e nos perfis de utilização previsto no projeto. Por outro lado, o consumo de energia real efetivo é obtido através dos edifícios existentes, realizando uma avaliação energética ou através das faturas de energia.

Por fim, os indicadores, previstos e real, de um edifício são comparados com o indicador de referência, que é calculado para um funcionamento real, mas com soluções de referência definidas pelo RECS, para assim avaliar o desempenho energético do edifício. Para o cálculo desses indicadores, uma nota importante é a localização, como já foi referido e, segundo o Despacho n.º 15793-F/2013, são definidas zonas climáticas para as estações de aquecimento e arrefecimento para, assim, definir os requisitos mínimos da qualidade térmica envolvente do edifício [33].

A divisão das zonas climáticas do país baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, Tabela 2.5 Esta divisão por municípios tem como base o Decreto-Lei n.º 85/2009 e a Lei n.º 21/2010, estando o NUTS III dividido em trinta unidades, das quais vinte e oito são representativas de Portugal Continental e duas das regiões autónomas.

Tabela 2.5 Tabela das unidades territoriais e dos respetivos municípios (adaptada [33]).

NUTS III	
Alto Trás-do-Montes	Alfândega da Fé, Boticas, Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Ribeira de Pena, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouco de Aguiar, Vimioso, Vinhais
Cávado	Amares, Barcelos, Braga, Esposende, Terras de Bouro, Vila Verde
Ave	Cabeceiras de Basto, Fafe, Guimarães, Mondim de Bastos, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão, Vizela

Grande Porto	Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa do Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde, Vila Nova de Gaia
Tâmega	Amarante, Baião, Castelo de Paiva, Celorico de Bastos, Cinfães, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel, Resende
Douro	Alijó, Armamar, Carrazeda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Mesão Frio, Moimenta da Beira, Murça, Penedono, Peso da Régua, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Vila Nova de Foz Côa, Vila Real
Entre Douro e Vouga	Arouca, Oliveira de Azeméis, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Vale de Cambra
Baixo Vouga	Águeda, Albergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga, Vagos
Baixo Mondego	Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Mealhada, Mira, Montemor-o-Velho, Mortágua, Penacova, Soure
Beira Interior Norte	Almeida, Celorico da Beira, Figueira de Castelo Rodrigo, Guarda, Manteigas, Meda, Pinhel, Sabugal, Trancoso
Beira Interior Sul	Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor, Vila Velha de Ródão
Cova da Beira	Belmonte, Covilhã, Fundão
Serra da Estrela	Fornos de Algodres, Gouveia, Seia
Dão-Lafões	Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Mangualde, Nelas, Oliveira de Frades, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, São Pedro do Sul, Sátão, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu, Vouzela
Pinhal Interior Norte	Alvaiázere, Ansião, Arganil, Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, Góis, Lousã, Miranda do Corvo, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penela, Tábua, Vila Nova de Poiares
Pinhal Interior Sul	Oleiros, Proença-a-Nova, Sertã, Vila de Rei
Pinhal Litoral	Batalha, Leiria, Marinha Grande, Pombal, Porto de Mós
Oeste	Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos, Sobral de Monte Agraço, Torres Vedras
Médio Tejo	Abrantes, Alcanena, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Mação, Ourém, Sardoal, Tomar, Torres Novas, Vila Nova da Barquinha
Lezíria do Tejo	Almeirim, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santarém
Grande Lisboa	Amadora, Cascais, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas, Oeiras, Sintra, Vila Franca de Xira
Península de Setúbal	Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra, Setúbal
Alto Alentejo	Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Marvão, Monforte, Mora, Nisa, Ponte de Sôr, Portalegre
Alentejo Central	Alandroal, Arraiolos, Borba, Évora, Montemor-o-Novo, Mourão, Portel, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Sousel, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vila Viçosa
Alentejo Litoral	Alcácer do Sal, Grândola, Odemira, Santiago do Cacém, Sines
Baixo Alentejo	Aljustrel, Almodôvar, Alvito, Barrancos, Beja, Castro Verde, Cuba, Ferreira do Alentejo, Mértola, Moura, Ourique, Serpa, Vidigueira
Algarve	Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, S. Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo, Vila Real de Santo António
Região Autónoma do Açores	Vila do Porto, Lagoa, Nordeste, Ponta Delgada, Povoação, Ribeira Grande, Vila Franca do Campo, Angra do Heroísmo, Praia da Vitória, Santa Cruz da Graciosa, Calheta, Velas, Lajes do Pico, Madalena, São Roque do Pico, Horta, Lajes das Flores, Santa Cruz das Flores, Vila do Corvo
Região Autónoma da Madeira	Calheta, Câmara de Lobos, Funchal, Machico, Ponta do Sol, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santa Cruz, Santana, São Vicente, Porto Santo

O presente despacho define dois tipos de zonas climáticas bem como os parâmetros a ter em conta. Quanto às zonas climáticas, consideram-se duas, a de Verão e a de Inverno, estando

estas divididas em três (1, 2 e 3), como é possível observar na Tabela 2.6. As zonas climáticas de Inverno são definidas a partir do número de graus-dias (GD) na base dos 18 °C, correspondendo à estação de aquecimento. As zonas climáticas de Verão são definidas a partir da temperatura exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext, v}$) [33].

Tabela 2.6 Critério para determinação das zonas climáticas (adaptado [33]).

Zona climática de Inverno			
Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3
Zona climática de Verão			
Critério	$\theta_{ext, v} \leq 20 \text{ °C}$	$20 \text{ °C} < \theta_{ext, v} \leq 22 \text{ °C}$	$\theta_{ext, v} > 22 \text{ °C}$
Zona	V1	V2	V3

No que diz respeito aos parâmetros climáticos, X , estes estão associados à localização do edifício, obtidos a partir de valores de referência X_{REF} para cada NUTS III e ajustados com base na altitude desse mesmo local, z . As correções referidas anteriormente são do tipo linear, com declive, a , que é proporcional à diferença de altitudes entre o local de implementação e a altitude de referência z_{REF} para a NUTS III [33].

$$X = X_{REF} + a(z - z_{REF}) \text{ [meses ou °C]} \quad (2.1)$$

2.4.2 Ventilação e qualidade do ar interior

Com a implementação do RECS, é de salientar a importância da qualidade do ar interior. O Decreto-Lei n.º 118/2013 remete para a Portaria n.º 353-A/2013, que estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo, dependendo da ocupação e do tipo de edifício e sistemas de climatização presentes, estabelecendo ainda os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior.

A. Tipos de ventilação

No que diz respeito aos tipos de ventilação existem três estratégias diferentes: ventilação natural, forçada ou híbrida. A ventilação natural ocorre naturalmente, sem recorrer a dispositivos mecânicos, sendo que este tipo de ventilação depende das condições atmosféricas, ou seja, da temperatura do ar e do vento exterior. Já a ventilação mecânica recorre aos dispositivos mecânicos para renovar o ar interior e, neste tipo de sistemas, o controlo do caudal é mais eficaz do que na ventilação natural, garantindo assim as renovações mínimas exigidas, mas acarreta custos. Por último, a ventilação híbrida é a combinação da ventilação natural e da mecânica garantindo assim a QAI e o conforto térmico, possibilitando a minimização de custos de energia.

Com a utilização da ventilação natural, para que sejam cumpridos os requisitos exigidos na QAI e no conforto térmico, é necessário ter em conta alguns parâmetros tais como: a localização

do edifício devido às condições exteriores (humidade, qualidade do ar, temperatura, velocidade do vento, etc.) e a construção do edifício (dimensões das aberturas, orientação, fontes de calor, poluentes, etc.). Surgem alguns problemas com essa aplicação, sendo o principal assegurar os valores mínimos de caudal de ar novo nos espaços e, por isso, são previstos três métodos para garantir as condições exigidas: método base, método simplificado ou método condicional [32].

A aplicação do método base para a verificação do caudal mínimo de ar novo deve ser efetuada com base no cálculo horário da taxa de renovação de ar, baseado num método que satisfaça os requisitos exigidos na norma EN 15242, ou outra técnica equivalente. Para se considerar que o sistema de ventilação natural é adequado segundo o método base, este tem de assegurar, em cada espaço, o caudal mínimo de ar novo em pelo menos 90% do tempo, no período de ocupação do ano [32].

O método simplificado é aplicado em edifícios com um máximo de quatro pisos e em espaços onde não se desenvolvam atividades que impliquem a libertação de poluentes e não disponham de aparelhos poluentes. A ventilação natural, segundo este método, é adequada quando forem cumpridos os requisitos simplificados da norma EN 15242. O caudal de ar novo proporcionado pelo sistema de ventilação é igual ou superior ao valor do caudal mínimo de ar novo determinado no método analítico ou prescritivo, como será visto mais à frente [32].

Por último, o método condicional é aplicado a edifícios com mais de quatro pisos e onde não se desenvolvam atividades que emitam poluentes específicos e que não disponham de aparelhos de combustão, considerando então que, para um caudal de ventilação natural adequado seja necessário satisfazer as seguintes condições: a área útil das coberturas na envolvente exterior não deve ser inferior a 4% da área de pavimento do espaço com ventilação natural, sendo a atuação sobre as aberturas acessível aos utilizadores; e a adequação do tamanho das janelas, caso estas sejam utilizadas na ventilação, entre outras. [32]

Por outro lado, a ventilação mecânica, requer a utilização de sistemas mecânicos para promover a renovação do ar interior. Este tipo de sistemas permite que seja extraído ou insuflado ar para o interior realizando, assim, a troca de ar e garantindo os caudais mínimos de ar exigidos no RECS, tendo em conta que deve ser garantida uma distribuição homogénea de ar nas zonas ocupadas.

Como foi referido anteriormente, a ventilação híbrida é a junção da ventilação natural e mecânica, aproveitando, assim, as duas técnicas de ventilação. Este tipo de ventilação é a mais adequado uma vez que se pode aproveitar a ventilação natural e, caso esta não seja suficiente, utilizar sistemas mecânicos para completar as renovações de caudal de ar novo exigidas. Este tipo de ventilação garante sempre que as renovações de ar são realizadas e, devido à utilização

da ventilação natural, completada, de seguida, pela mecânica, minimiza o custo em relação à utilização exclusiva da ventilação mecânica.

B. Caudal mínimo de ar novo

O cálculo do caudal mínimo de ar novo a considerar nos espaços pode ser determinado através do método analítico ou do método prescritivo. No método analítico aplica-se a evolução temporal da concentração de dióxido de carbono esperado no espaço em função do perfil de ocupação, ventilação e características físicas dos ocupantes. O método prescritivo baseia-se na determinação de caudais de ar novo que garantem a atenuação das cargas poluentes devido à ocupação do espaço e à construção do próprio edifício.

Como já foi referido anteriormente, no método analítico aplica-se a evolução temporal, sendo que para isso existem determinadas regras a serem cumpridas. As principais regras para aplicação deste método são as seguintes:

- O caudal mínimo de ar novo a considerar deve corresponder ao menor valor de caudal de ar necessário para cumprir o limiar de proteção de CO₂ durante o período de ocupação;
- O caudal de ar mínimo determinado pelo método não pode ser inferior ao necessário para diluir os poluentes;
- O valor da concentração de CO₂ no exterior deve corresponder a 702 mg/m³;
- O cálculo do caudal mínimo de ar novo é determinado através de um processo de cálculo da concentração média de CO₂ durante o período de ocupação, sendo que o valor do caudal de ar novo é ajustado até assegurar que não é excedido o limiar de proteção para a concentração de CO₂.
- Para o cálculo do caudal, deve-se ter em conta, ainda, as dimensões do espaço, o número de ocupantes, o perfil horário de ocupação e ventilação, o nível de atividade metabólica e a área da superfície corporal [32].

Por outro lado, o método prescritivo baseia-se na determinação de caudais de ar novo e, para isso, são utilizadas as seguintes regras:

- O caudal mínimo de ar novo a considerar para a sua aplicação é o maior dos valores determinados para os dois tipos de carga poluente, atividade metabólica e caudal necessário para diminuir a carga poluente devido à ocupação e até aos materiais;
- Para os espaços ocupados por pessoas, onde existe mais que um tipo de atividade, é necessário calcular uma média ponderada do nível e atividade metabólica;
- Deve-se ter em conta os valores tabelados, considerando se a carga poluente é devida aos ocupantes do espaço ou é devida aos materiais do edifício e sua utilização [32].

Existem também exceções, mais propriamente, locais onde não é necessário cumprir os valores de caudal de ar novo mínimos referenciados anteriormente, bem como a verificação de condições de adequada ventilação natural. Perante isso, os edifícios ou frações excluídas são: os corredores, balneários, instalações sanitárias, arrumos, armazéns, copas e similares ou espaços que sejam ocupados por períodos de tempo inferior a duas horas por dia, espaços técnicos e locais sujeitos a requisitos de higiene e segurança no local de trabalho [32].

2.4.3 Envolvente térmica

Quando se menciona a envolvente térmica de um edifício, inclui-se toda a envolvente exterior do mesmo, que o protege das condições climatéricas, sol, chuva, vento, neve, entre outras. Todas as soluções construtivas devem ser caracterizadas em termos do seu comportamento térmico ou das características técnicas que possam determinar ou afetar esse comportamento térmico.

No que diz respeito à envolvente térmica é necessário ter em conta dois grandes aspetos: a envolvente opaca e os vãos envidraçados.

A. Envolvente opaca

A envolvente opaca do edifício inclui todos os elementos exteriores de um edifício, sendo os principais, as paredes e os telhados. É necessário ter em conta o coeficiente de transmissão térmica dos elementos exteriores de um edifício, não podendo ser superior aos valores indicados na Tabela 2.7, salvo a exceção de situações em que seja demonstrado que o cumprimento de tais requisitos conduz a um aumento dos consumos de energia [31].

Tabela 2.7 Valores do coeficiente de transmissão térmica máxima admissível para a envolvente opaca exterior de edifícios de comércio e serviços [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] (adaptado [31]).

Elemento em zona corrente da envolvente	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Elemento opaco vertical	1.75	1.60	1.45
Elemento opaco horizontal	1.25	1.00	0.90

B. Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados dos edifícios correspondem a qualquer tipo de janela exterior existente no mesmo, sendo que os envidraçados horizontais e verticais que não se encontrem orientados a norte devem apresentar um fator solar global com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados (g_T), obedecendo à seguinte expressão [31]:

$$g_T \times F_0 \times F_f \leq g_{Tm\acute{a}x} \quad (2.2)$$

Sendo:

g_T - Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes ou móveis, totalmente ativados;

F_0 - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;

F_f - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício.

$g_{Tmáx}$ - Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados, obtido da Tabela 2.8.

Como foi mencionado anteriormente, a Tabela 2.8 traduz os fatores solares máximos admissíveis.

Tabela 2.8 Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados de edifícios de comércio e serviços (adaptado [31]).

$g_{Tmáx}$ por zona climática		
V1	V2	V3
0.56	0.56	0.50

Deve notar-se que, caso a soma das áreas dos vãos envidraçados verticais indicados anteriormente seja superior a 30% da área da fachada, é utilizada outra equação, presente na Portaria 349-D/2013. Também é de referir que caso tal condição leve ao aumento dos consumos energéticos e devidamente justificada, esta será dispensada do cumprimento dos requisitos [31].

2.4.4 Sistemas de climatização

No que diz respeito à instalação de sistemas de climatização nos edifícios de comércio e serviços, estes têm de cumprir determinados requisitos, variando com o tipo de edifício, instalação, carga térmica, características dos sistemas, bem como com a regulação e monitorização dos mesmos. Contudo, estes sistemas estão também sujeitos a requisitos gerais, independentemente do tipo de sistema instalado. Indicam-se de seguida os principais requisitos que se deve ter em conta:

- Para instalações com potência térmica superior a 25 kW deve ser elaborado um projeto de aquecimento, ventilação e ar condicionado por um técnico responsável reconhecido;
- A potência elétrica para aquecimento não pode exceder os 5% da potência térmica global de aquecimento até ao limite de 25 kW;

- Para os sistemas exclusivos a arrefecimento é permitida a instalação de equipamentos destinados a reaquecimento terminal, desde que a potência não exceda 10% da potência térmica global de arrefecimento a instalar;
- Quando a soma dos caudais de ar de insuflação dos equipamentos exceder 1000 m³/h em sistemas do tipo “tudo ar” é obrigatória a instalação de equipamentos de arrefecimento para os locais;
- Para sistemas de climatização com potências superiores a 100 kW dotados de ventilação mecânica é obrigatória a instalação de sistemas de caudal de ar novo variável desde que a sua ocupação média em funcionamento seja inferior a 50%;
- Os requisitos podem não ser aplicados desde que o projetista justifique e fundamente a inviabilidade técnica da instalação segundo os critérios do Despacho-Geral de Energia e Geologia [31].

Segundo o novo regulamento, os sistemas de climatização devem cumprir mínimos de classe energética, sendo que estes se encontram estabelecidos na classe “C”, desde a entrada em vigor do presente decreto, passando a classe “B” a partir de 31 de Dezembro de 2015. Os equipamentos que ainda não se encontram classificados energeticamente têm de cumprir requisitos equivalentes, exemplo da Tabela 2.9, em termos do EER e COP, tendo por base o menor valor de intervalo previsto na respetiva matriz de classificação. Estes valores encontram-se tabelados para as diferentes unidades do tipo split, multi-split, VRF, compactas (com permuta de ar-ar, permuta de ar-água), rooftop e chiller bomba de calor de compressão.

Tabela 2.9 Classificação do desempenho de unidades split, multi-split, VRF e compactas, com permuta de ar-ar (adaptado [31]).

Classe	Unidades com permuta exterior a ar			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades split, multi-split e VRF	Unidades compactas	Unidades split, multi-split e VRF	Unidades compactas
A	ERR > 3.20	ERR > 3.00	COP > 3.60	COP > 3.40
B	3.20 >ERR > 3.00	3.00 >ERR > 2.80	3.60 > COP > 3.40	3.40 > COP > 3.20
C	3.00 >ERR > 2.80	2.80 >ERR > 2.60	3.40 > COP > 3.20	3.20 > COP > 3.00
D	2.80 >ERR > 2.60	2.60 >ERR > 2.40	3.20 > COP > 2.80	3.00 > COP > 2.60
E	2.60 >ERR > 2.40	2.40 >ERR > 2.20	2.80 > COP > 2.60	2.60 > COP > 2.40
F	2.40 >ERR > 2.20	2.20 >ERR > 2.00	2.60 > COP > 2.40	2.40 > COP > 2.20
G	ERR ≤ 2.20	ERR ≤ 2.00	COP ≤ 2.40	COP ≤ 2.20

No que diz respeito à distribuição, as unidades de tratamento de ar devem pertencer a uma gama certificada e classificada e obedecer a requisitos mínimos. A eficiência mínima exigida corresponde à classe “D”, após a entrada em vigor do decreto e, a partir de 31 de Dezembro de 2015, à classe “C”.

2.4.5 Águas quentes sanitárias

Os sistemas de produção de AQS instalados em edifícios de comércio e serviços devem cumprir os requisitos gerais, específicos, bem como o controlo, regulação e monitorização. Todos os edifícios, independentemente do tipo de sistemas a instalar, que possuam uma área de cobertura disponível, devem instalar, obrigatoriamente, sistemas solares térmicos para aproveitar a energia do sol no aquecimento das águas [31].

No que toca à produção, as caldeiras, esquentadores e outros tipos de equipamentos de queima usados em sistemas de preparação de AQS, têm de cumprir os requisitos mínimos de eficiência, como se pode observar na Tabela 2.10.

Tabela 2.10 Rendimento Nominal de caldeiras e esquentadores (adaptado [31]).

Caldeiras	Classe Energética	Rendimento Nominal (η)
	A++	$\eta \geq 96\%$
	A+	$96\% \geq \eta > 92\%$
	A	$92\% \geq \eta > 89\%$
	B	$89\% \geq \eta > 86\%$
	C	$86\% \geq \eta > 83\%$
	D	$83\% \geq \eta > 80\%$
	E	$80\% \geq \eta > 77\%$
F	$\eta \leq 77\%$	
Esquentadores	Potência (kW)	Rendimento
	≤ 10	≥ 0.82
	>10	≥ 0.84

As bombas de calor devem apresentar um certificado “European Quality for Heat Pumps” ou, de acordo com a norma EN 14511, apresentar um COP mínimo de 2,3. Por último, a eficiência dos termoacumuladores elétricos deve cumprir os requisitos mínimos tabelados em função das perdas estáticas dos equipamentos, Q_{pr} (Tabela 2.11).

Tabela 2.11 Valores de eficiência de termoacumuladores em função de Q_{pr} (adaptado [31]).

Intervalos de Q_{pr} [kWh/24]	Eficiência
$Q_{pr} < 1$	0.97
$1 \leq Q_{pr} < 1.5$	0.95
$Q_{pr} \geq 1.5$	0.93

2.4.6 Sistemas de iluminação

Os sistemas de iluminação dos edifícios de comércio e serviços estão obrigados a cumprir os requisitos gerais e específicos acordados nas normas europeias EN 12464-1 e EN15193, assim como a densidade de potência e requisitos de controlo, de regulação de fluxo e de monitorização e gestão.

De uma forma geral, quando se projeta a iluminação de um edifício ou a remodelação do mesmo deve-se ter em conta que as luminárias devem ter elevados rendimentos, fontes de luz e acessórios com níveis de eficiência em conformidade com a regulamentação europeia, como já foi referido anteriormente. De acordo com as exigências das normas, e segundo a EN 12464-1, os valores máximos admissíveis de iluminância não podem exceder em mais de 30% os valores presentes no ponto 5.3 “Requisitos de iluminação para espaços interiores, tarefas e atividades” [31].

De acordo com cada espaço existente no edifício e em função do mesmo, devem ser cumpridos os valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI), sendo que este não pode exceder os valores tabelados na Portaria 349-D/2013. No que diz respeito ao controlo, regulação e monitorização da iluminação nos edifícios, a principal finalidade/objetivo é a redução do consumo de energia, aumentando, assim, a eficiência energética do edifício. Esse controlo deverá ser feito de acordo com as exigências operacionais de cada edifício, sendo que existem mínimos obrigatórios a adotar de acordo como o tipo de edifício, como se pode verificar na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 Funções mínimas dos sistemas de iluminação a instalar em edifícios novos e sujeitos a grandes intervenções (adaptada [31]).

	Edifícios novos		Edifícios sujeitos a grande intervenção	
	Grande Edifício de Serviço (GES)	Pequeno Edifício de Serviço (PES)	Grande Edifício de Serviço (GES)	Pequeno Edifício de Serviço (PES)
Deteção de presença	X	X	X	X
Comutação por luz natural	—	—	X	—
Regulação por luz natural	X	—	—	—
Controlo horário	X	X	X	—
Comando por interface	X	—	X	—
Gestão operacional	X	—	X	—

2.4.7 Sistemas de regulação, controlo e gestão técnica

Os sistemas de regulação, controlo e gestão técnica são obrigatórios dependendo da potência térmica nominal instalada no edifício, como é possível ver na Tabela 2.13.

Tabela 2.13 Tipos de sistema de regulação, controlo e gestão técnica a adotar em função da potência térmica nominal (adaptado [31]).

Potência (kW)	Tipo de Sistema
Inferior 100	Sistemas Autónomos de Regulação e Controlo
Entre 100 e 250	Sistemas de Gestão Técnica
Igual ou superior a 250	Sistemas de Gestão Técnica Centralizada

No que diz respeito aos sistemas autónomos de regulação e controlo, estes devem cumprir os requisitos presentes na Portaria 349-D/2013, de acordo com cada sistema técnico instalado. Por outro lado, os sistemas de gestão técnica centralizada devem ser projetados por projetistas reconhecidos, sendo que este deve incluir todos os sistemas técnicos presentes no edifício e cumprir os requisitos mínimos da classe C definidos na tabela 1 da norma EN15232. Os sistemas de gestão técnica centralizada devem adotar alguns requisitos, tais como: protocolos de comunicação normalizados, instalação de contadores de energia elétrica por sistema ou instalação de AVAC, contador individual de energia que provenha de energias renováveis, contadores gerais de energia elétrica, térmica ou fontes renováveis entre outras e, ainda, existência de um arquivo com todos os dados registados (temperatura e humidade do ar, medições de CO₂, contagem dos contadores,...) [31].

2.4.8 Elevadores

Os elevadores instalados a partir da entrada em vigor do Decreto-Lei 118/2013, apresentam uma classe de eficiência energética mínima C, e a partir de 31 de Dezembro de 2015, passa a classe B, sendo obrigatória a afixação de uma etiqueta do desempenho energético do elevador. Para além destes requisitos, os elevadores ainda estão sujeitos a outros requisitos, tais como, o controlo da iluminação da cabine (desde a entrada em vigor do decreto), funcionamento em Sleep mode (a partir de 31 de Dezembro de 2015) e regeneração de energia para todos os elevadores instalados a partir de 31 de Dezembro de 2018 [31].

2.4.9 Sistemas de energia renovável

Referente aos sistemas de energia renovável, deve ser elaborado um estudo onde seja possível averiguar se a instalação de sistemas fotovoltaicos, eólicos, biomassa e geotérmica é economicamente viável e permite ao utilizador aumentar a eficiência energética do edifício.

2.4.10 Edifícios existentes

Nos edifícios existentes ou sujeitos a grandes intervenções por vezes é difícil conseguir informações detalhadas da construção do edifício e dos sistemas técnicos uma vez que estes sofrem alterações desde a sua finalização/implementação. A identificação das características dos sistemas técnicos, por vezes, é impossível, pois são instalados novos sistemas técnicos, realizadas modificações na estrutura do edifício (como a colocação de novos isolamentos, novos telhados) que não são registadas e alteradas no projeto do edifício. Perante este problema, foi criado um despacho onde são implementadas regras de simplificação a utilizar nos edifícios existentes e sujeitos a grandes intervenções para, assim, avaliar a classe energética do edifício.

As simplificações presentes no Despacho nº 15793-E/2013 recaem na envolvente (levantamento dimensional e parâmetros térmicos), na ventilação e na eficiência dos sistemas.

A. Envolvente

No que diz respeito à envolvente dos edifícios, o levantamento das áreas deve ser feito de acordo com a realidade do edifício, isto é, se o edifício sofreu alterações e não foram registadas no projeto, deve-se ter em conta essas modificações e recorrendo à melhor informação disponibilizada pelo proprietário. Como já foi referido, para os edifícios novos, o levantamento dimensional deve ser feito a partir do interior, sendo que se podem usar as regras de simplificação aplicáveis no levantamento, como registado na Tabela 2.14.

Tabela 2.14 Regras de simplificação aplicáveis ao levantamento dimensional (adaptado [34]).

Parâmetro	Regras de Simplificação
Área útil de pavimento	Ignorar áreas de parede /pavimento /cobertura associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1.0 m
Área de parede (interior e exterior)	Ignorar áreas de parede/ pavimento/ cobertura associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1.0 m
Área de pavimento (interior e exterior)	Reduzir o valor da área interior útil de pavimento total em 10% caso a medição da área seja feita de forma global, incluindo a área de contacto das paredes divisórias com os pavimentos, isto é, sem compartimentação dos espaços
Área de cobertura (interior e exterior)	A área das coberturas inclinadas (inclinação superior a 10°) pode ser medida no plano horizontal, agravando-se o valor medido em 25%
Pé-direito médio	Em caso de pé-direito variável deverá ser adotado um valor médio aproximado e estimado em função das áreas de pavimento associadas
Área de portas (interior e exterior)	As portas de envolvente com uma área envidraçada inferior a 25% poderão considerar-se incluídas na secção corrente da envolvente opaca contígua, sendo que no caso contrário poderão ser tratadas globalmente como um vão envidraçado

No que diz respeito à transferência de calor por condução através da envolvente, deve-se ter em conta se esta ocorre em zonas correntes da envolvente, zonas não correntes da envolvente (pilares, vigas, caixas de estore e outras heterogeneidades) ou elementos em contacto com o solo. Para a determinação das zonas correntes da envolvente deve-se ter em conta os desenhos e fichas técnicas de projetos, e a obtenção das características construtivas com visita e recolha de fotos no local. No que diz respeito às zonas não correntes da envolvente, para o cálculo das perdas planas de calor por condução através da envolvente, é necessário ter em conta se as paredes são contruídas com alvenaria de pedra ou com isolamento exterior contínuo. Este tipo de isolamento reduz as pontes térmicas planas, o que dispensa a determinação rigorosa das áreas e dos coeficientes de transmissão térmica das zonas de pilares, vigas, estores, considerando então o coeficiente de transmissão térmica da zona corrente da envolvente. No caso de situações onde não exista evidência do tipo de construção que garante a ausência ou reduzidas zonas de ponte térmica plana, deve-se considerar um agravamento de 35% no coeficiente de transmissão térmica para a zona corrente [34].

