



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Medidas de redução de consumos energéticos em piscinas públicas: estudo de casos

Cíntia Angélica dos Santos Fernandes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Eletromecânica

(2º ciclo de estudos)

Orientadores

Prof. Doutor Luís Carlos Carvalho Pires
Prof. Doutor Pedro Nuno Dinho Pinto da Silva

Covilhã, Outubro de 2015

“If you want to achieve excellence, you can get there today. As of this second, quit doing less-than-excellent work.”

- Thomas J. Watson

Citius, altius, fortius.

Dedicatória

Aos meus pais, por saberem quando dizer sim e quando dizer não. Ao meu irmão, pelo exemplo e pela inspiração. A todos os que, à sua maneira, me fazem acreditar.

Agradecimentos

Ao longo deste trabalho, foram muitas as pessoas que contribuíram para que tudo corresse pelo melhor.

Começo por agradecer aos meus orientadores, o Prof. Doutor Luís Carlos Carvalho Pires e o Prof. Doutor Pedro Nuno Dinho Pinto da Silva, pela paciência e pelo apoio que demonstraram ao longo desta etapa. A eles se adequa a expressão “bom professor é aquele que ensina a encontrar as respostas”.

Queria também agradecer a todos aqueles que contribuíram com a informação necessária para este estudo. Começando pelos municípios que colaboraram no inquérito e acabando nos responsáveis e técnicos das piscinas municipais de Mangualde e da Mêda, que não só me cederam os espaços e as informações para este estudo, como também se disponibilizaram a acompanhar-me nas visitas de campo.

Aproveito também para mostrar o meu apreço por toda a ajuda, apoio e camaradagem prestados pelos meus colegas de laboratório, bem como por outros tantos colegas de curso que sempre me fazem sentir integrada e respeitada. Um especial agradecimento ao Eng. André Figueiredo, ao João Amado e ao Eng. Miguel Vicente. Deixo ainda uma nota de incentivo aos meus “afilhados”, que sempre me motivaram e que em breve passarão por esta etapa.

Deixo ainda um grande obrigada à Universidade da Beira Interior, que me acolheu durante todo o meu percurso universitário, e em especial ao Departamento de Engenharia Eletromecânica, pela união e força demonstradas.

Por último, mas nunca menos importante, queria agradecer à minha família. Em primeiro, aos meus pais, por se esforçarem tanto para me garantirem as condições necessárias para ser quem quero ser. Em segundo, ao meu irmão, por me servir de modelo e inspiração, pois se não fosse ele talvez nem sequer tivesse considerado seguir engenharia.

Resumo

A dependência energética europeia, as mudanças de clima recentes, os efeitos nocivos para a saúde pública e para o ambiente provocados pelo consumo de combustíveis fósseis e a crise na zona euro são fatores de preocupação que nos remetem para a necessidade de mudar o panorama energético europeu. Como os edifícios representam 40% do consumo total de energia na união europeia, torna-se vital aumentar a sua eficiência energética. Nesta sequência, surge a Diretiva n.º 2010/31/EU, que regula o desempenho energético nos edifícios europeus, bem como a sua transposição para o Direito Português, o Decreto-Lei n.º 118/2013, contendo os Regulamentos de Desempenho Energético dos Edifícios e o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.

Na União Europeia, os edifícios públicos são apontados como aqueles que devem dar o exemplo, portanto neste trabalho apresenta-se o estudo de dois casos de piscinas municipais cobertas. Foi elaborado um levantamento dos equipamentos dos edifícios estudados, bem como dos seus consumos de energia. No fim deste trabalho, são propostas medidas de redução de consumos energéticos para os edifícios estudados e apresenta-se um estudo da capacidade de amortização do investimento necessário.

Palavras-chave

Eficiência Energética; Edifícios de Energia Zero; Piscinas Interiores; Estudo de Casos

Abstract

The european energy dependence, the recent climate changes, the harmful effects to the public health and to the environment caused by the consumption of fossil fuels, and the euro zone crisis are concern factors that refer us to the need to change the european energetic scene. Since buildings represent 40% of the total energy consumption in the European Union, it is vital to increase buildings energy efficiency. As a consequence, there has been approved the Directive 2010/31/EU, which rules the energetic performance in european buildings, as well as its transposition to the Portuguese Law, the Decree-Law no. 118/2013, containing the Energetic Performance Regulation for Buildings and the Energetic Certification System for Buildings. Among the european community, public buildings are pointed as the ones which may serve as an example, therefore this paper presents two case studies referring to indoor public swimming pools. There has been made an equipment survey, as well as an energy consumption survey, both referring to the studied buildings. In the end part of this paper, we propose measures to decrease the energy consumption of the studied buildings and we present a study of the amortization capacity of the investment needed.