Por último, para calcular os ganhos solares brutos existem simplificações de acordo com os ângulos formados por elementos horizontais e verticais sobrepostos aos vãos envidraçados,

como palas, varandas, etc. Tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento, existem valores tabelados no Despacho nº 15793-E de acordo com as regras de simplificação utilizadas para o cálculo do produto $F_s \times F_g$ [34].

B. Ventilação

Para efeitos do estudo da ventilação, existem simplificações a serem consideradas, sendo que a mais relevante, para efeito de cálculo do consumo de energia dos ventiladores e na ausência de outra informação, consiste em utilizar a potência elétrica de 16 W por cada 50 m³/h de ar extraído [34].

C. Eficiência dos sistemas técnicos

Relativamente à eficiência dos sistemas técnicos de climatização e de produção de águas quentes sanitárias, para o cálculo das necessidades nominais globais de energia deve-se dar preferência a resultados ou medições realizadas no último ano ou, como alternativa, recorrer às informações técnicas disponibilizadas pelo fabricante. Por vezes, não é possível obter informação dos sistemas instalados, devem então utilizar-se simplificações para o cálculo, recorrendo a valores tabelados, sem esquecer que a eficiência dos sistemas varia com a sua idade [34].

2.5 Metodologias de cálculo do indicador de eficiência energética

Para avaliar os edifícios de comércio e serviços de acordo com o seu desempenho energético é necessário determinar qual o seu Indicador de Eficiência Energética (IEE), que corresponde ao somatório dos diferentes consumos anuais de energia, agrupados em indicadores parciais e convertidos para energia primária por unidade de área útil de pavimento, sendo a expressão geral:

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{REN} ; \left[\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano} \right] \quad (2.3)$$

Na expressão anterior, o IEE_S refere-se aos consumos de energia que são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício. Indicam-se na Tabela 2.15 quais as fontes a considerar. A expressão para calcular o IEE_S é a seguinte [31]:

$$IEE_S = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{S,i} \times F_{pu,i}) ; \left[\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano} \right] \quad (2.4)$$

Onde:

$E_{S,i}$ - Consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo S [kWh/ano];

A_p - Área útil de pavimento [m^2];

$F_{pu,i}$ - Fator de conversão de energia útil para energia primária, que traduz o rendimento global do sistema de conversão e transporte de energia de origem primária, de acordo como o Despacho nº 15793-D/2013 [35].

O segundo elemento da expressão de cálculo do IEE é o IEE_T , que se refere aos consumos de energia que não são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício, identificados na Tabela 2.15. A expressão do IEE_T é dada por [31]:

$$IEE_T = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{T,i} \times F_{pu,i}); \left[\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano} \right] \quad (2.5)$$

Onde:

$E_{T,i}$ - Consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo T [kWh/ano];

A_p - Área útil de pavimento [m^2];

$F_{pu,i}$ - Fator de conversão de energia útil para energia primária, que traduz o rendimento global do sistema de conversão e transporte de energia de origem primária, de acordo como o Despacho nº 15793-D/2013 [35].

Na tabela seguinte, como já foi referido anteriormente, estão discriminadas os tipos de consumo que devemos considerar no IEE_S e no IEE_T para o cálculo do IEE..

Tabela 2.15 Consumos de energia a considerar no IEE_S e no IEE_T (adaptado [31]).

Consumos no IEE_S	Consumos no IEE_T
-Aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humidificação e desumidificação	-Ventilação e bombagem não associado ao controlo de carga térmica
-Ventilação e bombagem em sistemas de climatização	-Equipamentos de frio
-Aquecimento de águas quentes sanitárias e piscinas	-Iluminação dedicada e de utilização pontual
-Iluminação interior	-Elevadores, escadas e tapetes rolantes (até 31 de Dezembro de 2015)
-Elevadores, escadas e tapetes rolantes (a partir de 1 de janeiro de 2016)	-Iluminação exterior (até 31 de Dezembro de 2105)
-Iluminação exterior (a partir de 1 de janeiro de 2016)	-Todos os restantes equipamentos e sistemas não incluídos em IEE_S

Por último, caso existam fontes de energia renovável, mais propriamente relativos à produção de energia térmica e elétrica, deve-se ter em conta o IEE_{ren} , sendo que só é contabilizada a energia elétrica que é usada para autoconsumo e a energia térmica utilizada ou passiva de utilizar no edifício. A equação seguinte traduz o cálculo do IEE_{ren} [31]:

$$IEE_{ren} = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{ren,i} \times F_{pu,i}); \left[\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano} \right] \quad (2.6)$$

em que:

$E_{ren,i}$ - Produção de energia por fonte de energia i a partir de fontes de origem renovável para consumo [kWh/ano], calculada de acordo com as regras presentes no Despacho n.º 15793-H/2013 [36];

A_p - Área útil de pavimento [m²];

$F_{pu,i}$ - Fator de conversão de energia útil para energia primária, que traduz o rendimento global do sistema de conversão e transporte de energia de origem primária, de acordo como o Despacho n.º 15793-D/2013 [35].

No que diz respeito ao IEE, existem três tipos de indicadores diferentes: o previsto, o efetivo e o de referência, que são calculados de acordo com métodos estabelecidos pela Portaria n.º 349-D. De seguida será caracterizado cada indicador bem como o método utilizado para o seu cálculo.

O Indicador de Eficiência Energética Previsto (IEE_{pr}) traduz o consumo de energia do edifício de acordo com a localização, características envolventes, eficiência dos sistemas técnicos e os perfis de utilização previstos no edifício. A expressão do IEE_{pr} é composta pelas três parcelas da expressão geral sendo que o cálculo do IEE_{pr} pode ser feito de duas maneiras, por simulação dinâmica multizona ou por cálculo dinâmico simplificado [31].

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} + IEE_{pr,REN} ; \left[\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano} \right] \quad (2.7)$$

Quando se utiliza a simulação dinâmica multizona, este método deve cumprir requisitos mínimos a ter em conta no levantamento e caracterização do edifício bem como condições a respeitar na sua aplicação, não esquecendo que para se poder aplicar é necessário o auxílio de um programa acreditado pela norma ASHRAE 14 devendo ser capaz de modelar:

- Mais que uma zona térmica;
- Com um incremento de tempo horário e por um período de ano civil, contabilizado em 8760 horas;
- A variação horária de cargas internas, diferenciadas em ocupação, iluminação e equipamentos;
- Os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias da semana e fins-de-semana;
- A recuperação de calor do ar de rejeição [31];
- O efeito da massa térmica do edifício.

Quanto à utilização do método dinâmico simplificado para o cálculo do IEE_{pr} deve-se ter por base determinadas regras, mínimos a considerar no levantamento e caracterização do edifício bem como condições a respeitar na aplicação do método. As regras que devemos seguir são:

- O balanço da energia numa base horária, descrito pela norma EN ISO 13790, para a estimativa das necessidades de energia de aquecimento e arrefecimento (sendo que se devem assumir algumas simplificações, tais como a introdução de perfis de utilização em hora solar, utilização de dispositivos de sombreamento sempre que a radiação solar incidente na fachada exceda os 300 W/m², entre outras);
- A estimativa do consumo de energia pelo cálculo anual simples, tendo por base as regras e orientações apresentadas para o efeito da presente portaria, para os restantes usos de energia, com exceção do aquecimento e arrefecimento [31].

O Indicador de Eficiência Energética Efetivo (IEE_{ef}) traduz o consumo anual de energia do edifício obtido com base nas faturas de energia ou através de uma avaliação energética realizada numa base de tempo anual, bem como a utilização de dados provenientes dos sistemas de gestão de energia. Para o cálculo deste indicador utiliza-se o método do consumo efetivo [31].

O cálculo do IEE_{ef} é feito através do consumo médio anual de energia (E_f), por fonte de energia (i) e tendo em conta o respetivo fator de conversão para a energia primária e a área útil interior de pavimento do edifício [31].

$$IEE_{ef} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{fi} \times F_{pi} \quad (2.8)$$

Para efetuar o cálculo a partir deste método, para além do que foi referido anteriormente, é necessário quantificar individualmente e devidamente os diferentes consumos anuais, uma vez que estes são separados de acordo com o tipo de consumo, como descrito na Tabela 2.15. Para tal, dever ter-se, no mínimo, o registo da contagem da energia dos últimos 12 meses e, caso o edifício possua algum tipo de energia renovável, esta também deve ser contabilizada com base na energia produzida [31].

Por último, para o cálculo do Indicador de Eficiência Energética de Referência (IEE_{ref}) deve-se ter em conta soluções de referência de acordo com o tipo de elemento e solução do edifício, como está previsto no presente diploma e também se deve ter em conta os elementos mínimos a considerar no levantamento e caracterização em edifícios já existentes [31].

Nota muito importante é a obrigação de todos os edifícios de comércio e serviços novos em licenciamento terem um IEE_{pr} inferior ou igual ao IEE_{ref} , sendo que todos os edifícios novos sujeitos a grandes intervenções devem apresentar o IEE_{pr} inferior ou igual ao IEE_{ref} , majorado em 50% [31].

2.6 Classe energética do edifício de comércio e serviços

Como referido anteriormente, os edifícios de comércio e serviços, a partir de 1 de Dezembro de 2013, estão obrigados a obter um pré-certificado na fase de projeto do edifício ou quando sujeito a grandes intervenções e um certificado energético, caso a sua finalidade seja o arrendamento, tendo este que constar no anúncio. Devido a esta obrigação estabelecida pelo Decreto-lei n.º 118/2013, é necessário saber como calcular a classe energética do edifício, que é determinada através do rácio de classe energética (R_{IEE}), pela seguinte expressão:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_S - IEE_{REN}}{IEE_{ref,S}} \quad (2.9)$$

Onde:

IEE_S - Indicador de Eficiência Energética, obtido de acordo com o disposto na Tabela 2.16, consoante o tipo de edifício e se se trata de um edifício novo, existente ou sujeito a grande intervenção relativamente aos consumos do tipo S;

$IEE_{ref,S}$ - Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S;

IEE_{REN} - Indicador de Eficiência Energética renovável associado à produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis [37].

Nota que estes indicadores têm de ser calculados segundo o regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços, mais concretamente a Portaria n.º 15793-D/2013.

Na tabela seguinte são demonstradas as formas de cálculo do IEE_S de acordo com o tipo de edifício (novo, existente ou sujeito a grande intervenção), [37].

Tabela 2.16 Forma de cálculo do IEE_S , para efeitos de classificação energética de PES e GES (adaptado [37]).

Tipo de edifício	Forma de cálculo do IEE_S		
	Novo	Existente	Grande Intervenção
PES	$IEE_{pr,s}$	$IEE_{pr,s}$ ou $IEE_{ef,s}$	$IEE_{pr,s}$
GES	$IEE_{pr,s}$	$IEE_{pr,s}$ ou $IEE_{ef,s}$	$IEE_{pr,s}$
GES com plano de racionalização energética e medidas de melhoria no aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC)	n.a.	$IEE_{pr,s}$	n.a.
GES com Plano de Racionalização Energética e outro tipo de medidas de melhoria	n.a.	$IEE_{pr,s}$ ou $IEE_{ef,s}$	n.a.

Sabendo que tipo de edifício se encontra em estudo, é possível, a partir da Tabela 2.16, saber a forma de calcular o Indicador de Eficiência Energética. De seguida aplica-se a equação de cálculo do R_{IEE} , anteriormente indicada, e assim determina-se a classe energética do edifício de comércio e serviços de acordo com as 8 escalas possíveis, de A+ a F, como se pode visualizar na Tabela 2.17 [37].

Tabela 2.17 Intervalos de valor de R_{IEE} para determinar a classe energética dos PES e GES (adaptado [37]).

Classe Energética	Valor do R_{IEE}
A+	$R_{IEE} \leq 0.25$
A	$0.26 \leq R_{IEE} \leq 0.5$
B	$0.51 \leq R_{IEE} \leq 0.75$
B-	$0.76 \leq R_{IEE} \leq 1.00$
C	$1.01 \leq R_{IEE} \leq 1.50$
D	$1.51 \leq R_{IEE} \leq 2.00$
E	$2.01 \leq R_{IEE} \leq 2.50$
F	$R_{IEE} \geq 2.51$

Capítulo 3

Sistemas e equipamentos técnicos com relevância no consumo de energia

Neste capítulo vão ser abordadas os sistemas e equipamentos técnicos com relevância no consumo de energia existentes em três grandes grupos consumidores de energia presentes nos diversos edifícios. De uma forma geral, vão ser abordadas as tecnologias existentes no mercado possíveis de utilizar na iluminação, produção das águas quentes sanitárias e climatização de edifícios.

3.1 Iluminação

A iluminação consiste num dos principais fatores na qualidade ambiente no interior dos edifícios sendo a sua principal função proporcionar um ambiente visual interior adequado às atividades e necessidades dos utilizadores. Quando utilizamos o termo iluminação de edifício, este pode ter diferentes contextos podendo ser a iluminação natural ou artificial.

Cada vez mais se reconhece que a utilização de iluminação natural em espaços interiores nos edifícios é vantajosa. A iluminação natural como próprio nome indica surge do aproveitamento da luz natural para assim se poder diminuir os gastos de energia em iluminação artificial e aumentar o bem-estar dos utilizadores. Este tipo de iluminação depende muito da localização do edifício, da orientação e fundamentalmente da área envidraçada existente, não esquecendo que, por vezes, uma grande área envidraçada traz prejuízos ao nível da temperatura ambiente do edifício, tornando-se no inverno mais frio e no verão mais quente.

Quando a utilização da iluminação natural num edifício é insuficiente face aos requisitos mínimos exigidos pelos utilizadores, a iluminação do mesmo passa a ser feita através da iluminação artificial. A iluminação artificial torna-se mais dispendiosa uma vez que exige a utilização de diversos componentes tais como lâmpadas, balastos, interruptores, cabos elétricos, etc., a adicionar ao consumo de energia elétrica. A iluminação artificial é responsável por 20% do consumo de eletricidade nas habitações domésticas e, devido a isso, cada vez mais têm de ser tidos em conta os gastos associados desnecessários [38].

A fim de diminuir os gastos de energia elétrica na iluminação, tem-se vindo a desenvolver novas tecnologias de baixo consumo. Na escolha da lâmpada adequada para os espaços temos de ter em conta vários fatores: vida útil, fluxo luminoso, eficiência luminosa, temperatura da cor, índice de reprodução da cor, potência, classe energética e custo.

O conceito de fluxo luminoso representa a radiação emitida por uma fonte luminosa, por segundo, em todas as direções sobre a forma de luz, sendo a sua unidade o lúmen (lm). Relacionado com o fluxo luminoso está a eficiência luminosa, que é dada pelo quociente entre o fluxo luminoso emitido e a potência consumida em watts ou seja, traduz a quantidade de luz que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica de 1 watt. Quanto maior for a eficiência luminosa maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo. O índice de reprodução de cor das lâmpadas é comparado com a luz natural ou seja, a luz natural apresenta um IRC de 100 e, a partir desta escala, em cada lâmpada avalia-se o IRC que quanto maior for mais fiéis são as cores vistas nos objetos, tendo assim uma luz o mais “natural” possível. A temperatura da cor expressa a aparência da cor da luz, que quanto mais alta for a temperatura mais branca será e quanto mais baixa a temperatura mais amarelada será a cor das lâmpadas, sendo a sua unidade o Kelvin. Como foi referido anteriormente, com a evolução das lâmpadas é possível ter as mesmas características com menor consumo, daí as potências das lâmpadas terem vindo a diminuir mantendo as mesmas características e, conseqüentemente, melhorando a sua classe energética [39].

Existe no mercado uma grande variedade de lâmpadas, possibilitando aos consumidores escolher a mais adequada de acordo com as características necessárias, e uma grande variedade de preços. De seguida, vamos abordar de uma forma geral os tipos de lâmpadas, balastros e controladores existentes no mercado para perceber qual será a melhor opção para se economizar.

3.1.1 Lâmpadas incandescentes

As lâmpadas incandescentes são as tradicionais e foram as primeiras lâmpadas a serem comercializadas no mercado, produzindo luz através da passagem de corrente elétrica por um filamento metálico, com grande resistência. Devido à passagem da corrente pelo filamento, a energia que é consumida transforma-se quase toda em calor, 95%, e o restante em luz, 5%, apresentando uma eficiência luminosa entre os 5 lm/W e os 15 lm/W. Este tipo de lâmpadas apresenta um elevado consumo elétrico e uma vida útil muito reduzida, aproximadamente 1000 horas sendo a sua classe energética classificada entre E-G. [38] e [40].

A União Europeia decidiu retirar do mercado as lâmpadas incandescentes para reduzir os consumos de energia elétrica na iluminação, para assim cumprir com os objetivos na luta contra as alterações climáticas. Passou então a ser proibida a comercialização das lâmpadas incandescentes a partir de 2009, inicialmente as de potência superior ou igual a 100W e, estendendo-se a retirada das restantes potências até 2012, sendo agora completamente proibida a sua comercialização [41].

3.1.2 Lâmpadas de halogéneo

Este tipo de lâmpadas são muito idênticas às anteriores mas acrescidas do gás composto halogénio que as transforma em lâmpadas halogéneas. Estas lâmpadas são comercializadas em dois tipos: as *standard* de 230V-AC ou as de tensão reduzida de 12V-DC requerendo um transformador, devendo dar-se, neste caso, preferência aos transformadores eletrónicos que têm menor perda de energia. As lâmpadas de halogéneo podem ter incorporado um refletor permitindo que a radiação térmica emitida para trás da lâmpada volte para o filamento aumentando assim a eficiência luminosa [42].

Este tipo de lâmpadas apresenta um consumo inferior às de incandescência, de aproximadamente 30% com a utilização de transformadores eletrónicos, oferecendo um luz clara, intensa e brilhante, e uma vida útil entre 2000 a 4000 horas. A sua classificação energética encontrasse entre a letra C e E, com uma eficiência luminosa de 12 lm/W a 35 lm/W. Ainda são bastante utilizadas nos edifícios mas de acordo com os objetivos da União Europeia pretende-se elevar o nível mínimo da classe para B e eliminar gradualmente as lâmpadas de classe C, que é o caso das de halogéneo [41].

3.1.3 Lâmpadas fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são fontes de luz de descarga de baixa pressão de gás, sendo este tipo de lâmpadas mais utilizadas na iluminação dos edifícios pois são consideradas a forma clássica para uma iluminação económica, conseguindo um alto rendimento e longa duração de vida. As lâmpadas fluorescentes são constituídas por tubos com pó fluorescente, vapor de mercúrio e gases que submetidos a uma corrente elétrica, nos elétrodos existentes nas suas extremidades, emitem luz [38].

Este tipo de lâmpadas pode ser dividido em dois grupos: compactas (integradas e não integradas) e tubulares, podendo observar-se de seguida as suas características.

- **Compactas integradas**

Este tipo de lâmpadas veio substituir as incandescentes tendo sido desenvolvidas progressivamente em vários tamanhos, formas e casquilhos para a substituição das tradicionais. Elas são conhecidas no mercado por lâmpadas economizadoras e possuem uma classe energética entre A e B. As lâmpadas economizadoras tem o reator incorporado e são mais caras que as tradicionais mas, possibilitam uma redução de 80% do consumo de energia e um aumento de vida útil 8 vezes face às incandescentes, conseguindo-se facilmente amortizar o custo inicial da aquisição. Elas têm uma eficiência luminosa de 40-65 lm/W, mas, se este equipamento for utilizado em locais onde seja frequente ligar e desligar a luz não se recomenda a sua utilização porque reduz significativamente a sua vida útil [42].

- **Compactas não integradas**

Este tipo de lâmpadas não possui reator integrado necessitando assim de um reator eletromagnético ou eletrônico. Por não possuírem reatores integrados, possibilitam a reutilização do reator existente após o fim de vida útil da lâmpada estando este localizado na luminária. Este tipo de lâmpadas apresenta uma vida útil um pouco superior às lâmpadas compactas integradas e um consumo de energia ainda mais baixo dado que o sistema de arranque é separado da lâmpada e possibilita a sua reutilização como já foi referido anteriormente, fazendo com que as lâmpadas sejam mais baratas [42].

- **Tubulares**

As lâmpadas fluorescentes tubulares são utilizadas geralmente em cozinhas, salas de serviço, corredores e podem ser circulares ou tubulares apresentando uma classe energética entre A e B. Este tipo de lâmpadas desde a sua invenção tem vindo evoluir cada vez mais permitindo diminuir o consumo de energia, tornando-as mais eficientes.

As primeiras lâmpadas a surgir no mercado foram as T12/T10, com um diâmetro de 38mm mas a evolução que se fez sentir permitiu reduzir no tamanho das lâmpadas e melhorar a qualidade da luz. Para além das mudanças referidas anteriormente, não podemos esquecer a evolução dos balastos que passaram de ferromagnéticos a eletrónicos, diminuindo o consumo de energia e aumentando a vida útil da lâmpada [42]. As lâmpadas mais recentes utilizadas no mercado são as T5, apresentando uma eficiência energética de 100 lm/W [40].

3.1.4 Lâmpadas de vapor de mercúrio

As lâmpadas de vapor de mercúrio utilizam mercúrio num estado excitado que, ao ser percorrido por uma corrente elétrica, gera luz. Este tipo de lâmpada deve operar com um reator para limitar a corrente e a tensão de alimentação. Apresenta consumos mais elevados que as lâmpadas de iodetos metálicos e de sódio de alta pressão para alcançar uma determinada quantidade de luz. Apresentam uma eficiência luminosa entre 40-60 lm/W e têm uma vida útil de 12000 horas, mas demoram cerca de 2 a 5 minutos a arrancar [42] e [40].

3.1.5 Lâmpadas de vapor metálico

Este tipo de lâmpadas contém iodetos metálicos e o seu funcionamento é idêntico às de vapor de sódio requerendo assim um reator eletrônico e um *ignitor* no seu funcionamento. As lâmpadas de vapor de metálico têm sido desenvolvidas e aperfeiçoadas a partir das de vapor de mercúrio. O seu desenvolvimento permitiu minimizar os consumos de energia entre 10% a 150% em comparação com as de mercúrio e sódio. Estas apresentam uma eficiência de 50 a 100 lm/W e uma vida útil de 6000 a 12000 horas, mas demora entre 5 a 10 minutos para arrancar [40].

3.1.6 Lâmpadas de vapor de sódio

As lâmpadas de vapor de sódio podem ser de alta pressão ou de baixa pressão, que neste último caso são idênticas às fluorescentes mas em vez de mercúrio é utilizado sódio. As de vapor de sódio de alta pressão são constituídas por uma mistura de sódio com mercúrio além de gases nobres que iniciam a ignição da lâmpada, necessitando para o seu funcionamento o auxílio de um reator e de um ignitor. Estas lâmpadas tem uma vida útil entre 12000 e 16000 horas possuindo uma eficiência luminosa de 80 a 100 lm/W, mas é necessário esperar 2 a 5 minutos para o seu arranque e reacender [40].

3.1.7 LED's

Uma lâmpada LED é constituída por um ou vários leds. Esses leds são díodos emissores de luz que ligados a uma fonte elétrica de energia produzem luz, ao que se dá o nome de eletroluminescência. Não possui filamentos, nem descarga elétrica, trabalha em baixa tensão, normalmente 12 ou 24 volts. Este tipo de lâmpadas apresenta um consumo de energia baixíssimo, uma vida útil de 20000 a 100000 horas e uma eficiência luminosa de 20 a 120 lm/W. Este tipo de lâmpadas já é considerado o futuro da iluminação evitando assim os consumos excessivos de energia elétrica uma vez que o consumo é baixíssimo e a esperança de vida útil muito grande, mas neste momento ainda estão a um preço bastante elevado [40] e [42].

3.1.8 Balastros

Algumas lâmpadas para produzirem luz necessitam do auxílio de um balastro no seu arranque e funcionamento para controlar a tensão e a corrente. Alguns tipos de lâmpadas já têm incluído o balastro mas outras necessitam dele presente na luminária. Estes balastros podem ser classificados em dois tipos: ferromagnéticos e eletrônicos.

- **Balastros ferromagnéticos**

Os balastros eletromagnéticos são pesados e bastante robustos funcionando a 50 Hz e são constituídos por um núcleo laminado de aço silício e bobinas de fio de cobre esmaltado ou alumínio com grande dimensão. Estes tipos de balastros consomem duas a três vezes mais energia que os eletrônicos e a durabilidade de vida das lâmpadas diminui uma vez que o seu arranque não é instantâneo, criando cintilações [43].

- **Balastros eletrônicos**

Os novos balastros eletrônicos são constituídos por circuitos integrados convertendo a frequência da rede, 50 Hz, em 25 kHz e 40 kHz o que evita o efeito de cintilação das lâmpadas. Estes são mais pequenos, mais leves e compactos e devido ao seu arranque instantâneo permitem um aumento do rendimento luminoso e da vida útil da lâmpada. Estes balastros como já foi referido consomem menos 20 % a 30 % do que os ferromagnéticos [43].

3.1.9 Controladores de iluminação

De seguida vão ser abordados alguns controladores de iluminação, controladores estes que permitem aos utilizadores melhorar/controlar a iluminação, podendo assim diminuir os gastos desnecessários de energia

- **Reguladores de luz**

Permitem controlar a potência fornecida à lâmpada para se poder ajustar o fluxo luminoso da mesma às necessidades dos utilizadores. Este tipo de controlo só é recomendado para lâmpadas incandescentes e de halogéneo, sendo possível controlar as fluorescentes compactas com o auxílio de balastos eletrónicos reguláveis. Este tipo de sistema permite que o utilizador mantenha um fluxo luminoso de acordo com as suas necessidades.

- **Detetores de movimento**

Os detetores de movimento permitem uma poupança significativa de energia. Este tipo de controlador é usualmente utilizado em escadas, corredores, casas de banho onde a presença de pessoas varia muito, evitando assim que as luzes fiquem ligadas desnecessariamente.

- **Temporizadores**

Este tipo de equipamentos permite programar circuitos de iluminação, essencialmente do exterior, para que liguem e desliguem as luzes durante o período noturno. São programados manualmente pelo utilizador estabelecendo um horário de funcionamento.

- **Sistemas de controlo fotoelétrico**

Este tipo de sistema é utilizado essencialmente na iluminação exterior pois possui sensores que “identificam” a presença de luz natural e com isso desligam automaticamente as lâmpadas. Este sistema permite ligar e desligar a iluminação a partir do momento que detetem, ou deixem de detetar, luz natural, diminuindo assim os gastos desnecessários.

3.1.10 Nota conclusiva

Depois de se ter verificado quais os tipos de lâmpadas existentes no mercado é necessário comparar as suas características e preços. A Tabela 3.1 foi construída com base em dois catálogos de iluminação da Philips de 2015 e permite verificar quais as lâmpadas comercializadas neste momento. Esta tabela foi construída com os valores máximos e mínimos de cada característica, não sendo revelado a sua forma e o tipo de ligação (casquilho ou pines). Como já foi referenciado anteriormente, temos de ter em conta o local que se quer iluminar para escolher o tipo de lâmpada mais adequado. Se analisarmos a tabela de acordo com as necessidades no uso doméstico, podemos verificar que as lâmpadas com melhor classe

energética e menos consumidoras de energia são as LED's. Neste momento os preços ainda são bastante elevados o que deixa as pessoas reticentes na sua aquisição mas que se compararmos a vida útil da lâmpada e o seu consumo compensa o valor gasto na compra.

Tabela 3.1 Características das lâmpadas presentes nos catálogos da Philips 2015 [44] e [45].

Tipo de lâmpada	Vida útil (h)	Gama de fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Temperatura da cor (K)	Índice de reprodução de cor	Potência (W)	Classe energética	Custo (€)
Incandescente	1000	110-515	6-9	2700-3200	100	15-60	E-G	4,60-5,72
Halógeno	2000-5000	-	-	2800-3000	100	10-1500	B-D	2,24-23,73
Fluorescente compacta integrada	6000-12000	270-5300	38-66	2700-6500	80-82	5-80	A	6,62-39,09
Fluorescente compacta não integrada	10000-20000	405-6000	57-88	2700-6500	82	7-80	A-B	4,82-24,48
Fluorescente tubular	6000-79000	470-6550	39-98	2700-6500	60-98	8-80	A+-B	4,60-75,72
Vapor de mercúrio	12000-24000	1800-58500	36-59	4200	50-60	50-1000	B	8,96-154,93
Vapor metálico	4500-36000	4650-226000	72-120	2711-6700	50-90	45-2000	A-A+	35,94-575,72
Vapor de sódio de baixa pressão	18000	1800-32000	100-198	1800	-	26-180	A+-A++	21,34-154,26
Vapor de sódio de alta pressão	18000-36000	4650-35177	83-120	2711-4526	60-80	45-315	A+	35,94-127,40
LED	15000-50000	105-3100	41-101	2700-6500	80-85	1.2-25	A-A+	6.99-52,85

3.2 Sistemas de climatização

Os sistemas de climatização são responsáveis por uma grande fatia no consumo de energia, podendo ser obtida através da eletricidade, gás (propano, butano ou natural), pellets, gásóleo de aquecimento ou lenha. Existe uma grande diversidade de equipamentos que permitem aos utilizadores climatizar o ambiente interior dos edifícios.

Estes sistemas permitem aos utilizadores um maior conforto térmico mas existe um aumento da quantia faturada ao final do mês. Para se diminuir esses custos, na aquisição dos equipamentos temos de ter em conta vários aspetos, tais como: tipo de habitação, tipo de isolamentos, área climatizada, localização, orientação do edifício, entre outros.

Os sistemas de climatização podem ser centralizados ou descentralizados. Os sistemas centralizados implicam a instalação de uma unidade central que alimenta várias unidades terminais, por exemplo, uma caldeira de água quente alimenta várias unidades terminais com o auxílio de redes de tubagens. Quando nos referimos a sistemas descentralizados, o fornecimento de energia ao equipamento é feito individualmente, por exemplo um aquecedor a óleo, sendo vantajoso o uso destes sistemas quando só é pretendido o aquecimento de algumas divisões.

Importa salientar que na escolha dos sistemas devemos ter em conta o seu coeficiente de performance e a relação de eficiência energética que quantificam a eficiência energética do equipamento quando opera no regime de aquecimento e arrefecimento respetivamente. Estes índices quantificam a relação entre a energia térmica gerada, aquecimento ou arrefecimento, e a quantidade de energia elétrica absorvida ou consumida para a produzir [46].

De seguida vamos abordar alguns sistemas de climatização presentes no mercado que podem ser implementados em habitações ou edifícios de comércio e serviços.

3.2.1 Sistemas de ar-condicionado

Os equipamentos de ar-condicionado são destinados ao arrefecimento e aquecimento do ar ambiente do interior dos edifícios. Existe uma grande variedade de equipamentos e combinações possíveis no mercado, podendo serem divididos em dois grupos: de expansão direta ou indireta. Usualmente os sistemas mais utilizados nos edifícios de habitação e de comércio e serviços são sistemas de expansão direta. Para melhor percebermos os sistemas presentes no mercado, vamos abordar de uma forma geral o ciclo de refrigeração por compressão de vapor simples.

O ciclo de refrigeração por compressão de vapor simples é constituído por um evaporador, um condensador, uma válvula de expansão e um compressor. O princípio de funcionamento do ciclo de refrigeração consiste na circulação de um líquido refrigerante nas tubagens que interliga os diferentes equipamentos referidos anteriormente. O refrigerante que circula entra no

compressor sobe forma de vapor sobreaquecido e é comprimido, passando ao condensador onde, aí, é arrefecido e condensado libertando assim o calor. Esse líquido de seguida passa por uma válvula de expansão para baixar a pressão e ao mesmo tempo causa uma evaporação parcial do líquido e arrefecimento do mesmo. Desta expansão resulta uma mistura de líquido-vapor que se desloca para o evaporador onde é completamente evaporado e absorve o calor do meio ambiente. Esse vapor volta novamente ao compressor criando assim o ciclo de refrigeração [47].

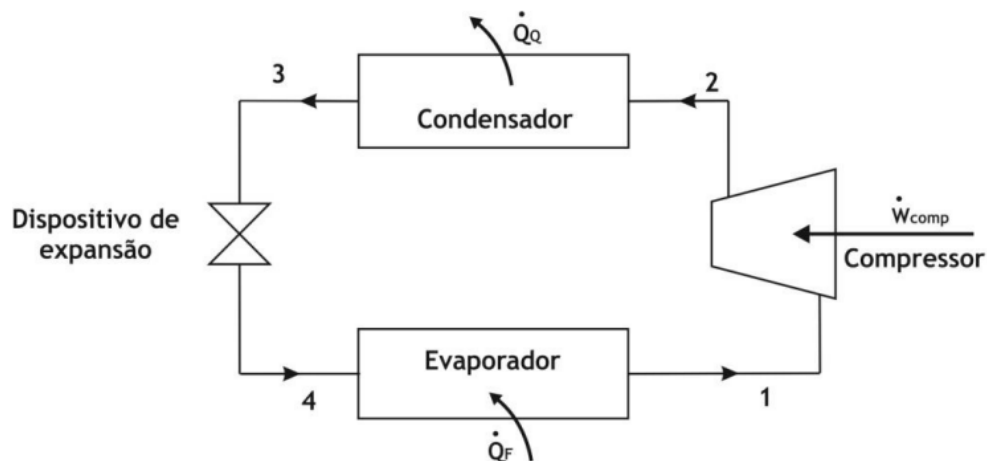


Figura 3.1 Esquema representativo do ciclo de refrigeração por compressão de vapor.

Este sistema permite a troca de calor entre diferentes meios ambientes. O princípio de funcionamento para arrefecimento e aquecimento do ambiente interior é idêntico, mas no arrefecimento a unidade interior funciona como evaporador e a exterior como condensador enquanto no aquecimento as funcionalidades dos equipamentos se invertem.

De seguida vão ser abordados os sistemas ar-condicionado mais usados nos edifícios de comércio e serviços.

- **Split**

O sistema de ar-condicionado do tipo split é o mais utilizado nos edifícios de habitação e o seu uso também é muito frequente nos edifícios de comércio e serviços para a climatização de espaços individuais. Com o surgimento de novas tecnologias de climatização, o seu uso tem decaído progressivamente.

Este tipo de sistema é composto por “duas unidades”, um evaporador e um condensador que estão ligadas entre si com tubos de cobre, onde circula o líquido refrigerante. Este tipo de sistema opera como split (só arrefecimento) ou como bomba de calor (aquecimento ou arrefecimento) invertendo assim o ciclo de refrigeração.

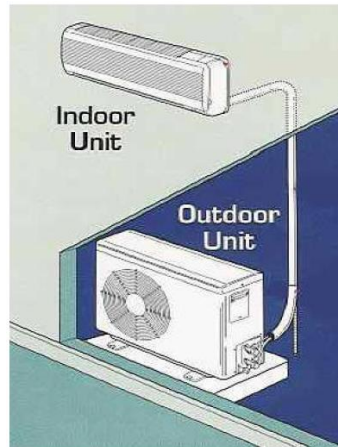


Figura 3.2 Exemplo de um sistema de ar-condicionado Split [48].

O custo de aquisição deste tipo de sistema é relativamente baixo, de fácil instalação e é totalmente independente, tendo o seu próprio controlo, o que possibilita ao utilizar ajustar a temperatura ambiente ao conforto desejado. Este tipo de equipamento também apresenta algumas desvantagens como a limitação de distância entre a unidade interior e a unidade exterior, impacto na estética do edifício, uma vez que as unidades exteriores estão fixas as fachadas do prédio, e fraca capacidade de climatização em espaços amplos [48].

- **Multi-split**

Os sistemas multi-split apresentam o mesmo funcionamento que os split mas, estes são compostos por mais que duas unidades, ou seja, cada unidade exterior pode estar no máximo ligada a cinco unidades interiores.

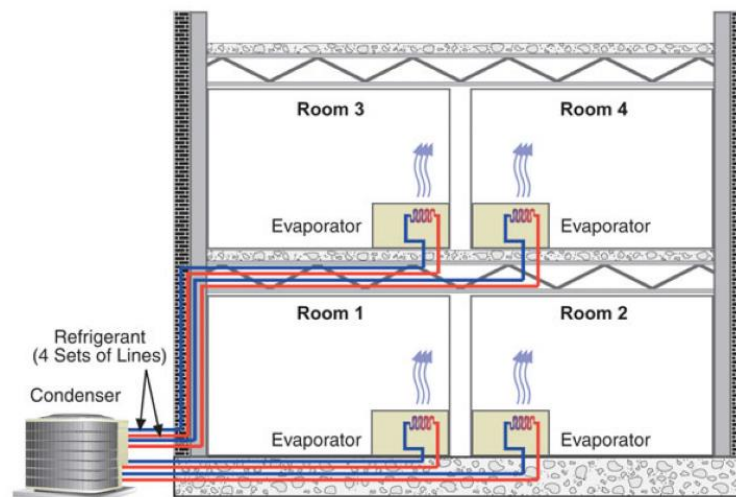


Figura 3.3 Exemplo de um sistema de ar-condicionado Multi-Split (adaptado [49]).

Os sistemas multi-split permitem que várias unidades interiores estejam ligadas a uma unidade exterior, mas cada unidade interior detém um circuito de refrigeração independente. O

funcionamento deste sistema como já foi referido anteriormente é idêntico ao split, ou seja, é obrigatório que todas as unidades funcionem do mesmo modo. Só é possível realizar aquecimento ou arrefecimento do meio ambiente interior, e não em simultâneo como nos sistemas VRF/VRV, que vamos abordar mais à frente [48].

Estes sistemas foram desenvolvidos para pequenas e médias instalações possibilitando melhorar o aspeto visual e a estética dos edifícios. A sua instalação é adequada para edifícios em que se deseje manter a mesma temperatura nas diferentes zonas climáticas. Tanto nestes equipamentos, como nos split, as unidades interiores não podem trabalhar simultaneamente em modo de aquecimento e arrefecimento.

- Sistemas de fluxo de refrigerante variável ou volume de refrigerante variável

Os sistemas de Variable Refrigerant Flow (VRF) ou Variable Refrigerant Volume (VRV) são sistemas de fluxo de refrigerante variável ou volume de refrigerante variável. Os VRF ou VRV são o mesmo tipo de sistemas variando a sua identificação de acordo com o fabricante. Este tipo de sistema foi desenvolvido para instalações em edifícios de médio e longo porte. Os sistemas são idênticos ao multi-split mas numa versão melhorada, possibilitando a ligação de várias unidades interiores, com aquecimento e arrefecimento em simultâneo e com recuperação de calor.

Nos VRV, como próprio nome indica, a instalação possui um ou mais compressores de velocidade variável. É possível controlar a quantidade de fluxo de refrigerante para cada unidade interior permitindo assim a instalação de unidades interiores com diferentes capacidades e configurações. O sistema permite que cada unidade interior trabalhe independente das outras, uma vez que elas são controladas individualmente podendo estas aquecer ou arrefecer o meio ambiente [49].

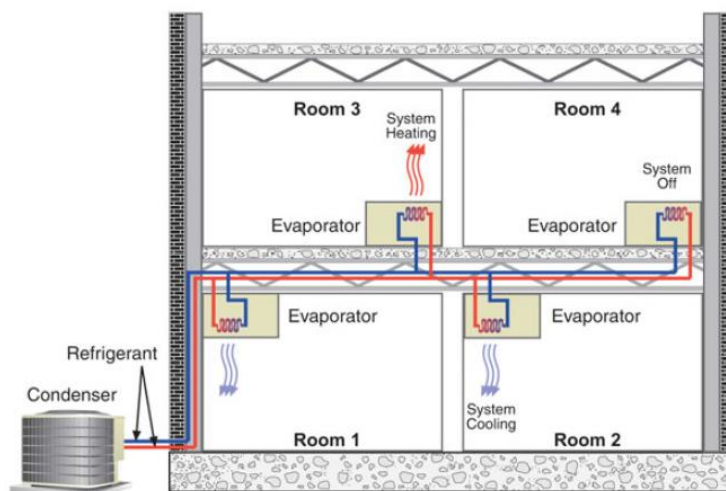


Figura 3.4 Exemplo de um sistema de ar-condicionado VRV (adaptado [49]).

A grande diferença neste sistema VRV é simplesmente a combinação de tecnologia eletrónica com sistemas de controlo microprocessados, aliados à combinação de múltiplas unidades internas num só ciclo de refrigeração permitindo assim variação do fluxo de refrigerante. Dependendo do fabricante, podemos ter VRV's que na circulação do fluido refrigerante utilizam dois ou três tubos, sendo o mais usual de três tubos (linha de líquido, linha de gás quente e linha de sucção) [48].

Para além de funcionarem como bomba de calor, os VRV's podem realizar a recuperação de calor reaproveitando o calor que seria rejeitado como nas tradicionais bombas de calor. A recuperação de calor é feita através da transferência de calor entre as tubagens de fornecimento de refrigerante com o auxílio de permutadores de calor [48].

3.2.2 Bomba de calor

Para além dos sistemas do tipo split, multi-split e VRV operarem como bomba de calor, existem ainda outros dispositivos ao qual se dominam de bombas de calor.

A bomba de calor é um dispositivo mecânico de alta tecnologia que permite o aquecimento e arrefecimento dos edifícios residenciais tendo uma elevada eficiência face aos equipamentos tradicionais. O seu princípio de funcionamento é idêntico ao de um ar-condicionado ou seja, o funcionamento recai no ciclo de refrigeração de compressão de vapor podendo ser utilizada para aquecimento ou arrefecimento do meio ambiente interior e para produção de AQS.

Para se poder aplicar uma bomba de calor é essencial ter disponível uma fonte de calor barata e fiável com uma temperatura relativamente elevada e constante, daí a utilização de fontes de energia natural: o ar, a água e o solo. Com estes equipamento, em comparação às caldeiras tradicionais, é possível reduzir o consumo de energia primária entre 15% a 50% [50] e [51].

As bombas de calor podem se classificadas de acordo com a fonte natural utilizada, como já vimos anteriormente, podendo ser o ar, o solo ou a água. Podemos agrupar o solo e a água na mesma categoria, passando a ter bombas de calor a ar e bombas de calor geotérmicas.

- **Bombas de calor com fonte a ar**

As bombas de calor que utilizam o ar como fonte de calor, usualmente são as mais utilizadas podendo estas ser classificadas em dois tipos: ar-ar ou ar-água. Este tipo de sistema está sujeito a flutuações de temperatura uma vez que a fonte de calor é o ar exterior e a temperatura deste depende das estações do ano, daí ser aconselhável que a sua aplicação seja feita em regiões de clima moderado [50].

O funcionamento das bombas de calor do tipo ar-ar é idêntico ao de um ar-condicionado, tendo uma unidade exterior e uma unidade interior. A transferência de calor entre os dois meios é

feita através de um líquido refrigerante que sofre as sucessivas mudanças durante o ciclo de refrigeração [50].

Já o segundo sistema, ar-água, é utilizado essencialmente para sistemas de aquecimento central para fornecer aquecimento a toda a casa. Este tipo de sistema é constituído por uma bomba de calor e um depósito de água. A bomba de calor retira energia do ar exterior transferindo-a para o líquido refrigerante. Realiza-se então ciclo de refrigeração de compressão de vapor (visto anteriormente), elevando a temperatura do líquido para assim realizar a troca de energia dentro do depósito da água. Este depósito vai alimentar, a partir de um circuito hidráulico, os radiadores ou o piso radiante presente no edifício para assim aquecer o espaço climatizado [50].



Figura 3.5 Sistema de bomba de calor ar-água.

Fonte: <http://www.gasfriocalor.com/bomba-de-calor-samsung-split-aex125edeha-eu>.

- **Bombas de calor com fonte geotérmica**

As bombas de calor com fonte geotérmica são constituídas por dois tipos de fontes: o solo ou a água. Neste tipo de sistemas, a fonte de energia para a bomba de calor provem da “terra” podendo ser aproveitada a temperatura da água (em lençóis ou furos) ou a temperatura do solo. À medida que a profundidade aumenta a temperatura também aumenta, tendo uma temperatura aproximadamente constante todo o ano de 15°C a cinco metros de profundidade.

As bombas de calor que funcionam através de fontes de calor provenientes da terra estão equipadas com circuitos de tubos de cobre ou de plásticos enterrados e são utilizados como permutador para absorver ou libertar calor dependendo da finalidade da bomba de calor [50].

Este sistema pode ser de expansão direta ou indireta dependendo de qual é o fluido que circula nas tubagens enterradas. No caso de expansão direta o fluido que circula é o fluido refrigerante,

enquanto na expansão indireta o fluido que circula é água com anticongelante ou glicol e, necessita de um permutador para transferir o calor no circuito de refrigeração. Como foi referenciado, as bombas de calor com fonte proveniente da terra podem aproveitar a temperatura do solo ou de lençóis de água podendo os sistemas ser de circuito fechado ou aberto [51].

O circuito fechado é composto por tubos de cobre enterrados no solo, onde circula o fluido que transporta o calor do solo para a bomba e a sua captação é feita entre 50 cm e 150 m. O circuito aberto é utilizado para a água em que esta é utilizada como fluido de calor e transporte até a bomba, ocorrendo a sua captação a uma profundidade de 50 m [51].

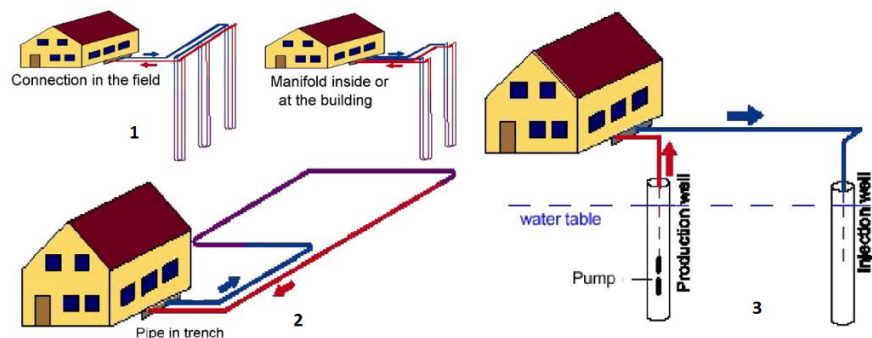


Figura 3.6 Exemplos de captação geotérmica: 1-Permutador vertical; 2-Permutador horizontal e 3-Águas subterrâneas (adaptado [51]).

Este tipo de sistemas, como já vimos anteriormente, podem ser acoplados a diversas unidades interiores, tais como radiadores, ventilo-convetores e piso radiante.

Os radiadores são os sistemas mais utilizados no aquecimento ambiente nos edifícios. Os radiadores só podem ser implementados em edifícios que possuam um sistema centralizado, ou seja, tenham uma caldeira ou bomba de calor que aqueça a água que circula na rede hidráulica, que realiza a distribuição pelos diversos elementos. O tamanho deste tipo de sistema deve ser adequado à localização do espaço a aquecer.

Os ventilo-convetores são equipamentos de climatização que dependem do tipo de água que circula no ventilo-convetor, podendo ser água fria ou água quente. Estes sistemas tornam-se mais pequenos que os radiadores e necessitam de energia elétrica para o funcionamento do ventilador.

O piso radiante é o sistema que permite melhor conforto térmico em habitações pois a distribuição de calor pelo piso é uniforme e a uma temperatura baixa. Este sistema encontra-se instalado no piso das casas e é composto por um circuito hidráulico percorrido por um fluido (água) aquecido na caldeira ou na bomba de calor. Todos os sistemas tem controlos instalados que permitem controlar o aquecimento de todos os espaços a uma temperatura constante,

adequada para maior conforto dos ocupantes, economia de energia e apresenta uma elevada durabilidade.

3.2.3 Unidade de tratamento de ar

As unidades de tratamento de ar (UTA's) são adequadas para a climatização de grandes edifícios. Elas permitem um rigoroso controlo das condições do ar no que diz respeito à sua temperatura, humidade, filtragem e higiene. Existe uma grande diversidade de modelos de UTA's, sendo estas adaptadas de acordo com os requisitos do cliente e as condições do edifício.

Na Figura 3.7 podemos observar duas configurações de UTA's. O esquema A é o tipo de UTA mais simples que pode existir, ou seja, este modelo só permite a insuflação de ar no edifício proveniente do exterior. No esquema B é feita insuflação de ar proveniente do exterior e ao mesmo tempo reaproveitado o ar existente no interior do edifício. Este tipo de configuração permite reduzir as perdas de energia através do reaproveitamento do ar interior. Com a reutilização do ar interior a energia necessária no aquecimento e arrefecimento do ar a ser insuflado vai ser inferior, diminuindo assim gastos de energia.

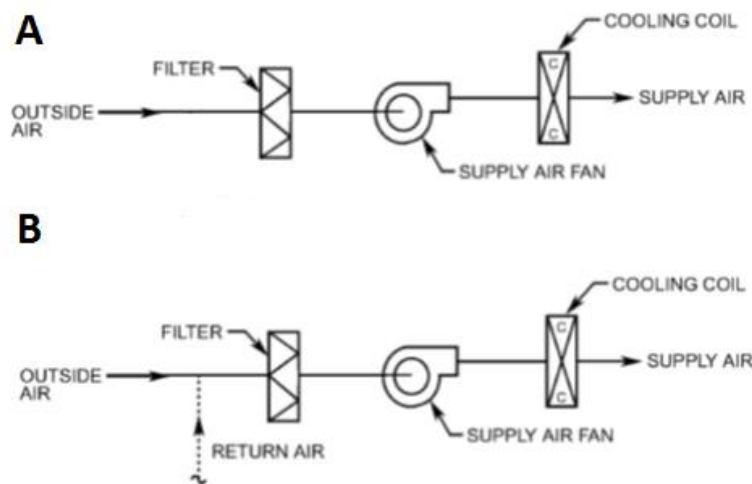


Figura 3.7 Unidade de tratamento de ar (adaptado [52]).

Como foi possível observar anteriormente, na constituição mais simples de uma UTA é necessário conter pelo menos um filtro, um ventilador e uma serpentina. Para além destes componentes existe uma grande variedade de acessórios que permitem formar uma grande diversidade de modelos. As UTA's podem então conter os seguintes componentes: serpentinas, humidificadores, desumidificadores, filtros, registos e ventiladores. De seguida vamos analisar os diversos componentes possíveis de implementar.

Nas UTA's por vezes é possível observar mais que um filtro, podendo existir até três tipos: pré filtro, filtro de saco ou filtro absoluto terminal. Com a implementação destes filtros conseguem retirar-se diversas partículas e impurezas do ar para que seja garantida uma boa qualidade de

ar a ser insuflado. Os ventiladores utilizados nas UTA's são centrífugos e podem ter ou não o motor acoplado. Este componente é utilizado para insuflar o ar através de uma rede de condutas distribuídas pelo edifício para insuflação e extração do ar. As serpentinas podem ser de arrefecimento ou aquecimento, e são constituídas por tubos em cobre expandidos no interior de alhetas de alumínio. Neste tipo de serpentinas se o objetivo for só aquecer o ar, é usual utilizar água como fluido de trabalho. No caso de a serpentina funcionar para arrefecimento do ar, o líquido de trabalho utilizado é um fluido térmico. Os humidificadores são utilizados para aumentar a humidade do ar e são essencialmente utilizados no verão, podendo ser a vapor ou água. O humidificador a vapor pode ser autónomo ou alimentado a vapor de baixa pressão enquanto no humidificador a água é utilizada uma bomba circuladora. Para além da utilização de humidificadores, também existe a possibilidade de implementar um desumidificador. Este tipo de componente funciona exatamente ao contrário do humidificador ou seja, é utilizado para retirar humidade do ar, utilizado usualmente no Inverno ou em espaços com elevada humidade (piscinas). Os registos de regulação permitem a regulação do fluxo de ar proveniente do exterior ou do interior. Para além da regulação do fluxo, são usualmente utilizados na regulação da mistura do fluxo de ar exterior e interior. Importa salientar que o aquecimento da água que circula na serpentina é, em geral, feita através do auxílio de caldeiras a gásóleo ou a gás [52].

3.3 Águas quentes sanitárias

A produção das águas quentes sanitárias pode ser dividida em dois grupos: em sistemas instantâneos e em sistemas com acumulação. O aquecimento da água no primeiro grupo, como o próprio nome indica é feito instantaneamente e nele estão incluídos os esquentadores e as caldeiras “diretas”. No segundo grupo, o aquecimento da água é feito de forma contínua, acumulando a água quente com recurso a um depósito. Neste sistema destacam-se os termoacumuladores elétricos, as caldeiras com depósito e os painéis solares térmicos.

3.3.1 Termoacumuladores elétricos

Este tipo de equipamento consome energia elétrica para aquecer a água que se encontra no seu depósito. Neste equipamento o aquecimento da água não é instantâneo, levando algumas tempo a aquecer. O tempo de aquecimento depende da capacidade do depósito, e da potência da resistência elétrica. O fornecimento de água quente é limitado e a sua temperatura durante a utilização é variável devido às questões referidas anteriormente [53].

3.3.2 Esquentadores

Este tipo de sistema aquece instantaneamente a água e só entra em funcionamento quando existe necessidade de água quente. A água fria entra diretamente no esquentador onde é aquecida instantaneamente à medida que circula por um permutador de calor em cobre. Este equipamento utiliza gás como combustível tendo rendimentos entre 80% a 100%, dependendo da tecnologia utilizada. Para se conseguir um rendimento de 100% é necessário recorrer à

tecnologia de condensação, onde os gases libertados são utilizados para pré-aquecimento da água [53].



Figura 3.8 Esquentador com tecnologia de condensação [53].

3.3.3 Caldeiras

Existe uma diversidade de caldeiras que permitem a produção das AQS e/ou aquecimento ambiente do edifício. Este tipo de componente pode utilizar como combustível gás, gasóleo ou biomassa, dependendo das necessidades do utilizador. De seguida, vamos ver alguns exemplos de caldeiras comercializadas tais como: caldeiras murais, caldeiras de chão a gasóleo ou gás e caldeiras de biomassa. As caldeiras que vão ser apresentadas de seguida podem ser utilizadas na produção das águas quentes sanitárias e no aquecimento ambiente dos edifícios.

- **Caldeiras murais**

As caldeiras murais são compactas e na sua maioria encastráveis no interior dos móveis das cozinhas. Este tipo de caldeira pode ser confundível com os esquentadores caso o observador tenha pouco conhecimento na matéria. Este equipamento utiliza gás como fonte de energia e é utilizada para preparação de AQS. A produção das AQS neste tipo de equipamento ocorre instantaneamente, à exceção de alguns equipamentos que contêm um pequeno depósito de acumulação. Existem alguns tipos de caldeiras que possibilitam a produção de água quente para o aquecimento ambiente do edifício. Para isso, tem de existir um circuito fechado que liga a caldeira aos radiadores ou toalheiros para que ocorra a transferência de calor para o meio ambiente. Na atualidade as caldeiras murais já estão equipadas com a tecnologia de condensação que permite aumentar o rendimento do equipamento uma vez que este utiliza os gases libertados para pré-aquecer a água [53].



Figura 3.9 Caldeira mural [53].

- **Caldeiras de chão a gasóleo/gás**

As caldeiras de chão podem ter como fonte de energia gasóleo ou gás. O funcionamento destes equipamentos é idêntico às caldeiras murais e destinam-se à preparação das AQS e/ou produção de água quente para o aquecimento ambiente interior da habitação.



Figura 3.10 Caldeira de chão a gás [54].

Neste tipo de equipamento é usual ter um depósito de acumulação de água externo, que armazena a água quente para AQS. Já o aquecimento ambiente da casa é feito através de um circuito fechado, independente do circuito de AQS, que transporta a água quente entre a caldeira e os elementos interiores (radiadores, toalheiros, ventilo-convetores, piso radiante) realizando assim a troca de calor. As caldeiras a gasóleo necessitam de um depósito para a fonte de energia (gasóleo). Estes equipamentos necessitam de uma manutenção preventiva devido à eleva fuligem libertada na queima do combustível. Os equipamentos a gasóleo ou a

gás são bastante utilizados, quer nos edifícios de habitação quer nos de serviços, uma vez que permitem satisfazer as necessidades das AQS e do aquecimento ambiente do edifício [54].

- **Caldeiras a biomassa**

As caldeiras de biomassa são desenvolvidas para a produção de AQS e/ou aquecimento ambiente. Este tipo de caldeira utiliza como fonte de energia para a combustão resíduos sólidos tais como: pellets de madeira, casca de amêndoa, bagaço de azeite, caroço de azeite, etc.. As caldeiras são constituídas por um depósito de armazenamento do material sólido podendo este estar incorporado na caldeira ou ser externo a ela. Os equipamentos possuem um termostato que permite controlar a temperatura ambiente, através do controlo da quantidade de material sólido que é queimado, tendo rendimentos superiores a 85% [55].



Figura 3.11 Caldeira de biomassa [55].

3.3.4 Sistemas Solares Térmicos

Como alternativa à produção das águas quentes usadas para fins domésticos, comerciais e industriais, surgiram sistemas alternativos que aproveitam a exposição solar para a sua produção. Estes sistemas são denominados por sistemas solares térmicos e tem como finalidade o aquecimento da água com recurso à energia solar, sendo esta uma energia renovável. Os sistemas solares térmicos devem ser projetados de acordo com as necessidades dos utilizadores, da exposição solar, etc.

De uma forma simplificada, o funcionamento dos sistemas solares térmicos consiste na absorção de energia solar para o aquecimento da água. Esta absorção é feita com auxílio de um fluido de trabalho (água ou água com glicol) que entra em contacto com uma superfície escura exposta ao sol que assim o aquece.

Os sistemas podem ser classificados de três formas: sistemas ativos de circuito aberto, sistemas ativos de circuito fechado e sistemas passivos.

- **Sistemas ativos de circuito aberto**

Os sistemas ativos de circuito aberto são constituídos por bombas que circulam a água potável pelos coletores ou seja, a água que vai ser consumida em casa circula diretamente nos coletores para ser aquecida. Este tipo de sistema só se deve instalar onde as temperaturas no inverno sejam moderadas e não haja águas ácidas para evitar a corrosão dos equipamentos [56].

- **Sistemas ativos de circuito fechado**

Os sistemas ativos de circuito fechado também são constituídos por bombas de circulação. O fluido de trabalho é água com glicol ou líquido refrigerante que circula nos coletores onde absorve calor e em que de seguida é feita a troca num permutador existente dentro de um depósito que armazena a água potável aquecida [56].

- **Sistemas passivos**

Nos sistemas passivos, a circulação do líquido refrigerante é feita por convecção natural circulando o fluido de trabalho entre o coletor e o tanque de armazenamento de água potável que se encontra acima dos coletores. Com o aquecimento do líquido, este sobe até ao tanque onde está armazenada a água, realizando-se a troca de energia. Assim que é arrefecido, o fluido de trabalho desce novamente aos coletores para ser aquecido. Este tipo de sistema não implica o uso de bombas, pelo que, no caso falhas de eletricidade, ele continua em funcionamento. Adicionalmente, dada a sua simplicidade, a sua instalação torna-se mais barata [56].

O termossifão é considerado um sistema passivo pois, o líquido refrigerante encontra-se num circuito fechado e realiza a troca de energia no depósito de água potável que se encontra colocado na parte superior do coletor, sendo a circulação feita através de convecção natural. O líquido arrefecido entra na parte inferior do coletor e ao ser aquecido, sobe para o depósito onde realiza a troca de energia com a água potável, criando-se assim um circuito fechado. Este tipo de sistema deixa de produzir água quente quando deixa de existir exposição solar sobre o coletor. São sistemas simples e requerem pouca manutenção pois não possuem sistemas de controlo e instrumentação [56].

Os tipos de coletores comercializados e implementados em edifícios residenciais e de comércio e serviços são os seguintes: coletores de placa plana, coletor de tubos de vácuo.

- **Coletores de placa plana**

Estes tipos de coletores são os mais implementados na produção das AQS. São constituídos por uma caixa isolada e preparada para intempéries onde estão colocadas placas de absorção escuras. Os coletores absorvem a energia solar através dessas placas e nas suas costas

encontram-se tubos que absorvem esse calor através da passagem do líquido refrigerante. Depois de absorvido o calor por parte do fluido, este circula através das tubagens até um permutador existente num depósito de água potável para se realizar a troca de energia [56].

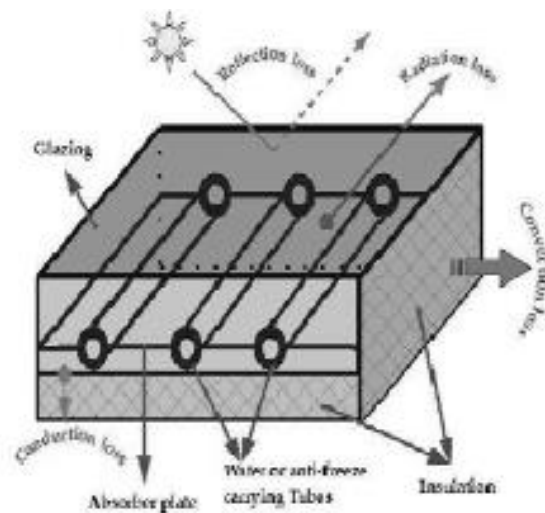


Figura 3.12 Coletor de placas planas (adaptado [56]).

- **Coletores de tubos de vácuo**

Este tipo de coletores é constituído com um conjunto de tubos transparentes colocados paralelamente. Cada tubo é constituído por um tubo externo e um tubo interno ou absorvedores unidos nas suas extremidades. O tubo interno é coberto por um revestimento seletivo que permite a absorção da energia solar (aquecendo o líquido) e o inibe de radiação. O ar existente entre os dois tubos é retirado para eliminar as perdas de calor por condução e convecção. Este tipo de coletores são bastante eficientes uma vez que são aconselháveis para zonas com maior nebulosidade e com pouca exposição solar [56].

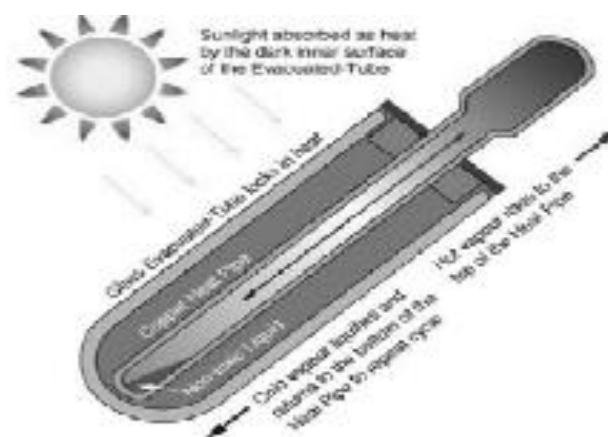


Figura 3.13 Coletores de tubos de vácuo (adaptado [56]).

Capítulo 4

Caracterização dos edifícios

Na secção que agora se inicia, apresentam-se os edifícios que foram alvo deste estudo, o Bar do Complexo Desportivo das Piscinas Municipais e Polidesportivo da Mêda, o Polidesportivo da Mêda e a Biblioteca Municipal de Mangualde.

4.1 Recolha de informação

O levantamento da informação foi realizado com diversas visitas às instalações em estudo e com o auxílio de projetos de obra possibilitando, assim, uma recolha minuciosa de todos os dados necessários para o estudo prático. Para a caracterização dos edifícios foi necessária a recolha de informação sobre os seguintes tópicos: meio envolvente, instalações eletromecânicas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado, iluminação e os restantes equipamentos consumidores de energia. Adicionalmente, foi recolhida informação sobre o histórico do consumo de energia e perfil de utilização.

4.2 Edifício A - Bar do Complexo Desportivo das Piscinas Municipais e Polidesportivo

O Bar do Complexo Desportivo das Piscinas Municipais e Polidesportivo da Mêda, Figura 4.1, situa-se no concelho de Mêda, distrito da Guarda, aproximadamente a uma altitude de 670 metros.



Figura 4.1 Bar do Complexo Desportivo das Piscinas Municipais e Polidesportivo - edifício A.

O Complexo Desportivo das Piscinas Municipais foi inaugurado a 11 de Novembro de 1996, junto ao estádio municipal e, mais tarde, viria a ser realizada uma nova empreitada, a construção de um Bar. A sua finalidade era ser explorado por terceiros e servir como bar/restaurante para os utilizadores das instalações.

Como já foi referido anteriormente, este edifício situa-se a uma altitude de cerca de 670 metros e localiza-se segundo o NUTS III, na Beira Interior Norte. De acordo com a sua localização e o Despacho n.º 15793-F/2013, as zonas climáticas de Verão e de Inverno, correspondem a V2 e I3, respetivamente, como se pode confirmar na Figura 4.2. Desta análise, conclui-se que o verão é ameno e o inverno é muito rigoroso, o que implica uma elevada atenção às exigências térmicas do edifício [33].

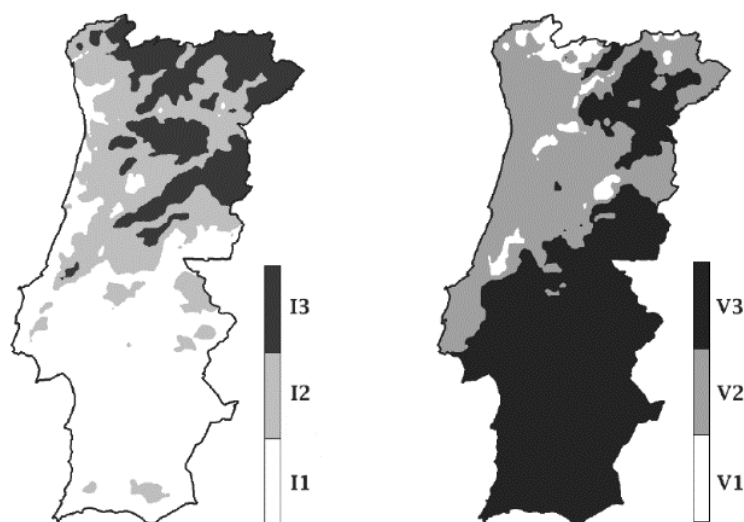


Figura 4.2 Zonas climáticas de Inverno e de Verão no continente [33].

4.2.1 Descrição do edifício

Atualmente, o edifício é propriedade e é explorado pela Câmara Municipal de Mêda servindo como bar e receção aos utilizadores do Complexo Desportivo das Piscinas Municipais de Mêda. Desde 2012, serve também de apoio ao Polidesportivo de Mêda, outro edifício em estudo que irá ser abordado mais à frente.

Este edifício é propriedade de uma entidade pública, explorado pela mesma e frequentemente visitado pelo público, tendo uma área útil de pavimento, aproximadamente, de 476 m². Segundo a alínea b, do artigo 3º, do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto, este encontra-se abrangido pelo SCE só a partir de 1 de Julho de 2015, uma vez que a sua área é inferior a 500 m² [28].

Desde a implementação, o edifício não sofreu qualquer tipo de alteração na sua estrutura, recebendo somente manutenção ao nível das pinturas interiores e exteriores. O bar pode-se

dividir em três espaços principais: bar/recepção, arrumos e zona de restaurante. No presente estudo irá ser tratado com um todo.

O horário de funcionamento do bar entre os meses de Outubro e Maio é de terça-feira a sexta-feira das 9h às 12:30 e das 14h às 21h. Durante a época balear, de Junho a Setembro, o horário de funcionamento é de terça-feira a domingo das 9h às 20h.

4.2.2 Envolvente térmica

Na caracterização da envolvente térmica serão analisados os seguintes aspetos: constituição das paredes, cobertura e área envidraçada.

Segundo a informação disponibilizada na memória descritiva, consultada na Câmara Municipal da Mêda, as paredes do bar são duplas, em tijolo, com caixa-de-ar de 5 cm e com isolamento de 4 cm de poliestireno extrudido. O acabamento da parede exterior é feito com reboco areado e, posteriormente, pintura. Existem ainda alguns espaços onde é utilizado granito serrado que é colado na parede. O seu interior é finalizado com gesso estanhado e pintura.

As janelas utilizadas em todo o edifício são constituídas por caixilharia em alumínio e vidro duplo, e tem uma área total de 90,74 m². O edifício contém ainda duas portas em vidro, na entrada principal e no acesso às piscinas exteriores, com uma área total de 6,4 m². Para além destas, ainda existe uma outra porta, em alumínio, com 3,2 m², que dá acesso ao exterior a partir dos arrumos. Resumindo, à área total de alumínio e envidraçado existente é de 100,34 m².

Para concluir, a cobertura é feita com lajes aligeiradas de 20 cm e vigotas. A parte interior é rebocada e posteriormente colocado um teto. A parte exterior é regularizada com uma camada de malha sol e de betão de 3 cm e é revestida por uma tela impermeabilizante e gravilha.

4.2.3 Iluminação

A iluminação presente no edifício em estudo inclui diversos tipos de lâmpadas e potências. As lâmpadas usadas são: fluorescentes tubulares T8, compactas não-integradas e de halogéneo. Na Tabela 4.1, pode-se visualizar um resumo do total de lâmpadas existentes no edifício, bem como as suas potências. Às fluorescentes compactas não-integradas corresponde uma potência total de 1161 W, às fluorescentes tubulares T8 1566 W e às de halogéneo 1300 W.

Como se pode observar na Figura 4.3, as lâmpadas fluorescentes compactas não-integradas, com potências de 9 W, são as que se encontram em maior número, cerca de 71%. Em segundo plano aparecem as lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com cerca de 15% de utilização e, por último, as lâmpadas de halogéneo com cerca de 14%.

Tabela 4.1 Quantidade de lâmpadas por tipo e potência - edifício A.

Equipamento	Lâmpada	Quantidade	Potência (W)	Potência Total (W)
Luminária redonda embutida no teto - dupla	Fluorescente compacta não integrada	124	9	1116
Luminária embutida no teto - aplique	Halogéneo com refletor parabólico	26	50	1300
Luminária redonda de teto	Fluorescente compacta não integrada	5	7	35
Luminária linear de teto estanque - dupla	Fluorescente tubular T8 com balastro ferromagnético	20	58	1160
Luminária linear de teto estanque - simples	Fluorescente tubular T8 com balastro ferromagnético	7	58	406
Total	-	182	-	4017

Em suma, o bar contém cerca de 182 lâmpadas, com uma potência total de 4017 W. Conclui-se que as lâmpadas compactas não-integradas são as que existem em maior quantidade, seguidas das fluorescentes tubulares e das de halogéneo. As lâmpadas de halogéneo apresentam uma potência total instalada de 1161 W, as fluorescentes tubulares e as de halogéneo, 1566 W e 1300 W, respetivamente. Importa salientar que de todas as lâmpadas presentes no edifício as maiores consumidoras de energia são as de halogéneo.

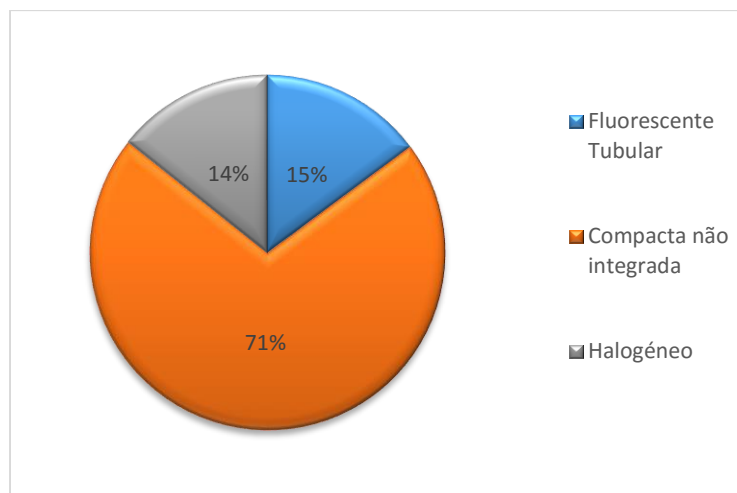


Figura 4.3 Percentagem por tipo de lâmpadas utilizada no bar - edifício A.

4.2.4 Sistemas de climatização

Relativamente aos sistemas de climatização, vão ser abordados dois aspetos distintos: o aquecimento ambiente do edifício e a ventilação. Na ventilação estão incluídos os sistemas de extração de fumos, renovação do ar nas instalações sanitárias e as UTA's.

- **Aquecimento ambiente**

O aquecimento do bar é feito essencialmente por três radiadores, duas UTA's e dois sistemas de ar-condicionado. Importa salientar que as UTA's nunca foram utilizadas e os sistemas de ar-condicionado também raramente são utilizados.

Os radiadores são constituídos por vinte elementos cada um e são alimentados por água quente que circula numa rede de tubagens que transposta a água entre os radiadores e a caldeira para se realizar as trocas de energia. Na Tabela 4.2 podem ser visualizadas as características do sistema de aquecimento de águas instalado no Complexo Desportivo das Piscinas Municipais de Mêda e que alimenta os radiadores do bar. O sistema é constituído por uma caldeira da marca ROCA e um queimador da marca Lamborghini, sendo alimentado a partir de um depósito central de gás propano. É de salientar que desde a sua implementação, o sistema sofreu algumas alterações, mais concretamente no queimador, tendo sido substituído, mas a caldeira foi mantida.

Tabela 4.2 Características do sistema de aquecimento centralizado - edifício A.

Equipamento	Marca	Modelo	Potência (kW)	Combustível	Rendimento
Caldeira (original)	Roca	TR-3	488.4	-	87%
Queimador (alterado)	Lamborghini	EM 50/2	145-582	Gás Propano	-

Esta caldeira, segundo a Portaria 349-D de 2 de Dezembro de 2013, relativamente ao seu rendimento encontra-se numa classe de eficiência energética B, com um rendimento de 87%. A partir de 31 de Dezembro de 2015, a exigência mínima de classe de eficiência energética é A, o que implicará uma mudança da caldeira [31].



Figura 4.4 Sistema de aquecimento das águas - caldeira e queimador - edifício A.

Como já foi descrito anteriormente, para além do aquecimento ser feito através de radiadores, também existe a possibilidade de aquecer o espaço com o auxílio dos equipamentos de ar-condicionado existentes no edifício. Estes equipamentos são pouco utilizados uma vez que se encontram numa área do edifício que só serve de passagem para os utilizadores do complexo, exceto quando são servidas refeições.

O ar-condicionado, Figura 4.5, é constituído por uma unidade interior e uma unidade exterior, ou seja, são considerados sistemas split pois a unidade exterior só trabalha com uma unidade interior.



Figura 4.5 Unidade interior e exterior do equipamento de ar-condicionado.

Como é possível observar na Tabela 4.3, o sistema de ar-condicionado tem uma potência térmica nominal de aquecimento e de arrefecimento de 11570 W e 12020 W, respetivamente.

Tabela 4.3 Características do sistema de ar-condicionado - edifício A.

Marca	Modelo	Potência térmica de aquecimento (W)	Potência térmica de arrefecimento (W)	EER	COP
ACSON	ALC40CR FFA	11570	12020	3.33	3.63

De acordo com as tabelas de classificação do desempenho das unidades split os sistemas de ar-condicionado instalados no edifício apresentam um coeficiente de performance e uma relação de eficiência energética de 3.63 e 3.33, respetivamente (que de acordo com a Portaria 349-D conferem uma classe energética de A, em aquecimento e arrefecimento) [31].

Por último existem ainda duas UTA's, de insuflação de ar que nunca foram utilizadas. Estas UTA's realizam insuflação de ar podendo este ser aquecido com o auxílio de uma serpentina de água. Nesta serpentina passa água quente proveniente da caldeira instalada na casa das máquinas do complexo.

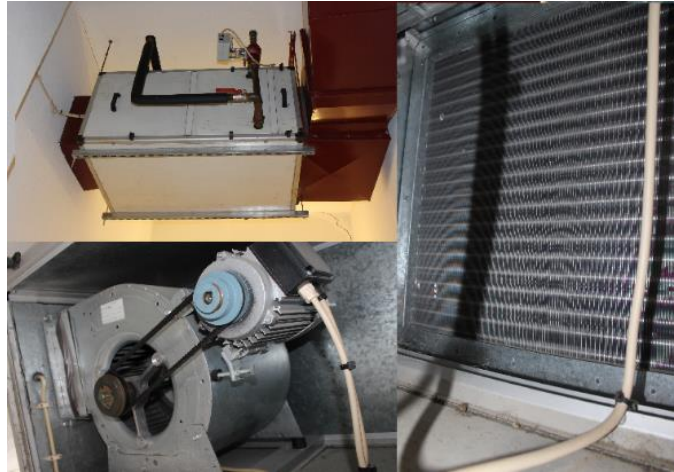


Figura 4.6 UTA - Ventilador, motor e permutador de calor - edifício A.

Na Figura 4.6 podemos observar a UTA bem como todos os elementos constituintes: o motor, o ventilador e a serpentina de água. As características dos elementos estão descritas na Tabela 4.4. Este tipo de UTA's não realiza reaproveitamento do ar interior do edifício, sendo só insuflado ar diretamente do exterior.

Tabela 4.4 Características dos equipamentos da UTA - edifício A.

Equipamento	Marca	Modelo	Potência (W)	Velocidade (rpm)
Caixa de ventilação	TROIA	CVB	-	-
Motor	ELD	T80 A4	550	1410
Ventilador	TECNIFAN	TDA 10/10	-	1700

- **Ventilação**

Neste edifício existe ainda uma caixa de ventilação que realiza a extração de cheiros e um extrator de exaustão para retirar os fumos libertados na cozinha. A caixa de ventilação, Figura 4.7, é constituída por um ventilador com um motor diretamente acoplado, com uma potência máxima de 290 W e permite a extração de cheiros provenientes de algumas instalações sanitárias.



Figura 4.7 Caixa de ventilação - edifício A.

Como foi referido anteriormente, também existe um extrator de fumo com uma potência de 325 W, cuja finalidade é a extração dos fumos libertados pelo fogão e pelas placas existentes no bar.



Figura 4.8 Sistema de extração de fumos - edifício A.

Existem ainda mais duas condutas de ar, às quais não estão acoplados nenhuns ventiladores, sendo feita a renovação do ar das instalações sanitárias naturalmente.

4.2.5 Águas quentes sanitárias

A produção das AQS, mais concretamente as águas para confeção de refeições e limpezas é feito através de uma caldeira existente nos arrumos, da marca Ferroli. É uma caldeira mural tendo acoplado um depósito de acumulação de água, em aço inoxidável, com uma capacidade de 60 litros e uma potência nominal de 30000 W.



Figura 4.9 Caldeira Ferroli Domina C 30 E - edifício A.

4.2.6 Outros equipamentos consumidores de energia

Para além dos sistemas de climatização, AQS e de iluminação, é necessário ter em conta todos os equipamentos consumidores de energia, por isso foi feito o levantamento dos mesmos.

Uma vez que este edifício é um bar de apoio aos complexos, para além dos equipamentos que já foram mencionados, ele é dotado de uma vasta gama de equipamentos necessários no arrefecimento de bebidas, conservação de alimentos e gelados, cozinha, entre outros. Na Tabela 4.5 é possível verificar, em suma, os vários equipamentos utilizados bem como as suas potências. Pode-se concluir que existem cerca de vinte e dois equipamentos e que todos juntos perfazem uma potência total de 31876 W.

Tabela 4.5 Restantes equipamentos presentes no bar - edifício A.

Equipamento	Marca	Modelo	Quantidade	Potência (W)
Máquina de café	Fiamma	ATLANTIC 2 PCI NV	1	3800
Arcas de gelados horizontais	Fricon	THG 7SGI	4	276
Arcas de gelados verticais	Mondial Group srl	E1773\$21PT	5	600
Arca vertical de conservação alimentos	CENTAURO	TAL/E-91	3	678
Arca de gelados horizontal com vitrina	Jordao	VIT.Delice - DRTSL 150 C/GP FRIO IND	1	588
Microondas	HAEGER		2	700
Forno elétrico	UNOX	648 VE Multif.	2	2600
Torradeira	Fiamma	TRD 30.2	1	7548
Torradeira	Fiamma	GR 8.2	1	3600
Torradeira	Fiamma	GR 4.2	1	1800
Máquina lavar loiça	Colged	STELL 53T	1	5550
Máquina lavar loiça	Colged	STELL 31	1	3450
Bancada frigorífica	MIZAR	CR704	1	647
Total	-	-	24	35523

4.2.7 Perfil de utilização

Por forma a perceber melhor os consumos de energia do bar, foi analisado o seu perfil de utilização. Segundo dados fornecidos relativamente aos espaços do bar, este dá apoio a diversas valências desportivas como podemos observar pela leitura da Figura 4.10.

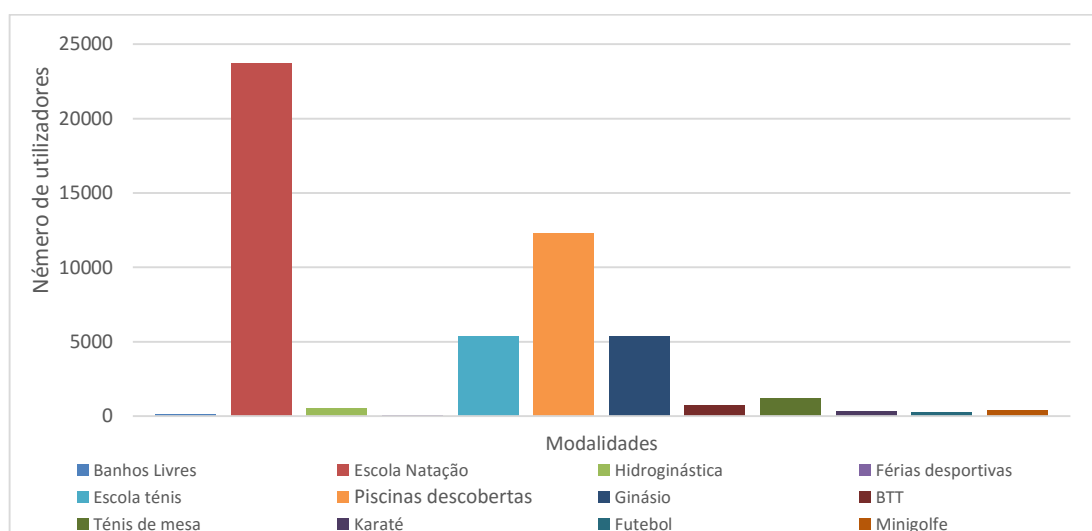


Figura 4.10 Perfil de utilização em 2014 do bar da Mêda - edifício A

Pelo bar em 2014 passaram cerca de 58250 utilizadores, onde este número é espelho das inúmeras atividades realizadas durante o ano. As modalidades que mais utilizadores traz ao edifício é a escola de natação e as piscinas descobertas, cerca de 23683 e 12318 respetivamente.

4.2.8 Consumo de energia

Devido à grande variedade de equipamentos instalados no edifício em estudo, este, para suprimir as suas necessidades energéticas, consome:

- Energia elétrica para todos os equipamentos de iluminação, ventilação, AVAC e restantes equipamentos;
- Gás propano para o funcionamento da caldeira das AQS, aquecimento ambiente e no fogão da cozinha.

Relativamente à energia elétrica esta é contratada à EDP, sendo a potência contratada de 41,4 kVA. De acordo com os equipamentos e sistemas instalados no edifício, como se pode verificar na Figura 4.11, os equipamentos utilizados no bar para arrefecimento de bebidas, conserva de alimentos entre outros, representam cerca de 62% do consumo de energia elétrica. No entanto, isto não é linear, pois a maior utilização destes equipamentos faz-se sentir de Junho a fins de Setembro, altura da época balnear.

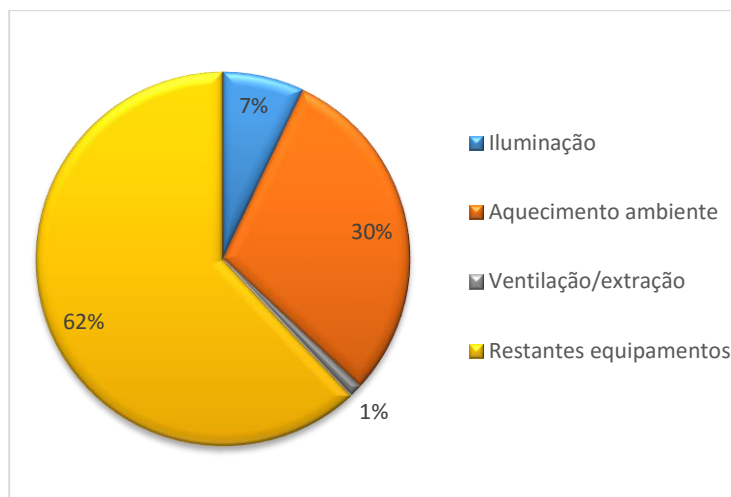


Figura 4.11 Estimativa da percentagem de potência elétrica consumida por tipo de sistema - edifício A.

Pelas faturas da EDP disponibilizadas é possível visualizar que a opção tarifária contratada é a BTN-Médias UT. A construção da Tabela 4.6 permite-nos observar o consumo de energia por mês e o seu respetivo preço. Estes valores são retirados das faturas disponibilizadas pela Câmara Municipal de Mêda, representando o consumo de energia referente ao ano de 2014.

Tabela 4.6 Energia consumida e custo faturado no Bar da Mêda em 2014 - edifício A.

Mês	Valor (€)	Vazio (kWh)	Ponta (kWh)	Cheias (kWh)	Total (kWh)	Preço Vazio (€/kWh)	Preço Ponta (€/kWh)	Preço Cheias (€/kWh)
Jan	653,06	701	719	1245	2665	0,08335	0,2898	0,1457
Fev	825,71	1234	783	1787	3804	0,0845	0,2938	0,1477
Mar	724,53	1077	683	1559	3319	0,0845	0,2938	0,1477
Abr	669,16	-52	852	1520	2320	0,0845	0,2938	0,1477
Mai	693,55	1014	643	1483	3140	0,0845	0,2938	0,1477
Jun	703,25	1030	653	1507	3190	0,0845	0,2938	0,1477
Jul	554,69	1397	349	1065	2811	0,0845	0,2938	0,1477
Ago	775,34	1167	724	1667	3558	0,0845	0,2938	0,1477
Set	1 199,40	2415	1006	2731	6152	0,0845	0,2938	0,1477
Out	756,43	1422	638	1573	3633	0,0845	0,2938	0,1477
Nov	781,04	1172	729	1670	3571	0,0845	0,2938	0,1477
Dez	723,15	1093	679	1557	3329	0,0845	0,2938	0,1477
Total	9 059,31	13670	8458	19364	41492			

É possível observar através da Figura 4.12 a existência de um pico de consumo de energia elétrica entre o mês de Agosto e Outubro, ou seja, durante a época balnear, fruto do excessivo uso dos equipamentos utilizados na refrigeração de bebidas, alimentos e cozinha.

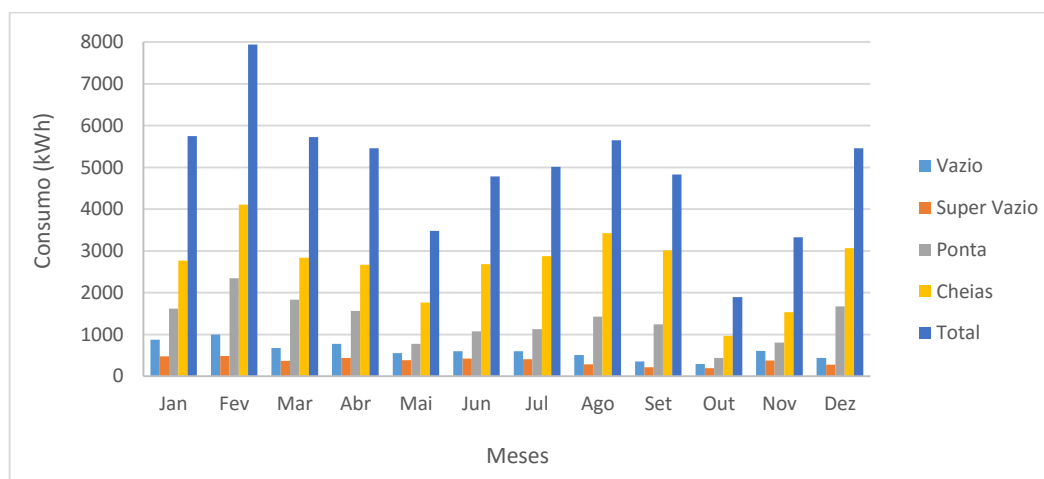


Figura 4.12 Consumo de energia elétrica do Bar da Mêda em 2014 - edifício A.

Por último, o consumo de gás propano no bar é difícil de quantificar uma vez que o depósito que abastece a caldeira existente no bar é um depósito central. Este depósito para além de alimentar esta caldeira também alimenta todo o Complexo Municipal das Piscinas de Mêda e o Polidesportivo. Os sistemas consumidores de gás no bar são a caldeira e o fogão, para cozinhar. Estes sistemas em comparação ao consumo da caldeira central do Complexo Municipal das Piscinas de Mêda e da caldeira do Polidesportivo é considerado insignificante.

4.3 Edifício B - Polidesportivo da Mêda

Recentemente, em 18 de Agosto de 2012, foi inaugurado um polidesportivo no concelho da Mêda, mais propriamente junto e anexado ao Complexo Desportivo das Piscinas Municipais, proporcionando aos utilizadores poder usufruir dos dois complexos desportivos. Este edifício, Figura 4.13, encontra-se a uma altitude de 670 metros estando equipado com diversos materiais para as diferentes atividades desportivas: basquetebol, andebol, ténis e futsal. Existem ainda balneários de apoio aos praticantes e árbitros.

Como o polidesportivo foi construído e anexado ao Complexo Desportivo das Piscinas Municipais de Mêda, segundo o Despacho n.º 15793-F/2013, que se refere ao NUTS III e às zonas climáticas de Verão e de Inverno, este edifício também se encontra situado na Beira Interior Norte e as suas zonas climáticas são classificadas de V2 e I3, como se pode observar na Figura 4.2 [33].



Figura 4.13 Polidesportivo da Mêda - edifício B.

4.3.1 Descrição do edifício

O complexo polidesportivo é uma empreitada da Câmara Municipal de Mêda, que detem a sua propriedade e exploração, e é frequentemente visitado pelo público. O edifício é constituído por dois pisos, piso 0 e piso -1, e tem uma área útil de pavimento de 2438 m². O piso 0 destina-se à receção, bilheteira e bancada. No piso -1 está localizada a área de jogo, os balneários, os arrumos, um escritório, uma enfermaria e a casa das máquinas.

De acordo com as condições descritas anteriormente, o edifício é considerado um GES. Segundo a alínea a, do artigo 3º, do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto, este encontra-se abrangido pelo SCE a partir de 1 de Dezembro de 2013 [28].

Sendo este edifício bastante recente, ainda não sofreu qualquer tipo de alteração ou manutenção na sua estrutura. Ele é dotado de uma vasta gama de equipamentos de iluminação,

de climatização, de ventilação e um conjunto de painéis solares térmicos que irão ser abordados mais à frente em pormenor.

O horário de funcionamento do polidesportivo, entre os meses de Outubro e Maio, é de terça-feira a sexta-feira, das 9h às 12:30 e das 14h às 21h, e aos sábados das 18h às 21h. Os restantes meses encontra-se encerrado, só abre no caso de ocorrer alguma atividade desportiva durante esse período.

4.3.2 Envolvente térmica

Na caracterização da envolvente térmica serão analisados os seguintes aspetos: constituição das paredes, cobertura e área envidraçada. Esta informação foi retirada do caderno de encargos da obra que foi disponibilizado pela Câmara Municipal da Mêda.

Assim, segundo o caderno de encargos, existem dois tipos de paredes exteriores, com designações PRE1 e P. simples betão, com uma área total de 889,01 m² e 308,20 m², respetivamente. O primeiro tipo de parede, PRE1, é constituída, do exterior para o interior, por um bloco de betão de 30 cm, poliuretano projetado de 6 cm e reboco tradicional de 2 cm. A parede do tipo P. simples de betão é constituída, do exterior para o interior, por reboco tradicional de 2 cm, poliestireno expandido de 4 cm, betão de 20 cm e reboco interior de 2 cm. Para além destes materiais, algumas das paredes exteriores são ainda pintadas e outras revestidas por madeira serrada e o seu interior é simplesmente pintado.

As janelas e as portas delimitadoras do edifício para o exterior são constituídas por uma caixilharia em alumínio com corte térmico e vidro duplo com 4,4+12+8 mm. No levantamento foram consideradas todas as janelas e portas constituídas por vidro e alumínio com uma área total de janelas de 398,36 m² e de portas de 61,85 m². Existem ainda quatro portas feitas em alumínio com corte térmico que corresponde a uma área de 27,15 m².

Por último, existem dois tipos de cobertura no edifício, a cobertura CBE1 e a cobertura CBE2. Considerando primeiro a CBE1, esta é uma cobertura plana, em betão com uma espessura de 25 cm, revestida com uma tela impermeabilizante de dupla camada e posteriormente é colocada gravilha. O seu interior é feito com uma camada de isolamento térmico de poliestireno de 6 cm, lã de rocha e um teto falso (placa de gesso). Na cobertura CBE2 é utilizado painel sandwich no exterior do tipo *onduline* com isolamento de 4 cm. O interior é finalizado com lã de rocha e ripado de madeira.

4.3.3 Iluminação

No edifício em estudo existe uma vasta variedade de lâmpadas utilizadas, nomeadamente, seis tipos de iluminações diferentes que são: fluorescentes tubulares T5 e T8, compacta integrada, compacta não-integrada, halogéneo e vapor de mercúrio.

Na Tabela 4.7 é possível visualizar um resumo da quantidade por tipo de lâmpadas existentes, bem como as suas potências. A potência total das lâmpadas instaladas é de 12314 W.

Tabela 4.7 Quantidade de lâmpadas por tipo e potência - edifício B.

Tipo	Lâmpada	Quantidade	Potência (W)	Potência Total (W)
Luminária redonda no teto - Dupla	Compacta não integrada	72	18	1296
Luminária Teto - Simples	Compacta integrada	24	18	432
Luminária linear suspensa no teto - Simples	Fluorescente redonda T5 com balastro eletrônico	4	14	56
Luminária linear de teto - Dupla	Fluorescente redonda T8 com balastro eletrônico	28	36	1008
Luminária linear de teto estanque - Dupla	Fluorescente redonda T8 com balastro eletrônico	64	36	2304
Luminária linear de teto estanque - Simples	Fluorescente redonda T8 com balastro eletrônico	8	58	464
Luminária linear de teto estanque - Simples	Fluorescente redonda T8 com balastro eletrônico	8	18	144
Luminária de parede	Lâmpadas de halogéneo	3	70	210
Luminárias industriais	Vapor de mercúrio	16	400	6400
Total	-	227	-	12314

De acordo com a Figura 4.14, é possível concluir que as lâmpadas mais utilizadas são as fluorescentes tubulares T8, variando as suas potências entre 18 W e 58 W.

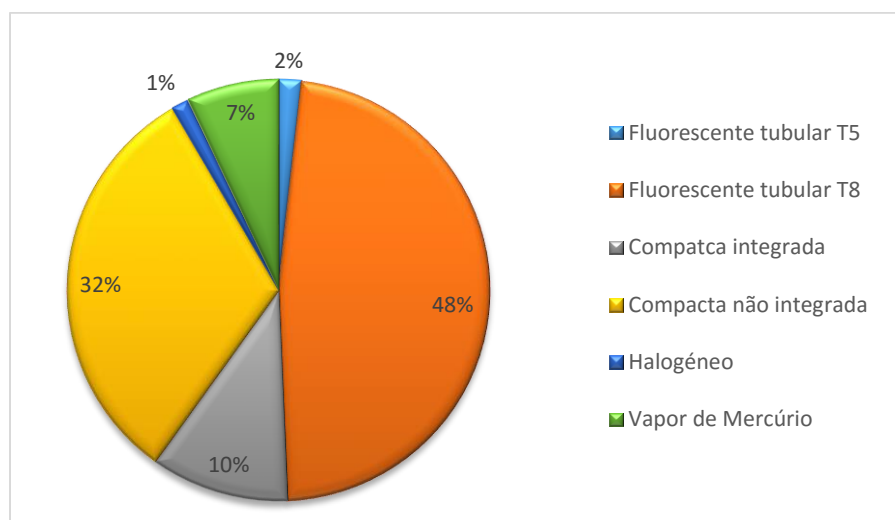


Figura 4.14 Percentagem por tipo de lâmpadas utilizadas no Polidesportivo - edifício B.

A potência total instalada é de 3920 W e corresponde a 48% de utilização. As segundas lâmpadas mais utilizadas são as compactas não-integradas, cerca de 32% com uma potência total de 1116

W. Em terceiro lugar aparecem as lâmpadas compactas integradas, cerca de 10% com uma potência total de 432 W. As lâmpadas de vapor de mercúrio são utilizadas na iluminação da área de jogo, correspondendo à maior fração do polidesportivo. Estas lâmpadas são as maiores consumidoras de energia no edifício, cerca de 6400 W.

4.3.4 Sistemas de climatização

- **Aquecimento ambiente**

O aquecimento ambiente do polidesportivo é feito através de uma Unidade de Tratamento de Ar, com o auxílio de uma caldeira para o aquecimento da água que circula na serpentina, e um sistema de ar-condicionado do tipo multi-split.

A UTA, Figura 4.15, é utilizada no aquecimento ambiente dos balneários dos atletas, mais concretamente em quatro balneários. Este sistema permite insuflação e extração do ar para assim ser recuperado algum ar quente para se voltar a insuflar, minimizando as perdas de energia. Também é utilizado ar proveniente do exterior que é controlado pelo registo.



Figura 4.15 Unidade de tratamento de ar - edifício B.

Na Figura 4.16 estão presentes os diferentes constituintes da UTA, nomeadamente, uma caixa de ventilação, que no seu interior estão instalados os seguintes componentes: o filtro, o ventilador, o pressostato diferencial, a serpentina de água, o pré-filtro e os registos. No seu exterior estão ligadas as condutas de insuflação e extração, bem como as tubagens que alimentam a serpentina de água.



Figura 4.16 Equipamentos interiores instalados na UTA - edifício B.

Como já foi referido anteriormente, a UTA é constituída por um motor e um ventilador sendo possível observar as suas características na Tabela 4.8. Segundo a chapa característica presente na UTA, o seu caudal é de 4340 m³/h.

Tabela 4.8 Características dos equipamentos da UTA - edifício B.

Equipamento	Marca	Modelo	Potência (W)	Velocidade (rpm)
Motor	RMN	90S-4	1100	14000
Ventilador	CHAYSOL	DA 12/12 NT	-	1400

O aquecimento da água que circula na serpentina de água da UTA é feito através do auxílio de uma caldeira SIME com uma potência de 60700 W, alimentada a gás propano proveniente do depósito central dos complexos. A circulação é feita através de tubagens devidamente isoladas e tem, como auxílio, uma bomba de velocidade variável, com uma potência máxima de 286 W.

Para além da UTA, existe ainda um equipamento de ar-condicionado multi-split instalado no edifício, com a finalidade de climatizar os balneários dos árbitros, a enfermaria e o escritório. Este tipo de unidade exterior é considerada multi-split, em que, neste caso, a unidade exterior trabalha com quatro unidades interiores.

Na Tabela 4.9, constam as características dos equipamentos de ar-condicionado presentes no edifício e que, de acordo com a Portaria 349-D/2013, o seu COP e o EER confere uma classe energética A e B, respetivamente.

Tabela 4.9 Características dos equipamentos de ar-condicionado - edifício B.

Equipamento	Quantidade	Marca	Modelo	Capacidade (W)		Potência (W)		COP	EER
				Arref	Aquec	Arref	Aquec		
Unidade exterior	1	Daikin	4MXS80E2V3B	8000	9600	2580	2260	4.25	3.10
Unidade interior	3	Daikin	CTXS35K2V1B						
Unidade interior	1	Daikin	FTXS25J2V1B						

- **Ventilação**

Para além do aquecimento ambiente, existem ainda duas caixas de ventilação no edifício em estudo, com a finalidade de extrair o ar interior.

A primeira caixa de ventilação é utilizada para a renovação do ar nas instalações sanitárias, estando todas ligadas à mesma conduta. Esta caixa de ventilação é constituída por um ventilador com motor acoplado de 72 W e uma velocidade de rotação de 900 rpm.



Figura 4.17 Caixa de ventilação das casas de banho - edifício B.

A segunda caixa encontra-se situada na sala de arrumos onde se guarda o material desportivo. Esta caixa é idêntica à anterior, tendo também o motor acoplado ao ventilador. No entanto, a potência do motor e a velocidade de rotação são superiores, cerca de 172 W e 1400 rpm, respetivamente.

4.3.5 Águas quentes sanitárias

Na produção das AQS, estão presentes no edifício dois sistemas de aquecimento distintos: uma caldeira a gás e um sistema solar térmico.

Numa primeira instância será abordado o sistema solar térmico, que é constituído por um conjunto de vinte painéis solares térmicos, uma caixa de ventilação, um depósito de oitocentos litros, como é possível observar na Figura 4.18.



Figura 4.18 Equipamentos do sistema solar térmico - edifício B.

De seguida, irá ser caracterizado cada equipamento individualmente. Na Tabela 4.10 estão presentes as características de todos os equipamentos presentes no sistema solar térmico.

O sistema solar térmico, como já foi referido anteriormente, é constituído por vinte painéis solares térmicos do tipo plano com uma área total de 42,8 m² e um rendimento de absorção de 95%. Para além dos painéis, este sistema está ligado a um depósito, onde ocorre a permuta de calor entre o fluido que circula nos painéis e a água do depósito. A permuta de calor é feita através de uma serpentina existente no seu interior. Este depósito, depois de concluída a permuta de calor, transfere a água quente para outros dois depósitos que servem de alimentação às AQS.

Tabela 4.10 Características dos equipamentos do sistema solar térmico - edifício B.

Equipamento	Área (m ²)	Quantidade	Marca	Modelo	Fluido
Painel solar térmico	2,14	20	OPENPLUS	OP-V4AL	Água + glicol
Dissipador					
Equipamento		Marca	Modelo	Potência (W)	Velocidade (rpm)
Ventilador + Motor		CHAYSOL	DA-12/9	550	900
Depósito					
Equipamento		Marca	Capacidade (litros)	Características	
Depósito		OPENPLUS	800	Dupla Serpentina	

Este sistema também está equipado com uma caixa de ventilação, que contém uma serpentina e um ventilador. Esta caixa é utilizada para dissipar o calor em excesso do fluido que circula

nos painéis, caso não exista consumo de água quente no polidesportivo. Esse comando é feito através uma válvula que corta a passagem do fluido para o depósito “obrigando-o” a passar pela serpentina de água, para assim dissipar calor e impedir que os painéis sobreaqueçam.

O segundo sistema utilizado na produção das águas quentes sanitárias é a caldeira a gás com o auxílio de um conjunto de equipamentos interligados, como mostra a Figura 4.19.

Na Tabela 4.11 é possível observar as características dos componentes desse sistema.

Tabela 4.11 Características dos equipamentos do sistema de caldeira - edifício B.

Equipamento	Marca	Modelo	Potência	Velocidade (rpm)	Combustível
Caldeira	SIME	RX CE IONO	60700 W	900	Gás Propano
Equipamento	Marca	Quantidade	Capacidade (litros)	Características	
Depósito	OPENPLUS	2	927	Dupla Serpentina	
Equipamento	Marca	Modelo	Potência (W)		
Bomba	LOAWA	TLCH 25-7L	220- 260		
Bomba	LOAWA	TLC 15 - 2.5	27 - 35		

A caldeira SIME, instalada na casa das máquinas do polidesportivo, é utilizada para a produção das águas quentes sanitárias e é alimentada por gás propano a partir do depósito central. Como já foi visto anteriormente, esta caldeira também é utilizada para o aquecimento ambiente dos balneários, mas a prioridade é sempre a produção das águas quentes sanitárias.



Figura 4.19 Equipamentos do sistema de caldeira - edifício B.

Esta caldeira, caso os painéis solares não tenham capacidade de aquecer a água à temperatura desejada, entra em funcionamento de modo a colmatar essa falha, aquecendo a água dos dois depósitos das AQS. O aquecimento da água nos depósitos é feito através da permuta de calor do fluido que circula na tubagem, entre os depósitos e a caldeira, com a ajuda de uma bomba de circulação. Depois de concluída a permuta, a água quente é distribuída pelos diferentes circuitos instalados, através de uma tubagem e com o auxílio de uma bomba de circulação de água.

4.3.6 Outros equipamentos consumidores de energia

Para além dos sistemas de climatização, de águas quentes sanitárias e de iluminação, é necessário ter em conta todos os equipamentos consumidores de energia.

No que diz respeito aos equipamentos consumidores de energia do polidesportivo, não existe grande variedade e o seu uso é pontual. Assim sendo, foi dada maior relevância aos secadores de mãos, que possuem uma potência de 1960 W. No total estão instalados quatro secadores de mãos, um por cada balneário, com uma potência total instalada de 7840 W.

4.3.7 Perfil de utilização

Por forma a perceber melhor os consumos de energia do polidesportivo, foi analisado o seu perfil de utilização. Segundo dados fornecidos relativamente ao espaço do polidesportivo, este é dotado de diversas valências desportivas como podemos observar pela leitura da Figura 4.20.

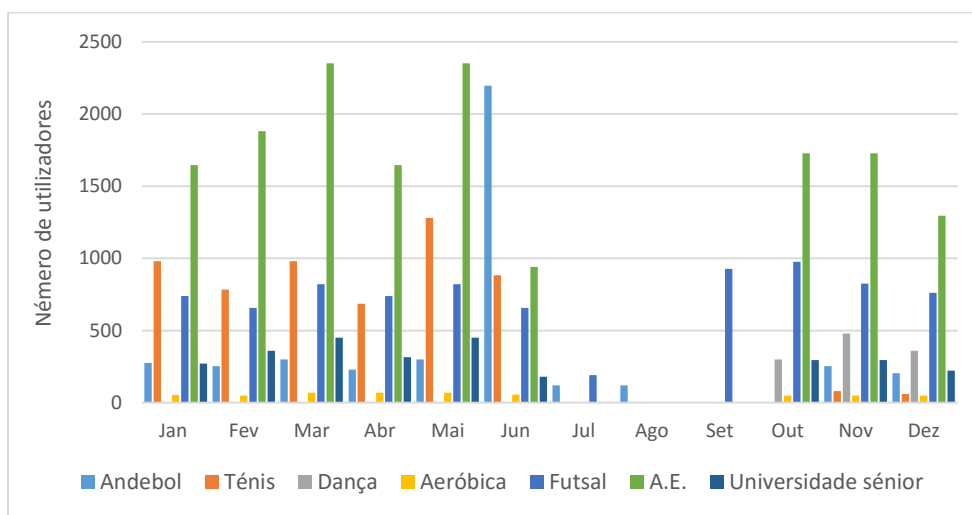


Figura 4.20 Perfil de utilização em 2014 do polidesportivo da Mêda - edifício B.

O polidesportivo em 2014 teve um total de utilizadores de 38956, sendo este número o espelho das inúmeras atividades realizadas durante o ano. As atividades que mais utilizadores traz ao edifício são o futsal e as relativas ao agrupamento de escolas de Mêda, com 8110 e 15562, respetivamente.

4.3.8 Consumo de energia

De modo a suprimir as necessidades energéticas do edifício, este consome:

- Energia elétrica para todos os equipamentos de iluminação, de ventilação, AVAC, entre outros;
- Gás propano para o funcionamento da caldeira das AQS e para aquecimento ambiente.

Relativamente à energia elétrica consumida pelo polidesportivo, a contagem é realizada a partir do contador central do Complexo Desportivo da Piscinas Municipais da Mêda, uma vez que neste momento o polidesportivo ainda não possui contador independente. A energia elétrica é contratada à EDP, com potência contratada de 41,4 kVA e a tarifa utilizada é a BTE - médias UT, tetra-horária. Para melhor analisar o consumo de energia do polidesportivo foram colocados dois analisadores de energia no mês de Maio, durante sete dias consecutivos.

Os dois analisadores são da marca Circutor, modelo CIRe3, e permitem medir as correntes e as tensões por fase, de minuto a minuto. Um dos analisadores foi instalado no quadro parcial do polidesportivo enquanto o outro foi instalado no quadro geral do Complexo Desportivo da Piscinas Municipais da Mêda. Com a realização desta análise foi possível estimar qual é o consumo de energia de cada complexo. Assim, realizadas as medições, foi possível perceber qual a percentagem de energia consumida por cada edifício, possibilitando a divisão dos custos e dos consumos registados nas faturas da EDP.

Depois de realizados os cálculos, concluiu-se que o consumo de energia no polidesportivo é relativamente pequeno, cerca de 2,6% do total faturado, como pode ser verificado pela Figura 4.21.

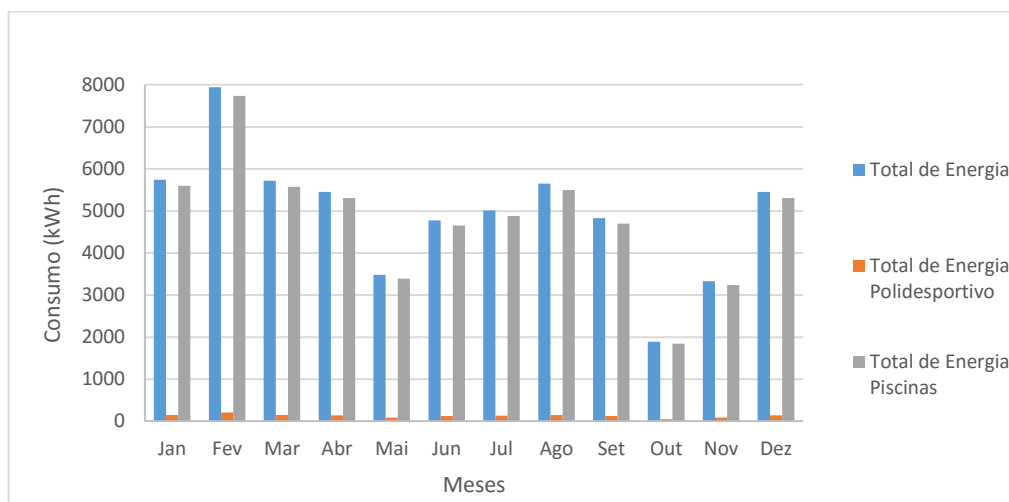


Figura 4.21 Estimativa do consumo de energia elétrica do polidesportivo da Mêda em 2014 - edifício B.

O auge da utilização de iluminação no polidesportivo faz-se sentir no período de tempo compreendido entre os meses de Outubro e Maio, com o decorrer do campeonato distrital de futsal, pois os treinos e jogos são realizados à noite. À exceção desta atividade, o edifício é, essencialmente, utilizado durante o dia pelos alunos do agrupamento de escolas. Contudo, como o polidesportivo é dotado de uma grande luminosidade natural o consumo de energia elétrica é muito reduzido, daí esta análise não ser fidedigna.

Como o consumo de energia é de 2,6% face ao total, o custo relativamente à energia consumida pelo polidesportivo também é de 2,6%, o que perfaz um total anual de 385,42 € num total faturado de 14.825,19 €.

Por último em relação ao consumo de gás propano no polidesportivo, existe o mesmo problema já referido para o bar, sendo difícil de quantificar quanto gás é gasto, uma vez que este provém de um depósito central. O gás consumido no polidesportivo só é usado na caldeira, mas esta é pouco utilizada pois o sistema solar térmico “quase” satisfaz a produção das AQS. Pelas informações disponibilizadas a UTA nunca foi usada. Perante estas informações, é possível concluir que o consumo de gás no polidesportivo será pouco significativo.

4.4 Edifício C - Biblioteca Municipal de Mangualde

A Biblioteca Municipal de Mangualde, Figura 4.22, situa-se no concelho de Mangualde, distrito de Viseu, aproximadamente a uma altitude de 543 metros.



Figura 4.22 Biblioteca Municipal de Mangualde - edifício C.

A Biblioteca Municipal de Mangualde foi inaugurada a 22 de Novembro de 1997 e na sua proximidade encontram-se as Piscinas Municipais de Mangualde e diversas escolas, do ensino básico e secundário. De acordo com a informação recolhida, devido à sua boa localização é bastante frequentada pelos munícipes do concelho.

Como mencionado anteriormente, este edifício situa-se a uma altitude de cerca de 543 metros e, de acordo com o NUTS III, situa-se na região Dão-Lafões. Tendo em conta a localização do edifício e segundo o Despacho n.º 15793-F/2013, as zonas climáticas de Verão e de Inverno correspondem a V2 e I2, respetivamente, concluindo que tanto o verão como o inverno são amenos o que implica alguma atenção às exigências térmicas do edifício [33].

4.4.1 Descrição do edifício

A Biblioteca Municipal de Mangualde é uma empreitada antiga, cuja propriedade e exploração é responsabilidade da Câmara Municipal de Mangualde, desde há 18 anos. Segundo as plantas originais da sua implementação, a Biblioteca é constituída por três pisos, -1, 0 e 1. Após a mais recente reformulação das plantas, a biblioteca foi dividida em quatro pisos, -2, -1, 0 e 1 com uma área útil total de 2530,75 m².

Para melhor perceber o edifício da biblioteca serão discriminadas as divisórias de cada piso. No piso -2 encontra-se uma sala polivalente e diversas salas de arrumos e, ao mesmo nível, na parte exterior estão instalados os sistemas de VRV. No piso -1 encontram-se uma sala de leitura infantil, quatro gabinetes, salas de arrumos e a casa das máquinas, cujo acesso é pelo exterior do edifício. No piso 0 encontra-se a entrada da biblioteca, uma receção aos visitantes e um auditório. Por último, no piso 1 encontra-se uma sala de leitura para adultos, um gabinete de trabalho, a régie do auditório e uma sala de áudio e vídeo.

De acordo com as condições descritas anteriormente, o edifício é considerado um GES e segundo a alínea a, do artigo 3º, do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto, este encontra-se abrangido pelo SCE a partir de 1 de Dezembro de 2013 [28].

Este edifício é uma construção antiga e até ao momento já sofreu algumas remodelações, mais concretamente, a implementação de um sistema de ar-condicionado nas salas de leitura infantil e dos adultos e a implementação de uma mini-produção de energia elétrica no telhado. A produção de energia elétrica não é explorada pela Câmara Municipal tendo apenas alugado o telhado. Para além das alterações efetuadas, foram realizadas pinturas no interior e exterior do edifício.

O horário de funcionamento da Biblioteca Municipal de Mangualde, entre os meses de Setembro e Julho, é de terça-feira a sexta-feira das 9:30h às 13:00h e das 14:30h às 19h, segunda-feira das 14h às 18h e sábado das 10h às 13h e das 14h às 18h. No mês de Agosto, o funcionamento da Biblioteca Municipal é de terça-feira a sexta-feira das 9:30h às 13:00h e das 14:30h às 18h, segunda-feira das 14h às 19h, encerrando aos sábados.

4.4.2 Envolvente térmica

Como foi visto anteriormente para caracterizar a envolvente térmica é necessário analisar os seguintes tópicos: constituição das paredes, cobertura e área envidraçada.

Segundo a informação disponibilizada pela Câmara Municipal de Mangualde, na memória descritiva da obra é possível verificar o tipo de construção do edifício. As paredes são duplas com caixa-de-ar e foram construídas em betão e tijolo de 35, 25 e 15 cm, dependendo da sua localização. As paredes do auditório foram construídas com tijolo superior a 20 cm na face exterior e com caixa-de-ar e tijolo de 15 cm no interior. O exterior das paredes foi revestido com reboco hidrofugado e pintadas ou revestidas com granito serrado. O acabamento interior é feito com reboco e pintura.

A cobertura é feita com laje aligeirada, uma camada de betão, com uma espessura de cinco centímetros e é regularizada com argamassa. A sua impermeabilização é feita através da aplicação de duas camadas de tela impermeabilizante.

Por último, no que diz respeito à área envidraçada, existe uma grande variedade de formas. Existem janelas duplas com caixa-de-ar, 6-8-6 mm, feitas em alumínio e vidro tendo uma área total de 358.03 m². Este tipo de janelas podem ser fixas, basculantes ou de abertura total, dependendo da sua localização no edifício. No piso -2, existe uma área envidraçada constituída por vidro impresso, com uma área total de 38,02 m². Para além disto, existem ainda três portas feitas em alumínio e vidro, às quais estão acopladas janelas com uma área total de 24,18 m². Existe ainda uma porta toda em alumínio com uma área de 2,1 m².

4.4.3 Iluminação

De acordo com as plantas de iluminação disponibilizadas e o levantamento feito no edifício, existe uma grande variedade de iluminação. Para perceber melhor a localização das lâmpadas recorreu-se às plantas, realizando, assim, o levantamento do número de lâmpadas por piso. Como se pode observar na Figura 4.23, os pisos -1 e 0 são os que apresentam maior número de lâmpadas, com uma percentagem conjunta de 65%.

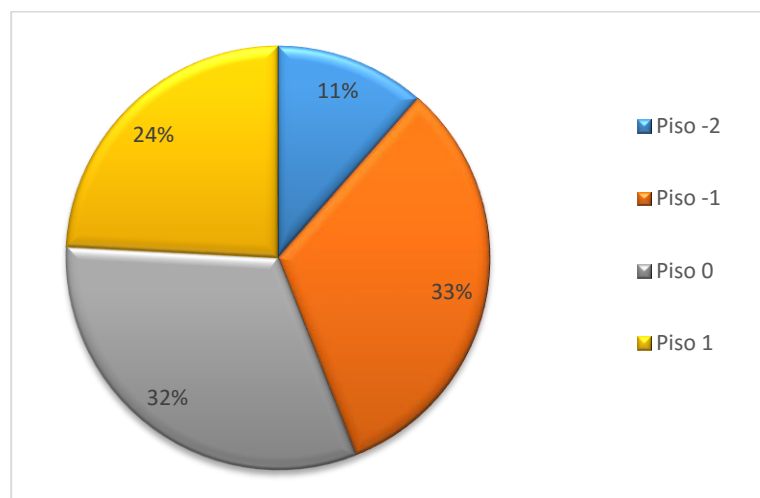


Figura 4.23 Percentagem das lâmpadas por piso - edifício C.

Para facilitar o estudo do total de lâmpadas e potência instalada no edifício, os quatro pisos foram tratados como um só.

De acordo com a Tabela 4.12, é possível verificar uma grande diversidade de lâmpadas utilizadas: fluorescentes tubulares, halogéneo, compactas integradas, compactas não integradas e incandescentes. No total existem cerca de 393 lâmpadas, o que equivale a uma potência total instalada de 14536 W.

Tabela 4.12 Quantidade de lâmpadas por tipo e potência - edifício C.

Equipamento	Lâmpada	Quantidade	Potência (W)	Potência Total (W)
Luminária de Teto - Simples	Fluorescente redonda T8 com balastro ferromagnético	81	58	4698
Luminária de Teto - Dupla	Fluorescente redonda T8 com balastro ferromagnético	12	58	696
Luminária de Teto - Simples	Fluorescente redonda T8 com balastro ferromagnético	24	36	864
Luminária de teto redonda - aplique	Halogéneo	40	50	2000
Luminária de Teto - Simples	Fluorescente redonda T8 com balastro ferromagnético	3	18	54
Luminária de Teto - Dupla	Fluorescente redonda T8 com balastro ferromagnético	32	36	1152
Luminária de teto redonda	Compacta não integrada	88	18	1476
Luminária de teto redonda	Compacta integrada	4	18	72
Luminária redonda	Compacta não integrada quadrada	73	16	1168
Luminária de teto redonda - intensidade regulável	Halogéneo	8	75	600
Luminária de teto - exterior	Incandescentes	20	75	1500
Luminária de teto quadrada	Compacta não integrada	8	11	88
Luminária de teto redonda	Compacta não integrada	6	10	60
Total	-	393	-	14428

Como é possível observar na Figura 4.24, as lâmpadas compactas não integradas são as mais utilizadas no edifício, com uma potência total de 2792 W. Este tipo de lâmpadas está presente em potências de 18W, 16W, 11W e 10W.

Em segundo lugar encontram-se as lâmpadas fluorescentes tubulares T8, com uma percentagem 39% e uma potência total de 7646 W. De seguida, com uma instalação correspondente a 12% encontram-se as lâmpadas de halogéneo, cuja potência total é de 2600 W. Por último, aparecem as lâmpadas incandescentes e compactas integradas, 5% e 1%, respetivamente.

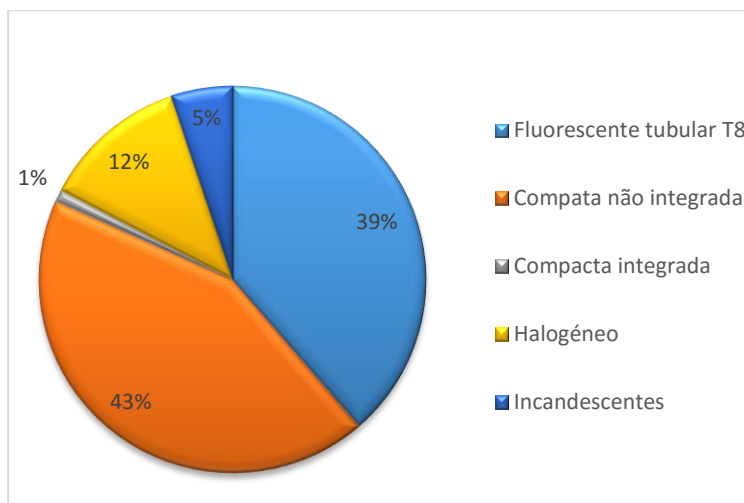


Figura 4.24 Percentagem por tipo de lâmpadas utilizadas na biblioteca - edifício C.

Resumindo, as lâmpadas mais utilizadas na Biblioteca Municipal de Mangualde são as compactas não integradas e as fluorescentes tubulares T8, cerca de 43% e 39%. Também é de salientar que as de halogéneo e as incandescentes têm uma percentagem de utilização menor mas, representam, 2600 W e 1500 W respetivamente, sendo necessário tomar medidas.

4.4.4 Sistemas de climatização

- **Aquecimento ambiente**

O aquecimento da Biblioteca Municipal de Mangualde é dividido em três sistemas independentes: sistema de caldeira centralizada, sistema de ar-condicionado multi-split e um sistema VRV.

O sistema de caldeira centralizada é constituída por um queimador da Lamborghini e uma caldeira Roca. Este sistema alimenta a UTA, os radiadores e os ventilo-convetores para aquecerem o edifício.



Figura 4.25 Sistema de aquecimento das águas - caldeira e queimador - edifício C.

Na Tabela 4.13, podemos visualizar as características do sistema de aquecimento centralizado instalado no edifício, sendo feita a sua alimentação por botijas de gás propano. Este sistema é constituído por um circuito hidráulico percorrido por água que é previamente aquecida na caldeira e que, com o auxílio de bombas de circulação, alimentam a UTA, os radiadores e os ventilo-convetores. Importa salientar que não foi possível reunir qualquer informação sobre a caldeira.

Tabela 4.13 Características do sistema de aquecimento centralizado - edifício C.

Equipamento	Marca	Modelo	Potência (kW)	Combustível	Rendimento
Caldeira	Roca	-	-	-	-
Queimador	Lamborghini	EM 40/2	159-387	Gás Propano	-

A UTA, Figura 4.26, é utilizada no aquecimento ambiente do auditório existindo insuflação e extração do ar. Este sistema permite reutilizar o ar interior do auditório, diminuindo assim as perdas de energia. Para além da reutilização do ar, é utilizado ar proveniente do exterior que é controlado pelo registo.



Figura 4.26 Unidade de tratamento de ar - edifício C.

A UTA existente no edifício é constituída por uma caixa onde estão localizados dois ventiladores, um motor, uma serpentina de água, o filtro e um registo de mistura. À caixa da UTA estão ligadas as condutas de insuflação e extração de ar, um registo de regulação bem como as respetivas tubagens que alimentam a serpentina de água. A mistura do ar exterior e interior é controlado por um registo à entrada da UTA



Figura 4.27 Equipamentos instalados na UTA - edifício C.

Como já foi referido anteriormente, a UTA é constituída por um motor e um ventilador podendo-se observar as suas características na Tabela 4.8. De acordo com as plantas, o caudal da UTA é de 7000 m³/h. A circulação da água é feita através de tubagens devidamente isoladas e tem como auxílio na circulação, uma bomba de velocidade variável com uma potência máxima de 250 W.

Tabela 4.14 Características dos equipamentos da UTA - edifício C.

Equipamento	Marca	Modelo	Potência (W)	Velocidade (rpm)
Motor	Brown Pestell	90L-4 B3	1500	1100
Ventilador	Relopa	DA 10-10	2500	2000

As restantes divisões do edifício são aquecidas com auxílio de radiadores e ventilo-convetores. No total estão implementados cinco radiadores e vinte e quatro ventilo-convetores que são alimentados por água quente que circula numa rede de tubagens de água. Essa rede transporta água entre os radiadores/ventilo-convetores e a caldeira para assim ser aquecida. É de salientar que, de acordo com a informação prestada, só estão em correto funcionamento cerca de 35% dos ventilo-convetores.

Como foi descrito anteriormente, para além de o aquecimento ser feito através de radiadores, ventilo-convetores e UTA, existe a possibilidade de climatizar as salas de leitura com o auxílio dos equipamentos de ar-condicionado.

Um dos sistemas de ar-condicionado instalados no edifício é do tipo multi-split que tem como finalidade climatizar os gabinetes. Este tipo sistema é considerada multi-split uma vez que a unidade exterior está ligada a três unidades interiores. Na Tabela 4.15, podemos visualizar as características dos equipamentos do ar-condicionado multi-split presentes no edifício e, de acordo com a Portaria 349-D/2013 o seu COP e o EER encontra-se na classe energética A e D, respetivamente.

Tabela 4.15 Características dos equipamentos de ar-condicionado multi-split - edifício C.

Equipamento	Quantidade	Marca	Modelo	Capacidade (W)		Potência (W)		COP	EER
				Arref	Aquec	Arref	Aquec		
Unidade exterior	1	Daikin	MY90CJ7W1	7900	8850	3000	2350	3.77	2.63
Unidade interior	2	Daikin	FLY35GV1NB						
Unidade interior	1	Daikin	FLY45GAV1NB						

Por último, o aquecimento e arrefecimento das salas de leitura é feito com um sistema de ar-condicionado do tipo VRV. Este sistema é constituído por duas unidades exteriores e doze unidades interiores, sendo divididos em dois sistemas. A cada unidade exterior estão ligadas seis unidades interiores e este tipo de sistema permite arrefecer ou aquecer o ambiente interior, funcionando como ar-condicionado ou bomba de calor.



Figura 4.28 Unidade exterior do sistema de VRV - edifício C.

Na Tabela 4.16, podemos visualizar as características do sistema de ar-condicionado do tipo VRV presentes no edifício e, de acordo com a Portaria 349-D/2013, o seu COP e o EER encontra-se na classe energética D e C, respetivamente.

Tabela 4.16 Características dos equipamentos de ar-condicionado do tipo VRV - edifício C.

Equipamento	Quantidade	Marca	Modelo	Capacidade (W)		Potência (W)		COP	EER
				Arref	Aquec	Arref	Aquec		
Unidade exterior	2	Daikin	RSXY10	28000	31500	9030	10160	>3.1	>3.1
Unidade interior	8	Daikin	FXYL63KJVE						
Unidade interior	2	Daikin	FXYL40KJVE						
Unidade interior	2	Daikin	FXYL25KJVE						

- **Ventilação**

Para além do aquecimento ambiente, existem ainda duas caixas de ventilação no edifício, com a finalidade de renovar o ar nas instalações sanitárias. Estas caixas de ventilação são constituídas por um ventilador, com motor acoplado de 150 W com uma velocidade de rotação de 1400 rpm.

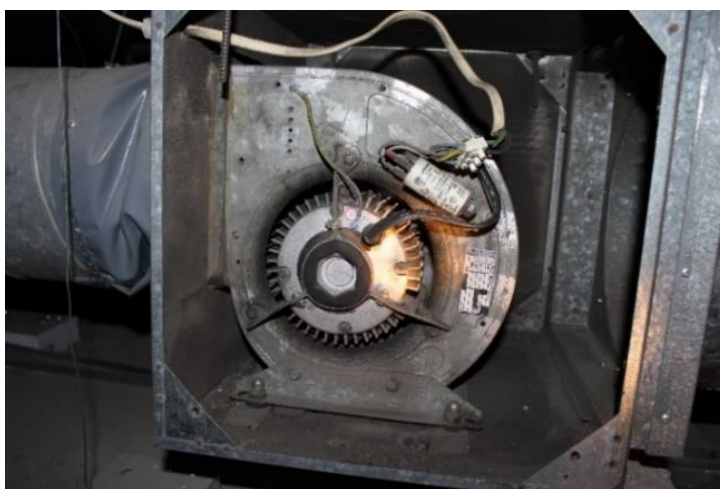


Figura 4.29 Caixa de ventilação das casas de banho - edifício C.

4.4.5 Águas quentes sanitárias

A produção das águas quentes sanitárias do edifício é realizada através de termoacumuladores elétricos instalados, podendo-se visualizar as suas características na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 Características dos equipamentos das AQS - edifício C.

Equipamento	Quantidade	Marca	Modelo	Potência (W)	Capacidade (litros)
Termoacumulador	2	Atlantic	VM 050 D400-1-M	1200	50
Termoacumulador	1	Junkers	ES 050-5M 0 WIVS-B	1500	50

Nas casas de banho do piso -1, encontram-se instalados dois termoacumuladores, Figura 4.30, um que alimenta as casas de banho de serviço do pessoal interno e o outro as casas de banho de serviço destinadas ao público. Na casa de banho do pessoal interno, o equipamento instalado é da marca Atlantic com uma capacidade de armazenamento de 50 litros com uma potência elétrica de 1200 W. O equipamento instalado na casa de banho destinada ao público é um termoacumulador da marca Junkers, também com uma capacidade de armazenamento de 50 litros e com uma potência de 1500 W.



Figura 4.30 Termoacumulador Junkers e Atlantic - edifício C.

Na cozinha de apoio aos funcionários está instalado o último termoacumulador, tendo as mesmas características do primeiro. A água que é retirada deste termoacumulador é utilizada, essencialmente para a limpeza e cozinha.

4.4.6 Outros equipamentos consumidores de energia

No que consta a equipamentos consumidores de energia, só foi considerado o elevador, uma vez que este é um grande consumidor de energia, com uma potência de cerca de 9500 W.

4.4.7 Perfil de utilização

Por forma a perceber melhor os consumos de energia da biblioteca, foi analisado o seu perfil de utilização. Segundo dados fornecidos relativamente aos espaços da Biblioteca Municipal de Mangualde, esta pode ser dividida em três grandes grupos: auditório, sala de adultos e sala infantil-juvenil. Na Figura 4.31 está representado o perfil de utilização da Biblioteca Municipal de Mangualde em 2014.

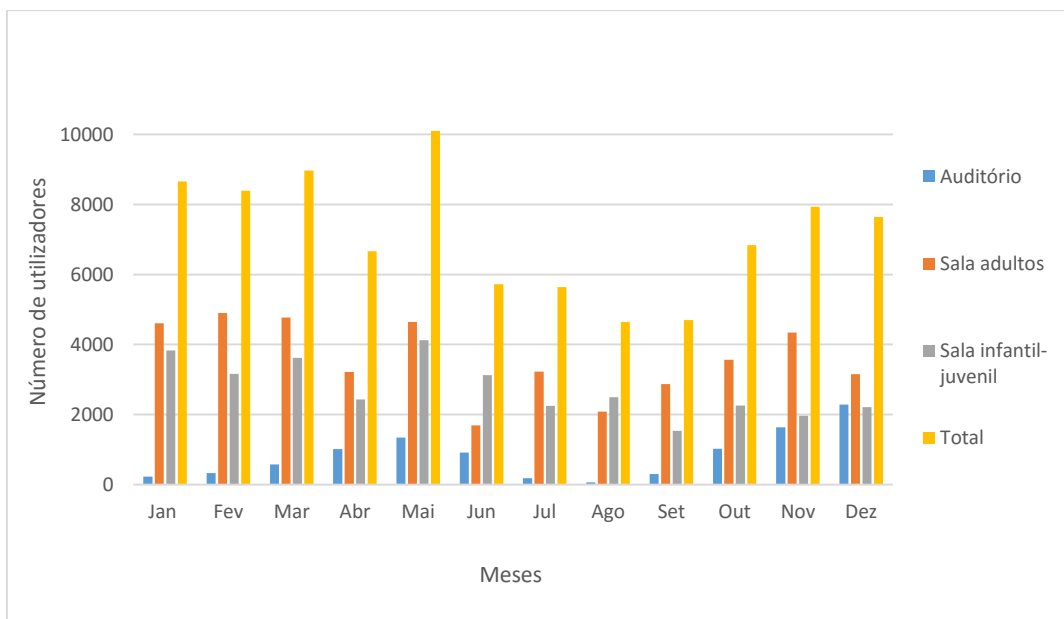


Figura 4.31 Perfil de utilização da Biblioteca Municipal de Mangualde em 2014 - edifício C.

Na Figura 4.32, podemos observar o total de utilizadores por grupo em 2014. O auditório registou um total de 9873 utilizadores, número resultante das inúmeras atividades realizadas durante o ano. Para se ter uma noção mais exacta, passaram pelo auditório cerca de dez atividades diferentes, desde teatro, *workshops*, aulas, exposições entre outras.

As salas de leitura dos adultos e infantil-juvenil tiveram uma afluência elevada, cerca de 43061 e 33000 utilizadores, respetivamente. A elevada utilização está relacionada com a boa localização do edifício, que como já foi mencionado, se encontra situado entre as várias escolas de Mangualde, conseguindo, assim, cativar os alunos nos seus tempos livres, para estudar, ler e realizar trabalhos.

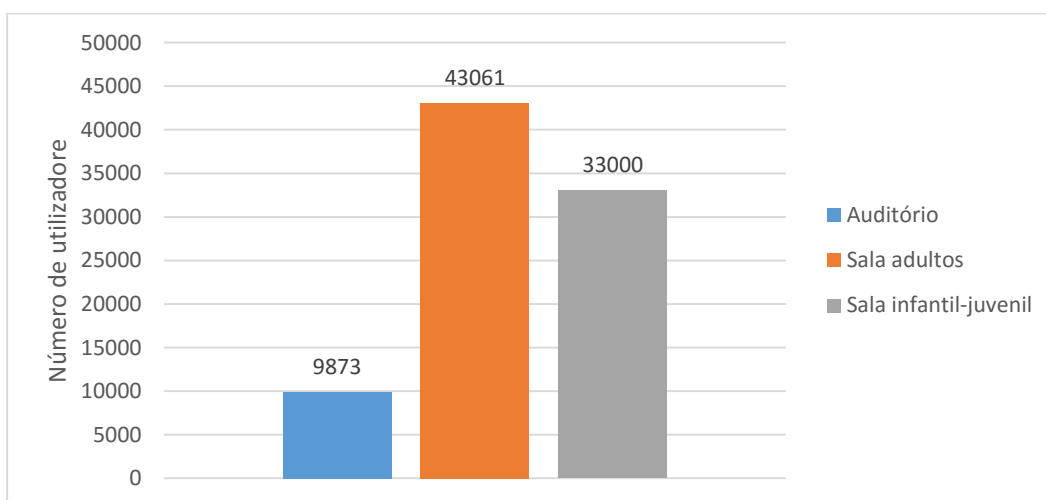


Figura 4.32 Total de utilizadores por grupo na Biblioteca Municipal de Mangualde em 2014 - edifício C.

4.4.8 Consumo de energia

De modo a colmatar as necessidades energéticas exigidas pelo edifício, este recorre a:

- Energia elétrica para todos os equipamentos de iluminação, ventilação, AVAC e AQS;
- Gás propano para o funcionamento da caldeira.

A energia elétrica consumida pelo edifício em estudo é fornecida pela EDP, com uma potência contratada de 48 kW e tarifa BTE-Longas UT, treta-horária. Com o auxílio das faturas disponibilizadas pela Câmara Municipal de Mangualde, foi possível construir a Tabela 4.18 relativa aos consumos de energia por mês e o seu respetivo custo, podendo criar um perfil de consumo de energia.

Tabela 4.18 Energia consumida e custo faturado na Biblioteca Municipal de Mangualde em 2014 - edifício C.

MÊS	VALOR (€)	Vazio (kWh)	Super Vazio (kWh)	Ponta (kWh)	Cheias (kWh)	Total (kWh)	Preço Vazio (€/kWh)	Preço S. Vazio (€/kWh)	Preço Ponta (€/kWh)	Preço Cheias (€/kWh)
Jan	1 803,54	1793	1092	1690	5514	10089	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Fev	2 472,44	2414	1555	2278	7520	13767	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Mar	1 513,11	1320	817	1402	4528	8067	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Abr	1 325,57	1184	713	1240	3710	6847	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Mai	830,04	711	458	797	1973	3939	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Jun	923,94	774	463	846	2269	4352	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Jul	955,1	897	549	949	2235	4630	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Ago	1 120,52	1149	705	1099	2739	5692	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Set	1 054,13	1124	714	1024	2493	5355	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Out	821,35	778	441	747	1973	3939	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Nov	1 062,09	846	457	892	3156	5351	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Dez	1 619,22	1356	755	1474	4979	8564	0,0776	0,0685	0,1491	0,1164
Total	15 501,05	14346	8719	14438	43089	80592				

A energia elétrica é, essencialmente, utilizada na iluminação do edifício, na produção das AQS e nos sistemas de ar-condicionado instalados. Da leitura do gráfico correspondente à Figura 4.33, é possível concluir que o consumo de energia é bastante regular durante o ano, notando-se uns picos entre Dezembro e Março, época de Inverno. O consumo total de energia elétrica da Biblioteca é de 80592 kWh, o que equivale a um custo anual de 15 501,05 euros.

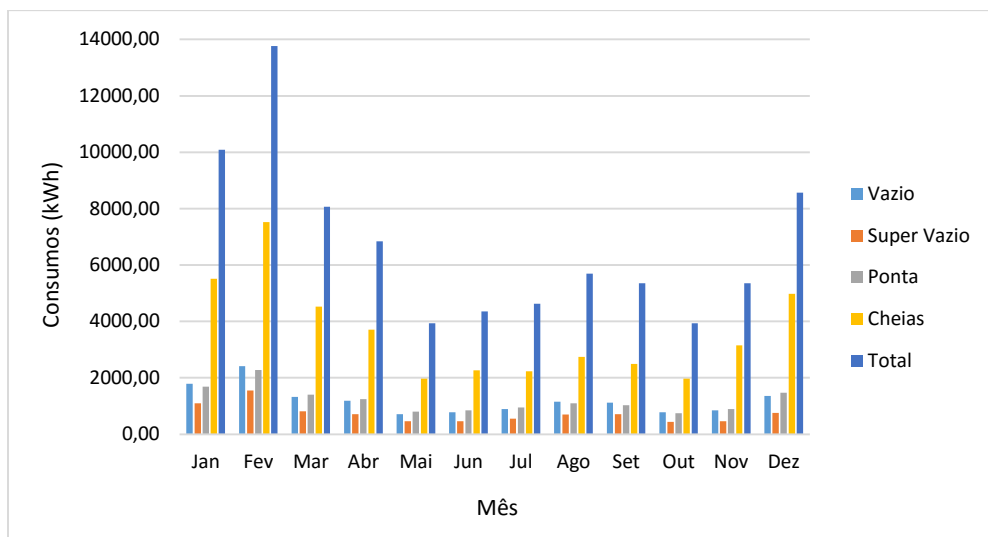


Figura 4.33 Consumo de energia elétrica da Biblioteca Municipal de Mangualde - edifício C.

Por último em relação ao consumo de gás propano na Biblioteca Municipal, este é feito através de botijas de 12,5 kg e 45 kg. O consumo de gás é feito por parte da caldeira que fornece água quente à UTA, aos ventilo-convetores e radiadores para climatizar o ambiente do edifício. Durante o ano de 2014, foram consumidas cerca de vinte e nove garrafas de 45 kg e cinco garrafas de 12,5 kg, tendo um custo total de 2 927,32 euros.

Capítulo 5

Proposta de medidas de melhoria

De seguida vão ser identificadas as potenciais melhorias a aplicar nos edifícios em estudo. Feita essa avaliação, vão ser propostas medidas específicas de melhoramento a implementar nos edifícios e serão analisados os ganhos que se esperam alcançar com essas medidas.

5.1 Bar do Complexo Polidesportivo das Piscinas Municipais da Mêda - Edifício A

Depois de analisar a caracterização do edifício descrita anteriormente, é possível identificar potenciais melhorias a implementar.

5.1.1 Identificação do potencial de melhoria

Feita a análise do edifício, é possível identificar medidas de melhoria a implementar no mesmo. Estas medidas visam a oportunidade de otimizar o desempenho energético e melhorar as condições de manutenção das instalações. Na análise feita, foi avaliada a possibilidade de implementar as seguintes soluções:

- Redução das necessidades energéticas com intervenção na envolvente térmica;
- Otimização do consumo de energia associado à iluminação;
- Utilização de energias renováveis nas AQS;
- Instalação de um sistema solar fotovoltaico;
- Melhorias na manutenção dos equipamentos.

5.1.2 Proposta de medidas

De seguida, vamos analisar cada melhoria e propor as alterações a realizar para otimizar o desempenho energético.

- **Envolvente térmica**

As medidas proposta para a envolvente térmica visam a redução das perdas e dos ganhos térmicos pela envolvente, através das melhorias dos vãos envidraçados e do isolamento térmico das paredes.

Para os vãos envidraçados foi proposta a sua substituição por uns novos. Os vãos existentes são constituídos essencialmente por janelas com caixilharia em alumínio, com vidro duplo. A proposta de melhoria é a implementação de janelas com um perfil em alumínio extrusal A165,

vidro planitherm de 6 mm pelo exterior, caixa-de-ar de 16 mm e vidro incolor de 6mm pelo interior. Este tipo de perfil permite soluções construtivas variadas, apresenta um coeficiente de transmissão térmica de $1,73 \text{ W/m}^2\text{K}$, e encontra-se na gama de classe energética A. Já o vidro, tem um coeficiente térmico de $1.00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e um fator solar de 0,47.

Para o isolamento das paredes é proposto a implementação de um capoto. O capoto é constituído por argamassa de colagem, placa de isolamento de 6 cm, argamassa de revestimento, rede de reforço, primário de regularização e acabamento colorido. O isolamento térmico é feito através da aplicação de argamassa de colagem na parede. De seguida é colocado o isolamento térmico de 6 cm e novamente barrado a argamassa de revestimento e uma rede de reforço. Depois é colocado o primário de regularização e posteriormente a parede é pintada.

- **Iluminação**

A medida proposta para a iluminação visa a redução do consumo de energia elétrica. Esta medida consiste na substituição alguma iluminação existente por iluminação LED. Optou-se pela substituição das lâmpadas fluorescentes T8 e as de halogéneo. A implementação desta medida permite reduzir a potência instalada e, conseqüentemente, reduzir o consumo de energia elétrica.

- **Águas quentes sanitárias**

A medida sugerida para a produção das AQS visa a redução do uso da caldeira mural e conseqüentemente a diminuição do consumo de gás propano. A medida proposta consiste na implementação de um sistema solar térmico do tipo termossifão que permitirá “cobrir” quase na totalidade as necessidades de AQS.

- **Sistema solar fotovoltaico**

A implementação de um sistema solar fotovoltaico foi uma medida tida em conta. Segundo o Decreto-Lei nº 153/2014, aprovado pelo conselho de ministros, foram aprovados os regimes jurídicos aplicáveis à produção distribuída de energia. Desde então, para além da produção de energia passou-se a poder consumir a energia produzida. A medida estudada consiste na aplicação de um sistema solar fotovoltaico com o principal objetivo de consumir toda a energia produzida (autoconsumo).

- **Manutenção dos equipamentos**

O edifício é dotado de uma vasta gama de equipamentos e é estritamente necessária a sua manutenção. Deve-se então implementar um plano de manutenção para todos os equipamentos, registando todas as manutenções ou alterações efetuadas aos sistemas. É de

realçar que os sistemas de climatização e aquecimento ambiente devem ter especial destaque podendo existir fugas ou derrames de líquidos.

Para além da manutenção dos equipamentos é fundamental a boa utilização dos mesmos e, para isso, é necessário instruir todo o pessoal interno. O correto funcionamento dos equipamentos permite poupanças de energia.

Importa salientar que é aconselhável colocar em funcionamento as UTA's de modo a ajudar na climatização do bar. Para isso recomenda-se a vistoria de técnicos especializados e certificados à instalação a fim de verificar o estado do material para posteriormente ser colocado em funcionamento.

5.1.3 Identificação dos ganhos/poupanças resultantes das medidas propostas

Depois de terem sido analisadas as medidas de melhorias a implementar no edifício, será de seguida calculado, na medida do possível, o custo/poupança alcançado com a implementação das mesmas.

- **Envolvente térmica**

As medidas propostas na envolvente térmica consistem na substituição dos vãos envidraçados e na implementação de isolamento térmico nas paredes exteriores.

De acordo com a memória descritiva e com as plantas fornecidas pela Câmara Municipal da Mêda, o bar tem uma área total envidraçada de 90,74 m². Nesta área foram consideradas todas as janelas constituídas por vidro e vidro e alumínio. A proposta de substituição consiste na implementação de janelas com um perfil em alumínio extrusal A165, vidro planitherm de 6 mm no exterior, caixa-de-ar de 16 mm e vidro incolor de 6 mm no interior.

Uma vez que o edifício é dotado de uma grande variedade de janelas (fixas e de abrir), optou-se por pedir preços por metro quadrado para janelas fixas e janelas basculantes ou de abrir. Os preços fornecidos pelo fabricante para as janelas fixas e janelas basculantes ou de abrir são de 230€ + IVA e 350€ + IVA, respetivamente. Como foi referido anteriormente, dado que existe uma grande variedade de janelas no edifício, o preço utilizado para o cálculo do custo total dos vãos envidraçados é a média das janelas fixas e janelas basculantes, ou de abrir.

Sendo assim, o custo de cada janela por metro quadrado fica em cerca de 290€ + IVA. Como temos uma área envidraçada de 90,4 m², o custo total é de 26 314,60€ + IVA.

Ao custo total de aquisição das janelas, acresce cerca de 20% para a mão-de-obra e acessórios. Concluindo, o custo total para a substituição da área envidraçada é de 38 840,35 € (IVA incluído).

No isolamento das paredes, foi realizada uma média da área lateral a intervir a partir das plantas, a área total é 277,03 m². A medida escolhida para o isolamento das paredes consiste na implementação de um capoto. Este capoto é constituído por argamassa de colagem, placa de isolamento de 6 cm, argamassa de revestimento, rede de reforço, primário de regularização e acabamento colorido. O custo do material associado à aplicação do capoto é de 30€ + IVA por metro quadrado. Assim, o custo total do isolamento é de 8 310,90€ + IVA e, a este custo, acresce 20% para a mão-de-obra e acessórios. Assim, o preço final da aplicação do capoto é de 12 266,89 € (IVA incluído).

A aplicação destas melhorias permite reduzir as perdas e os ganhos térmicos através da envolvente. Não é possível quantificar concretamente as poupanças/ganhos com a aplicação destas melhorias mas, é possível perspetivar qual será a redução do consumo de energia.

Segundo o sistema de etiquetagem energética de produtos, obtém-se uma redução do consumo de energia associado às janelas em 50% uma vez que a sua classe energética é A e segundo a Portaria 349-D a área envidraçada encontra-se dentro dos parâmetros máximos exigidos [57] e [31].

Com a aplicação do capoto nas paredes exteriores, é possível obter uma redução de 20% no consumo energético para o aquecimento e o seu período de retorno varia entre 7 a 16 anos, dependendo de diversos fatores (temperatura exterior, exposição solar, condições climatéricas) [58].

- **Iluminação**

Como foi referenciado anteriormente, na iluminação a melhoria proposta consiste na substituição da iluminação existente por iluminação LED, à exceção das compactas não integradas.

No edifício encontram-se instaladas cerca de 182 lâmpadas de diversos feitios com uma potência total de 4017 W. Foi solicitado um orçamento para a substituição das lâmpadas atuais por lâmpadas LED, com fluxo luminoso equivalente para mantermos o mesmo nível de iluminação.

Como podemos observar na Tabela 5.1, a potência total da nova iluminação é de 2033 W onde, conseqüentemente houve uma redução de 49,39% da potência instalada e conseqüentemente uma redução do consumo de energia. O custo total desta medida é de 1 128,86€, estando já incluído nesse valor 20% para a mão-de-obra, acessórios e todas as lâmpadas e equipamentos necessários para a instalação da nova iluminação.

Tabela 5.1 Iluminação existente e iluminação nova no bar da Mêda - Edifício A.

Iluminação existente		Iluminação nova	
Lâmpadas	Potência total (W)	Lâmpadas	Potência total (W)
Fluorescente tubular T8	1566	Lâmp. LED Tubular	648
Compacta não integrada	1151	Compacta não integrada	1151
Halogéneo	1300	Arm. enc. LED 9W (40W)	234
Total	4017	Total	2033

Para conseguirmos calcular a amortização do investimento é necessário estimar o uso da iluminação durante o ano. Para isso, foi feita uma estimativa de utilização das lâmpadas de acordo com os seguintes parâmetros estipulados:

- Mês de funcionamento;
- Perfil de utilização;
- Horário de funcionamento das lâmpadas.

No horário foi tido em conta as horas de funcionamento do bar pelos munícipes da Mêda.

Tabela 5.2 Estimativa do uso da iluminação no bar da Mêda - Edifício A.

Mês	Período de utilização (h)	Iluminação existente					Iluminação nova				
		Consumo de energia associado (kWh/mês)	Consumo total faturado (kWh/mês)	% no consumo de energia	Valor total faturado (€)	Custo (€)	Consumo de energia associado (kWh/mês)	Consumo total faturado (kWh/mês)	% no consumo de energia	Valor total faturado (€)	Custo (€)
Jan	199,50	372,43	2665,00	13,97	653,06	91,26	171,57	2665,00	6,44	653,06	42,04
Fev	168,00	268,96	3804,00	7,07	825,71	58,38	125,44	3804,00	3,30	825,71	27,23
Mar	168,00	201,47	3319,00	6,07	724,53	43,98	91,28	3319,00	2,75	724,53	19,93
Abr	189,00	176,41	2320,00	7,60	669,16	50,88	81,27	2320,00	3,50	669,16	23,44
Mai	189,00	126,17	3140,00	4,02	693,55	27,87	59,85	3140,00	1,91	693,55	13,22
Jun	275,00	110,47	3190,00	3,46	703,25	24,35	55,91	3190,00	1,75	703,25	12,33
Jul	297,00	159,65	2811,00	5,68	554,69	31,50	87,10	2811,00	3,10	554,69	17,19
Ago	297,00	200,00	3558,00	5,62	775,34	43,58	113,81	3558,00	3,20	775,34	24,80
Set	275,00	258,29	6152,00	4,20	1199,40	50,36	136,55	6152,00	2,22	1199,40	26,62
Out	199,50	240,42	3633,00	6,62	756,43	50,06	121,68	3633,00	3,35	756,43	25,33
Nov	168,00	247,12	3571,00	6,92	781,04	54,05	121,51	3571,00	3,40	781,04	26,58
Dez	189,00	328,26	3329,00	9,86	723,15	71,31	158,12	3329,00	4,75	723,15	34,35

Segundo a estimativa feita de acordo com parâmetros estipulados, a percentagem média do consumo de energia por parte da iluminação existente é de 6,76%. Com a aplicação da nova iluminação passou-se a consumir em média 3,31% da energia total faturada. A redução de consumo de energia com a nova iluminação permite uma poupança anual de 304,54€/ano.

De acordo com os dados anteriores, é possível calcular o período de retorno do investimento. Este período é calculado através do quociente entre o investimento e a poupança anual.

Ou seja:

$$\text{Período de retorno} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança anual}} \quad (5.1)$$

$$\text{Período de retorno} = \frac{1128.86}{304.54} = 3.71 \text{ anos} \quad (5.2)$$

O período de retorno do investimento é feito aproximadamente ao fim de quatro anos, mas este retorno depende do uso da iluminação e o preço da energia adquirida.

- **Sistema solar fotovoltaico**

Para diminuirmos a aquisição de energia elétrica proveniente ao comercializador, a implementação de um sistema solar fotovoltaico para o autoconsumo é uma medida a implementar. Foi realizado um estudo para a aplicação desse sistema e verificada a viabilidade da medida.

Na Tabela 5.3 é possível visualizar informação sobre os seguintes tópicos: a exposição solar na local onde se encontra a bar, a produção elétrica mensal estimada para a unidade fotovoltaica proposta, o consumo mensal do edifício (horas de ponta e cheia), a fração de consumo coberta pela produção fotovoltaica, a energia poupada, as poupanças daí resultantes e a energia injetada na rede.

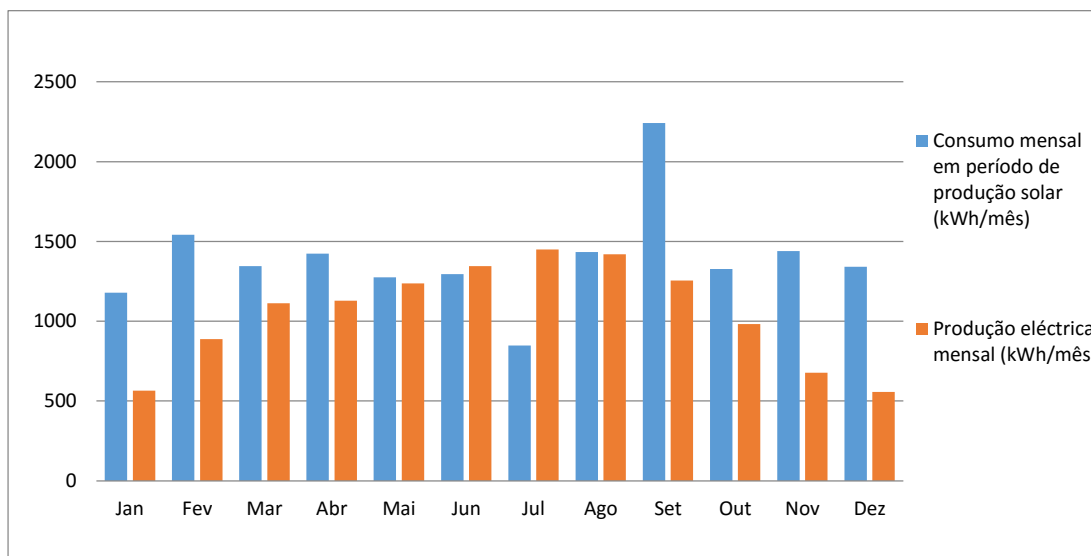


Figura 5.1 Perfil anual de consumo e produção - Edifício A

A implementação de um sistema solar fotovoltaico permite cobrir em média 80% das necessidades energéticas do edifício, tendo uma poupança anual de 11964 kWh que corresponde a uma economia de 1 767,00€ anuais.

Para a implementação desta medida são necessários os seguintes equipamentos: trinta módulos fotovoltaicos, um inversor, fichas MC4, uma estrutura em alumínio, um contador de produção

e cabo solar. O custo total de aquisição destes equipamentos é de 11 041,50€ + IVA. Ao custo da aquisição do equipamento acresce-se cerca 15% para acessórios, 15% para mão-de-obra e 7% para viagens, estadia e refeições. O custo total desta medida é de 18 606,03€.

Com a poupança anual e a energia vendida à RESP consegue-se uma poupança total de 1 799,62€. Sendo o investimento de 15126,86€ e a poupança de 1799,62€, o período de retorno do investimento é feito ao fim de 8 anos.

Tabela 5.3 Apresentação dos resultados do dimensionamento do Sistema Solar Fotovoltaico para autoconsumo - Edifício A

Mês	Radiação (Wh/m ² /dia) (35°) (Sul)	Produção eléctrica diária (Wh/dia)	Produção eléctrica mensal (kWh/mês)	Consumo mensal (Ponta + Cheia) (kWh/mês)	Consumo mensal em período de produção solar (kWh/mês)	Fração do consumo coberta pela produção	Energia poupada (kWh/mês)	Poupança (€/mês)	Energia injetada (kWh/mês)
Jan	2940	18512	565	1964	1178	47,9%	565	83	0,0
Fev	4620	29090	887	2570	1542	57,5%	887	131	0,0
Mar	5790	36457	1112	2242	1345	82,7%	1112	164	0,0
Abr	5880	37024	1129	2372	1423	79,3%	1129	167	0,0
Mai	6440	40550	1237	2126	1276	97,0%	1237	183	0,0
Jun	7010	44139	1346	2160	1296	103,9%	1296	191	50,2
Jul	7550	47539	1450	1414	848	170,9%	848	125	601,5
Ago	7390	46532	1419	2391	1435	98,9%	1419	210	0,0
Set	6530	41117	1254	3737	2242	55,9%	1254	185	0,0
Out	5110	32175	981	2211	1327	74,0%	981	145	0,0
Nov	3530	22227	678	2399	1439	47,1%	678	100	0,0
Dez	2900	18260	557	2236	1342	41,5%	557	82	0,0

- **Utilização de energias renováveis nas AQS**

Para diminuirmos a utilização da caldeira mural e conseqüentemente o consumo de gás é proposta a instalação de um sistema solar térmico do tipo termossifão. Este sistema é constituído por um coletor solar, um depósito de 200 litros com revestimento exterior em inox, estrutura galvanizada, líquido solar e válvula de segurança e retenção. A aquisição do equipamento fica em 650€ + IVA, e acresce-se 20% a esse valor para a mão-de-obra e acessórios. Assim, a instalação completa do sistema solar têm um custo total de 959,40€. A implementação desta medida permitirá reduzir em cerca 70% o consumo de energia na preparação das AQS [59].

5.2 Polidesportivo de Mêda - Edifício B

Depois de analisar a caracterização do edifício descrita anteriormente, é possível identificar potenciais melhorias a implementar.

5.2.1 Identificação do potencial de melhoria

Feita a análise do edifício, é possível identificar medidas de melhoria a implementar no mesmo. Estas medidas visam a oportunidade de otimizar o desempenho energético e melhorar as condições de manutenção das instalações. Na análise feita, foi avaliada a possibilidade de implementar as seguintes soluções:

- Otimização do consumo de energia associado à iluminação;
- Utilização de energias renováveis nas AQS;
- Instalação de um sistema solar fotovoltaico;
- Melhorias na manutenção dos equipamentos.

5.2.2 Proposta de medidas

De seguida, vamos analisar cada melhoria e propor as alterações a realizar para otimizar o desempenho energético.

- **Iluminação**

A medida proposta para a iluminação visa a redução do consumo de energia elétrica. Esta medida consiste na substituição de alguma iluminação existente por iluminação LED e por lâmpadas economizadoras. Optou-se pela substituição das lâmpadas T8, das de vapor de mercúrio, das compactas integrada e das compactas não integradas. A implementação desta medida permite reduzir a potência instalada e conseqüentemente o consumo de energia elétrica.

- **Utilização de energias renováveis nas AQS;**

A utilização das energias renováveis para o aquecimento das AQS foi uma medida tida em conta. Contudo, já se encontra instalado no edifício um sistema solar térmico. É um sistema de circulação forçada e é constituído por vinte colectores solares com uma área total 42,8 m². Se considerarmos que cada metro quadrado de painel aquece em média 70 a 80 litros, este sistema permite aquecer cerca de 3424 litros. A permuta de calor entre o fluido de trabalho e a água destinada as AQS ocorre num depósito de 800 litros instalado no interior do edifício. Depois de realizada a permuta de calor, a água é transferida para outros dois depósitos, com capacidade de 932 litros cada, que se destinam a fornecer água quente para as AQS. No total, temos instalado no edifício três depósitos com uma capacidade total de 2664 litros. Uma vez que os painéis aquecem aproximadamente 3424 litros e a capacidade dos depósitos é de 2664 litros podemos concluir que o sistema está corretamente dimensionado, existindo um fator de segurança. Se considerarmos que em média para cada banho é necessário 40 litros/pessoa temos capacidade para 66 banhos.

- **Sistema solar fotovoltaico;**

A implementação de um sistema solar fotovoltaico de acordo com a nova legislação em vigor foi uma medida que foi tida em conta. Contudo, esta medida não é possível de se aplicar porque não existem dados suficientes para o seu cálculo, uma vez que o edifício não possui contador próprio. Como foi referido na caracterização do edifício, o contador que alimenta o polidesportivo é o mesmo que fornece energia às Piscinas Municipais da Mêda. Foi colocado um analisador no quadro mas não foi possível concluir concretamente o consumo de energia do polidesportivo uma vez que a recolha de dados foi realizada numa época de pouca afluência de utilizadores.

- **Manutenção dos equipamentos**

O edifício é dotado de uma vasta gama de equipamentos e é estritamente necessária a sua manutenção. Deve-se então implementar um plano de manutenção para todos os equipamentos, registando todas as manutenções ou alterações efetuadas aos sistemas. É de realçar que os sistemas de climatização e aquecimento ambiente devem ter especial destaque podendo existir fugas ou derrames de líquidos.

Para além da manutenção dos equipamentos é fundamental a boa utilização dos mesmo e, para isso, é necessário instruir todo o pessoal interno. O correto funcionamento dos equipamentos permite poupanças de energia.

5.2.3 Identificação dos ganhos/poupanças resultantes das medidas propostas

Como foi referenciado anteriormente, na iluminação a melhoria adotada consiste na substituição da iluminação existente por iluminação LED e lâmpadas economizadoras, à exceção das lâmpadas de halogéneo e das fluorescentes tubulares T5.

No edifício encontram-se instaladas cerca de 227 lâmpadas de diversos feitios com uma potência total de 12314 W. Foi solicitado um orçamento para a substituição das lâmpadas atuais por lâmpadas LED com fluxo luminoso equivalente para mantermos a mesma gama de iluminação.

Tabela 5.4 Iluminação existente e iluminação nova no polidesportivo da Mêda - Edifício B.

Iluminação existente		Iluminação nova	
Lâmpadas	Potência total (W)	Lâmpadas	Potência total (W)
Fluorescente tubular T8	3920	Lâmp. LED Tubular	1928
Compacta não integrada	1296	Arm. enc. LED 12 W	864
Compacta integrada	432	Lâmp. LED 3,5 W	84
Vapor de mercúrio	6400	Lâmp. Fluoresc. Econ 85 W	1360
Fluorescente tubular T5	56	Fluorescente tubular T5	56
Halogéneo	210	Halogéneo	210
Total	12314	Total	4502

Como podemos observar na Tabela 5.4, a potência total da nova iluminação é de 4502 W, havendo uma redução de 63,44% da potência instalada e consequentemente uma redução no consumo de energia. O custo desta medida é de 5 065,75€, estando já incluído nesse valor 20% para a mão-de-obra, acessórios e todas as lâmpadas e equipamentos necessários para a instalação da nova iluminação.

Para conseguirmos calcular a amortização do investimento é necessário estimar o uso da iluminação durante o ano. Para isso, foi feita uma estimativa de utilização das lâmpadas de acordo com os seguintes parâmetros estipulados:

- Mês de funcionamento;
- Perfil de utilização;
- Horário de funcionamento das lâmpadas;
- Preço médio do kWh contratado pelas Piscinas Municipais da Mêda.

No horário foi tido em conta as horas de utilização do polidesportivo pelos munícipes da Mêda.

Tabela 5.5 Estimativa do uso da iluminação no Polidesportivo da Mêda.

Mês	Horário (h)	Iluminação existente		Iluminação Nova	
		Total (kWh/mês)	Custo (€)	Total (kWh/mês)	Custo (€)
Jan	608,50	1308,77	160,36	291,79	35,75
Fev	510,00	939,45	115,11	213,84	26,20
Mar	518,00	734,17	89,95	158,39	19,41
Abr	495,00	615,76	75,45	133,25	16,33
Mai	477,00	434,57	53,25	98,80	12,11
Jun	515,00	337,90	41,40	85,67	10,50
Jul	576,00	450,05	55,14	136,48	16,72
Ago	607,00	535,41	65,60	180,67	22,14
Set	611,00	774,25	94,86	219,83	26,94
Out	580,50	780,54	95,64	206,83	25,34
Nov	567,00	247,12	102,83	214,40	26,27
Dez	629,00	328,26	136,55	274,27	33,60

Segundo as estimativas feitas de acordo com os parâmetros estabelecidos, a aplicação desta medida permite uma redução de 74,54% no consumo de energia e consequentemente no custo da iluminação. A redução do consumo de energia com a nova iluminação permite uma poupança anual de cerca 814,84€.

De acordo com os dados anteriores, é possível calcular o período de retorno do investimento. Como podemos observar na equação 5.1, o período é calculado através do quociente entre o investimento e a poupança anual.

Ou seja:

$$\text{Período de retorno} = \frac{5065,75}{814,84} = 6,22 \text{ anos} \quad (5.3)$$

O período de retorno do investimento é feito aproximadamente ao fim de seis anos mas, este retorno depende do uso da iluminação e o valor das tarifas.

5.3 Biblioteca Municipal de Mangualde - Edifício C

Depois de analisar a caracterização do edifício descrita anteriormente, é possível identificar potenciais melhorias a implementar.

5.3.1 Identificação do potencial de melhoria

Feita a análise do edifício, é possível identificar medidas de melhoria a implementar no mesmo. Estas medidas visam a oportunidade de otimizar o desempenho energético e melhorar as condições de manutenção das instalações. Na análise feita, foi avaliada a possibilidade de implementar as seguintes soluções:

- Redução das necessidades energéticas com intervenção na envolvente térmica;
- Otimização do consumo de energia associado à iluminação;
- Substituição do sistema de caldeira centralizada;
- Utilização de energias renováveis nas AQS;
- Instalação de um sistema solar fotovoltaico;
- Melhorias na manutenção dos equipamentos.

5.3.2 Proposta de medidas

De seguida, vamos analisar cada melhoria e propor as alterações a realizar para otimizar o desempenho energético.

- **Envolvente térmica**

As medidas propostas para a envolvente térmica visam a redução das perdas e dos ganhos térmicos pela envolvente, através das melhorias dos vãos envidraçados e do isolamento das paredes.

Para os vãos envidraçados foi proposta a sua substituição por uns novos. Os vãos existentes são constituídos essencialmente por janelas com caixilharia em alumínio, com vidro duplo e caixa-de-ar (6-8-6 mm). A proposta de melhoria é a implementação de janelas com um perfil em alumínio extrusal A165, vidro planitherm de 6 mm no exterior, caixa-de-ar de 16 mm e vidro incolor de 6 mm no interior. Este tipo de perfil permite soluções construtivas variadas, apresenta um coeficiente de transmissão térmica de 1,73 W/m²K, e encontra-se na gama de classe energética A. Já o vidro, tem um coeficiente térmico de 1,00 W/m²K e um fator solar de 0,47.

No isolamento das paredes é proposta a implementação de um capoto. O capoto é constituído por argamassa de colagem, placa de isolamento de 6 cm, argamassa de revestimento, rede de reforço, primário de regularização e acabamento colorido. O isolamento térmico é feito através da aplicação de argamassa de colagem na parede. De seguida é colocado o isolamento de 6 cm e novamente barrado com argamassa de revestimento e uma rede de reforço. Depois é colocado o primário de regularização e posteriormente pintado.

- **Iluminação**

A medida proposta para a iluminação visa a redução do consumo de energia elétrica. Esta medida consiste na substituição da iluminação existente por iluminação LED. Optou-se pela substituição de toda a iluminação existente no edifício exceto oito lâmpadas instaladas no auditório, uma vez que a sua intensidade é regulada de acordo com os espetáculos. A implementação de iluminação LED permite reduzir a potência instalada e, conseqüentemente, o consumo de energia elétrica.

- **Sistema de caldeira centralizada**

O sistema de caldeira centralizada é constituída por um queimador Lamborghini e uma caldeira Roca com uma potência máxima de 387 kW. A medida proposta consiste na substituição da mesma por uma caldeira a biomassa com uma potência de 400 kW. Este tipo de caldeira utiliza pellets, caroço de azeitona ou casca de amêndoa como combustível, o que torna a sua aquisição do combustível mais económico.

- **Utilização de energias renováveis nas AQS**

A medida sugerida para a produção das AQS visa a redução do consumo de energia elétrica. A medida proposta consiste na implementação de um sistema solar térmico do tipo termossifão. Esta medida permite “cobrir” uma boa parte das necessidades das AQS, reduzindo a utilização dos termoacumuladores e, conseqüentemente, o consumo de energia.

- **Sistema solar fotovoltaico**

A implementação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo foi igualmente ponderada. Contudo, tal afigura-se impossível uma vez que já se encontra instalado no edifício uma mini produção de energia elétrica, que é explorada por terceiros, e que de acordo com a lei em vigor impede a sua coexistência com um sistema para autoconsumo.

- **Manutenção dos equipamentos**

O edifício é dotado de uma vasta gama de equipamentos e é estritamente necessária a sua manutenção. Deve-se então implementar um plano de manutenção para todos os equipamentos, registando todas as manutenções ou alterações efetuadas aos sistemas. É de realçar que os sistemas de climatização e aquecimento ambiente devem ter especial destaque podendo existir fugas ou derrames de líquidos.

Para além da manutenção dos equipamentos é fundamental a boa utilização dos mesmo e, para isso, é necessário instruir todo o pessoal interno. O correto funcionamento dos equipamentos permite poupanças de energia.

5.3.3 Identificação dos ganhos/poupanças resultantes das medidas propostas

Depois de terem sido avaliadas as medidas de melhorias a implementar no edifício, vamos de seguida calcular o custo/poupança alcançado com a implementação das mesmas.

- **Envolvente térmica**

As medidas propostas na envolvente térmica consiste na substituição dos vãos envidraçados e implementação de isolamento nas paredes exteriores.

De acordo com as plantas e com a memória descritiva fornecida pela Câmara Municipal de Mangualde, a biblioteca tem uma área total envidraçada de 380,78 m². Nesta área total foram consideradas todas as janelas constituídas por vidro e vidro com alumínio. A proposta de substituição dos vãos existentes consiste na implementação de janelas com um perfil em alumínio extrusal A165, vidro planitherm de 6 mm no exterior, caixa-de-ar de 16 mm e vidro incolor de 6 mm no interior.

Uma vez que o edifício é dotado de uma grande variedade de janelas (fixas e de abrir), optou-se por pedir preços por metro quadrado para janelas fixas e janelas basculantes, ou de abrir. Os preços fornecidos pelo fabricante para as janelas fixas e janelas basculantes ou de abrir são de 230€ + IVA e 350€ + IVA, respetivamente. Como foi referido anteriormente, como existe uma grande variedade de janelas no edifício, o preço utilizado para o cálculo do custo total dos vãos envidraçados é a média das janelas fixas e janelas basculantes, ou de abrir.

Sendo assim, o custo de cada janela por metro quadrado fica em 290€+ IVA. Como temos uma área envidraçada de 380,78 m², o custo total é de 110 426,20€ + IVA.

Ao custo total de aquisição das janelas, acresce 20% para a mão-de-obra e acessórios. Concluindo, o preço final para a substituição da área envidraçada existente por uma nova tem um custo total de 162 989,07€ (IVA incluído).

No isolamento térmico das paredes, foi realizada uma média da área lateral a intervir a partir das plantas, concluindo-se que a área total é de cerca de 1664,90 m². Como foi já referido, a medida escolhida para o isolamento das paredes consiste na implementação de um capoto. Este capoto é constituído por argamassa de colagem, placa de isolamento de 6 cm, argamassa de revestimento, rede de reforço, primário de regularização e acabamento colorido. O custo do material para a aplicação do capoto é de 30€ + IVA por metro quadrado. Assim, o custo total do isolamento é de 49 947,00€ + IVA e, a este custo, acresce 20% para a mão-de-obra e acessórios. Deste modo, o preço final da aplicação do capoto é de 73 721,77€.

A aplicação destas melhorias permite reduzir as perdas e os ganhos térmicos através da envolvente. Não é possível quantificar concretamente as poupanças/ganhos com a aplicação destas melhorias mas, é possível perspetivar qual será a redução do consumo de energia.

Segundo o sistema de etiquetagem energética de produtos, obtém-se uma redução do consumo de energia associado às janelas em 50% uma vez que a sua classe energética é A e segundo a

Portaria 349-D a área envidraçada encontra-se dentro dos parâmetros máximos exigidos [57] e [31].

Com a aplicação do capoto nas paredes exteriores, estima-se que seja possível obter uma redução de 20% no consumo energético para o aquecimento e que o seu período de retorno varie entre 7 a 16 anos, dependendo de diversos fatores (temperatura exterior, exposição solar, condições climatéricas) [58].

- **Iluminação**

Como foi referenciado anteriormente, na iluminação a melhoria adotada consiste na substituição da iluminação existente por iluminação LED, à exceção de oito lâmpadas instaladas no auditório, uma vez que a sua intensidade é regulada de acordo com os espetáculos.

No edifício encontram-se instaladas cerca de 393 lâmpadas de diversos feitios com uma potência total de 14428 W. Foi solicitado um orçamento para a substituição das lâmpadas atuais por lâmpadas LED com fluco luminoso equivalente para mantermos a mesma gama de iluminação.

Tabela 5.6 Iluminação existente e iluminação nova na Biblioteca Municipal de Mangualde - edifícios C.

Iluminação existente		Iluminação nova	
Lâmpadas	Potência total (W)	Lâmpadas	Potência total (W)
Fluorescente tubular T8	7464	Lâmp. LED Tubular	3270
Compacta não integrada	2792	Arm. enc. LED 12W	1932
Compacta integrada	72	Lâmp. LED 3,5W	14
Halogéneo	2600	Arm. enc. LED 9W (40W)	360
Incandescentes	1500	Lâmp. LED 9,5W	190
Total	14428	Total	6366

Como podemos observar na Tabela 5.6, a potência total da nova iluminação é de 6366 W havendo uma redução de 55,88% da potência instalada e conseqüentemente uma redução no consumo de energia. O custo total desta medida é de 8 586,21€, estando já incluído nesse valor 20% para a mão-de-obra, acessórios e todas as lâmpadas e equipamentos necessários para a instalação da nova iluminação.

Para conseguirmos calcular o período de retorno é necessário estimar o uso da iluminação durante o ano. Para isso, foi feita uma estimativa de utilização das lâmpadas de acordo com os seguintes parâmetros estipulados:

- Mês de funcionamento;
- Perfil de utilização;
- Horário de funcionamento das lâmpadas.

No horário foi tido em conta as horas de funcionamento da biblioteca ao público e estimado um horário noturno para a iluminação exterior.

Tabela 5.7 Estimativa do uso/consumo da iluminação na Biblioteca Municipal de Mangualde - edifício C.

Mês	Período de utilização (h)	Iluminação existente					Iluminação nova				
		Consumo de energia associado (kWh/mês)	Consumo total faturado (kWh/mês)	% no consumo de energia	Valor total faturado (€)	Custo (€)	Consumo de energia associado (kWh/mês)	Consumo total faturado (kWh/mês)	% no consumo de energia	Valor total faturado (€)	Custo (€)
Jan	619,00	1736,23	10089,00	17,21	1803,54	310,37	712,10	10089,00	7,06	1803,54	127,30
Fev	528,00	1331,58	13767,00	9,67	2472,44	239,14	540,32	13767,00	3,92	2472,44	97,04
Mar	549,00	1186,92	8067,00	14,71	1513,11	222,63	454,99	8067,00	5,64	1513,11	85,34
Abr	508,00	944,85	6847,00	13,80	1325,57	182,92	353,00	6847,00	5,16	1325,57	68,34
Mai	495,00	737,33	3939,00	18,72	830,04	155,37	261,62	3939,00	6,64	830,04	55,13
Jun	440,00	465,76	4352,00	10,70	923,94	98,88	146,18	4352,00	3,36	923,94	31,03
Jul	495,00	515,80	4630,00	11,14	955,10	106,40	190,99	4630,00	4,13	955,10	39,40
Ago	457,00	590,47	5692,00	10,37	1120,52	116,24	210,72	5692,00	3,70	1120,52	41,48
Set	538,00	965,35	5355,00	18,03	1054,13	190,03	385,93	5355,00	7,21	1054,13	75,97
Out	588,00	1243,92	3939,00	31,58	821,35	259,38	505,42	3939,00	12,83	821,35	105,39
Nov	590,00	1389,14	5351,00	25,96	1062,09	275,72	566,63	5351,00	10,59	1062,09	112,47
Dez	650,00	1729,33	8564,00	20,19	1619,22	326,97	715,04	8564,00	8,35	1619,22	135,20

Segundo a estimativa feita de acordo com parâmetros estipulados, a percentagem média do consumo de energia por parte da iluminação existente é de 16.84%. Com a aplicação da nova iluminação passa-se a consumir 6,41%, da energia total faturada. A redução de consumo de energia com a nova iluminação permite uma poupança anual de 1 431,04€.

De acordo com os dados anteriores, é possível calcular o período de retorno do investimento. Como podemos observar na equação 5.1, o período é calculado através do quociente entre o investimento e a poupança anual.

Ou seja:

$$\text{Período de retorno} = \frac{8586,21}{1431,04} = 5.99 \text{ anos} \quad (5.4)$$

O período de retorno do investimento é feito aproximadamente ao fim de seis anos mas, este retorno depende do uso da iluminação e do valor das tarifas.

- **Sistema de caldeira centralizada**

A medida adotada para o sistema de caldeira centralizada passa pela substituição por uma caldeira a biomassa. A caldeira a biomassa escolhida admite diversos combustíveis tais como: pellets, casca de amêndoa, caroço de azeitona, entre outras. A caldeira escolhida tem uma potência útil nominal de 400 kW e um rendimento de 85%, tendo um custo de aquisição de 39 360,1€ + IVA. Para além do custo de aquisição, temos de ter em conta a mão-de-obra para a sua instalação bem como os acessórios necessários. Assim, ao custo da aquisição da caldeira acresce-se 10% para a mão-de-obra e 15% para os acessórios. A instalação completa da nova caldeira têm um custo total de 60 516,2€ (IVA incluído). Para se poder calcular o período de retorno era necessário determinar o tipo e quantidade de combustível a utilizar. Se no período de retorno entrarmos com o quociente entre o custo da instalação e o gás propano que é adquirido anualmente, temos um período de retorno ao fim de 21 anos. Como esse período é bastante elevado, esta medida não se torna viável.

- **Utilização de energias renováveis nas AQS**

Para diminuirmos a utilização dos termoacumuladores e consequentemente o consumo de eletricidade é proposto a instalação de um sistema solar térmico do tipo termossifão. Este sistema é constituído por um coletor solar, um depósito de 200 litros com revestimento exterior em inox, estrutura galvanizada, líquido solar e válvula de segurança e retenção. A aquisição do equipamento fica em 650€ + IVA, e acresce-se 20% a esse valor para a mão-de-obra e acessórios. A instalação completa do sistema solar termossifão têm um custo total de 959,40€ (IVA incluído). Estima-se que a implementação desta medida permita reduzir em 70% o consumo de energia na preparação das AQS [59].

Capítulo 6

Conclusão

A atual crise económica e o crescimento da população mundial têm colocado a eficiência energética em destaque. Na União Europeia, os edifícios são responsáveis pelo consumo de 41% da energia final utilizada, o que tornou necessária a implementação de medidas que promovam a redução dos consumos neste sector. Neste sentido, a União Europeia criou diretivas que visam o melhoramento do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios.

Em Portugal, a criação de um novo Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE) vem integrar num único diploma o REH e o RECS. A certificação energética dos edifícios tem vindo a ganhar interesse, uma vez que se tornou um instrumento que permite aos proprietários poupanças significativas nas respetivas faturas energéticas.

Na presente dissertação foi caracterizado o perfil do consumo de energia dos edifícios de serviços e abordadas as normativas portuguesas e europeias que regem a certificação energética dos mesmos, com o intuito de enquadrar o tema em estudo. Após isto, procedeu-se à apresentação e caracterização dos três edifícios de serviços, na tentativa de avaliar o seu desempenho energético, segundo o RECS. No final foi ainda apresentado um conjunto de medidas que visam a promoção da eficiência energética nos edifícios estudados.

Para a caracterização dos edifícios foi necessário realizar o levantamento no terreno do estado dos mesmos, dos respetivos consumos de energia e perfis de utilização. Através da caracterização dos edifícios foi possível conhecer o seu desempenho energético e, de seguida, avaliar possíveis medidas de melhoria com vista à redução dos consumos de energia e melhoramento do seu desempenho energético.

As medidas de melhoria propostas para os edifícios estudados são: a substituição dos vãos envidraçados; a aplicação de isolamento nas paredes; a substituição das luminárias; a substituição das caldeiras; a instalação de sistemas solares térmicos; a instalação de sistemas solares fotovoltaicos e a criação de planos de manutenção.

A substituição das luminárias permite uma redução significativa do consumo de energia para iluminação em todos os edifícios estudados, uma redução de 3.45%, 74.54% e 10.43% para os edifícios A, B e C, respetivamente.

Embora não tenha sido possível quantificar com exatidão os ganhos resultantes da substituição dos vãos envidraçados e da aplicação de capoto nas paredes exteriores, prevê-se que esta

medida permita uma redução do consumo de energia dos edifícios na ordem dos 50% e 20%, respetivamente.

Foram também propostas medidas com recurso às energias renováveis, mais concretamente com recurso à energia proveniente do sol. A primeira medida deste âmbito consiste na aplicação de painéis solares térmicos do tipo termossifão para a produção das AQS, visando esta cobrir 70% da produção. Desta resultará a redução do consumo de eletricidade e gás propano, tanto no edifício A - Bar como no edifício C - Biblioteca. A outra medida consiste na aplicação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo no Bar, que cubra em média 80% do consumo elétrico neste edifício, permitindo assim uma redução significativa dos custos com a aquisição de energia.

Para finalizar, considera-se que através do presente trabalho é possível conhecer o panorama energético dos edifícios de serviços, na Europa e em Portugal, bem como a legislação em vigor e algumas medidas que podem/devem ser tomadas para melhorar o desempenho energético dos edifícios. Recordando que o objetivo será sempre o de reduzir o consumo energético dos edifícios e assim diminuir a fatura energética dos mesmos.

A aplicação de medidas de melhoria da eficiência no setor dos edifícios a nível português e europeu visam o cumprimento das metas estabelecidas pela União Europeia no protocolo 20/20/20. Representando assim este tema um importante foco dos países que englobam esta organização.

6.1 Trabalhos futuros

Após a realização deste trabalho verificou-se que alguns aspetos relacionados com a temática em estudo ficaram ainda por explorar com maior profundidade. Assim sendo, são agora propostos alguns temas de trabalhos a desenvolver no futuro e que dão continuidade a este.

Uma vez que o tempo para a realização deste trabalho foi reduzido, procedeu-se a uma avaliação superficial do desempenho energético, refletindo as propostas de melhoria a essência da avaliação. Assim sendo, sugere-se para trabalho futuro uma análise mais detalhada/profunda dos edifícios segundo o novo regulamento.

Depois da implementação de um quadro elétrico independente no Polidesportivo da Mêda, ou então, ao se analisar o perfil de consumo de eletricidade na época de maior utilização, propõem-se a implementação de um sistema solar fotovoltaico para o autoconsumo tornando-o num “edifício com necessidades quase nulas de energia”.

É ainda proposta a realização de estudos do desempenho energético dos edifícios utilizando um programa computacional, por exemplo o EnergyPlus, por forma a se avaliar o desempenho

energético dos edifícios e se atingir uma quantificação mais precisa dos ganhos energéticos resultantes da aplicação das medidas de melhoria propostas.

Bibliografia

- [1] Exxon Mobile, *Panorama Energético - Prespetivas para 2040*, Irving, 2014.
- [2] BCSD Portugal, *Manual de boas práticas de eficiência energética*, Lisboa, 2005.
- [3] Administration, Energy Information, *Annual Energy Outlook 2015*, Washington, 2015.
- [4] U.S. Energy Information Administration, *Annual Energy Review 2011*, Washington, 2011.
- [5] Comissão Europeia, *Compreender as políticas da União Europeia*., Bruxelas: Serviço das Publicações da União, 2013.
- [6] Pordata - Base de dados Portugal Contemporâneo, *Milhares de estatísticas sobre Municípios, Portugal e a Europa*, Lisboa, 2015.
- [7] Comissão Europeia - Joint Research Centre, *Energy Efficiency Status Report*, Bruxelas: Publications Office of the European Union, 2012.
- [8] D. d. E. e. A. Económica, *Relatório do Estado do Ambiente 2014*, Amadora : Agência Portuguesa do Ambiente, 2014.
- [9] Direção Geral de Energia e Geologia, *Energia em Portugal*, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, 2013.
- [10] Governo Portugês, *Resolução da Assembleia da República n.º 33/2010*, Lisboa, 2010.
- [11] S. E. Chidiac, E. J. Catania, E. Morofsky e S. Foo, *Effectiveness of single and multiple energy retrofit measures on the energy consumption of office buildings*, Amesterdão: Elsevier, 2011.
- [12] A. Allouhi, Y. El Fouih, T. Kousksou, A. Jamil, Y. Zeraoui e Y. Mourad, *Energy consumption and efficiency in buildings: current status and future trends*, Amesterdão : Elsevier, 2015.
- [13] J. Kneifel, *Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new*, Amesterdão: Elsevier, 2009.
- [14] N. Nord e S. F. Sjøthun, *Success factors of energy efficiency measures in buildings in Norway*, Amesterdão: Elsevier, 2014.
- [15] A. Brás , A. Rocha e P. Faustino, *Integrated approach for school buildings rehabilitation in a Portuguese city and analysis of suitable third party financing solutions in EU*, Amesterdão: Elsevier, 2015.
- [16] R. J. G. Costa, L. Bragança, R. Mateus e J. C. Bezerra, *Reabilitação sustentável de edifícios antigos - Contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB) e otimização do nível de sustentabilidade*, Engenharia Civil-UM, 2014.
- [17] R. P. Costa e S. M. d. Silva, *Integração de sistemas solares na reabilitação de edifícios*, 2014.

- [18] F. P. Torgal, *Breve análise da estratégia da União Europeia (UE) para a eficiência energética do ambiente construído*, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2013.
- [19] S. M. A. Cota, *Análise Energética de um Edifício Público*, Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2014.
- [20] P. M. P. MARTINS, *Eficiência Energética em Edifícios de Serviços*, Lisboa : INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA, 2012.
- [21] ADENE, “Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos,” 31 8 2015. [Online]. Available: <http://www.seep.pt/pt-PT/Paginas/default.aspx>. [Acedido em 31 8 2015].
- [22] ADENE, “Agência para a Energia,” 31 7 2015. [Online]. Available: <http://www.adene.pt/>. [Acedido em 31 8 2015].
- [23] Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, *Diretiva 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002 - Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios*, 2002.
- [24] Governo Português - Ministério da Economia e da Inovação, *Decreto-Lei n.º 78/2006 D.R. 1ª série - A N.º 67 de 4 de Abril*, 2006.
- [25] Governo Português - Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, *Decreto-Lei n.º 79/2006 D.R. 1ª série-A N.º 67 de 4 de Abril*, 2006.
- [26] Governo Português, *Decreto-Lei n.º 80/2006 D.R. 1ª série - A N.º 67 de 4 de Abril*, 2006.
- [27] Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, *Diretiva 2010/31/Eu de 19 de Maio de 2010 -Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios*, 2010.
- [28] Governo Português - Ministério da Economia e do Emprego, *Decreto-Lei n.º 118/2013. D. R. 1ª série - N.º 159 de 20 de Agosto*, 2013.
- [29] R. Fragoso, “Adene - Agências Regionais e Municipais de Energia,” 16 Dezembro 2013. [Online]. Available: http://www.adene.pt/sites/default/files/131216sce_rfragoso.pdf. [Acedido em 18 Março 2015].
- [30] Governo Português, *Portaria n.º 349-B/2013 D.R. 1ª série - N.º 232 de 29 de Novembro*, 2013.
- [31] Governo Português, *Portaria n.º 349-D/2013 D.R. 1ª série - N.º 232 de 2 de Dezembro*, 2013.
- [32] Governo Português, *Portaria n.º 353-A/2013 D.R. 1.ª série - N.º 235 de 4 de Dezembro*, 2013.
- [33] Governo Português, *Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013 D.R. 2.ª série - N.º 234 de 3 de Dezembro*, 2013.
- [34] Governo Português, *Despacho (extrato) n.º 157932-E/2013 D.R. 2ª série - N.º 234 de 3 de Dezembro*, 2013.
- [35] Governo Português, *Despacho (estrato) nº 15793-D/2013 D.R. 2ª série - N.º 234 de 3 de Dezembro*, 2013.

- [36] Governo Português, *Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013 D.R. 2.ª série - N.º 234 de 3 de Dezembro*, 2013.
- [37] Governo Português, *Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013 D.R. 2.ª série - N.º 234 de 3 de Dezembro*, 2013.
- [38] ADENE, *Guia da Eficiência Energética*, 2010.
- [39] Philips, *Tabela Iluminação Profissional*, Lisboa: Koninklijke Philips Electronics N.V., 2012.
- [40] A. S. Laddad, G. M. Phade e S. P. Thombare, “Evolution of Street Lamp Technologies,” *Electronics and Communication Engineering*, vol. 4, Março 2015.
- [41] L. Shith, *The phasing out of incandescent light bulbs*, Londres: Library House of Commons, 2010.
- [42] Philips, *Guia Prático Philips Iluminação - Lâmpadas, Reatores, Luminárias e LEDs*, 2009.
- [43] Rodrigues, Eng.º Pierre, *Manual de Iluminação Eficiente*, 2002.
- [44] Philips, *A oferta mais vasta do mercado em iluminação*, Koninklijke Philips N.V., 2015.
- [45] Philips, *Uma solução LED para cada necessidade*, Royal Philips N.V., 2015.
- [46] DAIKIN, “DAIKIN,” [Online]. Available: <http://www.daikin.pt/support-and-manuals/faq/general/faq11.jsp>. [Acedido em 16 7 2015].
- [47] R. McDowall, *Fundamentals of HVAC Systems*, Amsterdam: ELSEVIER, 2007.
- [48] A.Bhatia, *HVAC - Variable Refrigerant Flow (VRF) Systems*, United States: Createspace, 2014.
- [49] A. Amarnath, *Variable Refrigerant Flow: An Emerging Air Conditioner*, Washington: American Council for an Energy-Efficient Economy, 2008.
- [50] I. Staffell, D. Brett, N. Brandon e A. Hawkes, *A review of domestic heat pumps*, Reino Unido: Royal Society of Chemistry, 2012.
- [51] A. M. Omer, *Ground-source heat pumps systems and applications*, Amesterd^oao: Elsevier, 2006.
- [52] ASHRAE, *HVAC Systems and Equipment (SI)*, Vols. %1 de %2AIR HANDLING AND DISTRIBUTION - CHAPTER 4, 2008.
- [53] Vulcano, “Vulcano - Soluções de água quente,” [Online]. Available: <http://www.vulcano.pt/consumidor/inicio/home>. [Acedido em 24 8 2015].
- [54] Junkers, “Junkers - Conforto para a vida,” [Online]. Available: http://www.junkers.pt/consumer/home_consumidor/home. [Acedido em 25 8 2015].
- [55] Zantia, “Zantia - Inspired by comfort,” [Online]. Available: <http://www.zantia.com/>. [Acedido em 25 8 2015].
- [56] K. Patel, M. P. Patel e M. J. Patel, *Review of solar water heating systems*, International Journal of Advanced Engineering Technology, 2012.

- [57] ADENE, Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos, “SEEP - Particulares janelas,” 27 8 2015. [Online]. Available: <http://www.seep.pt/pt-PT/Particulares/Paginas/par-janelas.aspx>. [Acedido em 27 8 2015].
- [58] *Guia da Reabilitação Térmica de Edifícios com Aplicação em EPS*, Lisboa: Associação Industrial de Poliestireno Expandido, 2014.
- [59] S. Kalogirou, “Thermal performance, economic and environmental life cycle analysis of thermosiphon solar water heaters,” *ScienceDirect*, 18 6 2008.
- [60] United States Census Bureau, *World Population: 1950-2050*, Washington, 2011.