Keywords

Energy Efficiency, Zero Energy Buildings, Indoor Swimming Pools, Case Study

Índice

Dedicatória.....	v
Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Palavras-chave	ix
Abstract.....	xi
Keywords	xi
Lista de Figuras.....	xvii
Lista de Tabelas.....	xix
Lista de Acrónimos.....	xxi
1 Introdução	1
1.1 Caracterização energética dos edifícios das piscinas municipais	1
1.1.1 Metodologia do Inquérito.....	2
1.1.2 Respostas.....	2
1.2 Legislação	3
1.2.1 Legislação relacionada com o Sistema de Certificação Energética	3
1.2.2 Outras normas e decretos consultados	4
1.3 Programas e iniciativas	4
1.3.1 Agenda 21	4
1.3.2 Portugal 2020.....	5
1.3.3 “Green Public Procurement“ - GPP	6
1.3.4 Metas Portuguesas	6
1.3.5 Metas Europeias.....	6
1.4 Revisão bibliográfica	7
1.5 Objetivos desta dissertação	8
1.6 Estrutura da dissertação	9
1.7 Metodologia.....	9
2 Apresentação do caso de estudo da Piscina Municipal de Mangualde.....	11
2.1 Caracterização geral do edifício	11
2.1.1 Distribuição de espaços.....	11
2.1.2 Construção	12
2.2 Caracterização dos sistemas energéticos	12
2.2.1 Aquecimento da água (AQS e piscina)	12
2.2.2 Climatização.....	13
2.2.3 Equipamentos de circulação.....	15
2.2.4 Iluminação	16
2.2.5 Outros equipamentos	17
2.3 Perfil de utilização dos espaços e equipamentos	17
2.4 Apresentação dos consumos	17

3	Apresentação do caso de estudo da Piscina Municipal da Mêda	21
3.1	Caracterização geral do edifício	21
3.1.1	Distribuição de espaços	21
3.1.2	Construção	21
3.2	Caracterização dos sistemas energéticos	22
3.2.1	Aquecimento da água (AQS e piscina)	22
3.2.2	Ventilação e Climatização	24
3.2.3	Equipamentos de circulação	25
3.2.4	Iluminação	26
3.2.5	Outros equipamentos	27
3.3	Perfil de utilização dos espaços e equipamentos	27
3.4	Apresentação dos consumos	28
4	Resumo das Soluções Disponíveis	31
4.1	Aquecimento	31
4.1.1	Biomassa	31
4.1.2	Bombas de Calor	32
4.1.3	Sistemas Solares Térmicos	33
4.2	Equipamentos para diminuir o consumo de eletricidade	34
4.2.1	Iluminação	34
4.2.2	Controlo do Fator de Potência	35
4.3	Envolvente	36
5	Apresentação das melhorias - Caso de Mangualde	37
5.1	Identificação do potencial de melhorias	37
5.2	Apresentação de alternativas	37
5.2.1	Eliminação do consumo de gás natural	37
5.2.2	Redução do consumo de eletricidade	38
5.2.3	Melhorias da envolvente	39
5.3	Estudo da viabilidade económica	39
5.3.1	Eliminação do consumo de gás natural	39
5.3.2	Redução do consumo de eletricidade	40
5.3.3	Melhorias da envolvente	41
6	Apresentação das melhorias - Caso da Mêda	43
6.1	Identificação do potencial de melhorias	43
6.2	Apresentação de alternativas	43
6.2.1	Eliminação do consumo de gás propano	43
6.2.2	Redução do consumo de eletricidade	44
6.2.3	Melhorias da envolvente	45
6.3	Estudo da viabilidade económica	45
6.3.1	Eliminação do consumo de gás propano	45
6.3.2	Redução do consumo de eletricidade	46

6.3.3 Melhorias da envolvente.....	47
7 Conclusões.....	49
Bibliografia.....	51
Anexo - Inquérito sobre eficiência energética em piscinas públicas nacionais	59
Eficiência Energética em Piscinas Municipais Cobertas	59
Dados gerais.....	59
Aquecimento de água do(s) tanque(s).....	59
Aquecimento das águas quentes sanitárias.....	60
Perfil de utilização da piscina	60
Climatização da nave da piscina	60
Iluminação.....	61
Envolvente	62
Opinião final	62

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa das zonas climáticas de inverno, no continente. [2]	2
Figura 2 - Caldeira com queimador a gás natural, na sala das máquinas, piso 0.	13
Figura 3 - Acumulador térmico elétrico que serve a sauna.	13
Figura 4 - Unidade de termoventilação, UTV6, situada no gabinete médico, piso 1.	14
Figura 5 - Grelhas de insuflação e extração em um dos dois campos de squash.	14
Figura 6 - Despesas totais da piscina de Mangualde, na época desportiva de 2013/2014.	18
Figura 7 - Consumo de gás natural, em m ³ , durante 2014.....	18
Figura 8 - Consumo de eletricidade, em kWh (potência ativa) e kVARh (potência reativa), durante 2014.....	18
Figura 9 - Caldeira a gás propano, sala das máquinas.....	22
Figura 10 - Depósitos de acumulação de AQS, sala das máquinas.....	23
Figura 11 - Permutadores para produção de AQS, sala das máquinas.	23
Figura 12 - Permutador para aquecimento da água da piscina.	23
Figura 13 - Filtro e sistema de circulação entre o filtro e o tanque de compensação.	25
Figura 14 - Grupo de eletrobombas de circulação da água proveniente da caldeira.	26
Figura 15 - Consumo de gás propano <i>versus</i> eletricidade, em 2014.	28
Figura 16 - Gás propano comprado a granel durante 2014 (8 aquisições), em toneladas.....	28
Figura 17 - Consumo de eletricidade no contador do bar, em 2014, em kWh.	29
Figura 18 - Consumo de eletricidade no contador geral do edifício, em 2014, em kWh.	29
Figura 19 - Exemplo do interior duma caldeira a biomassa [46].	31
Figura 20 - Esquema do sistema de aquecimento duma bomba de calor, para climatização do ar e produção de AQS [50].	32
Figura 21 - Exemplo de sistema solar térmico [55].	33
Figura 22 - Esquema de funcionamento de uma junção PN, num LED [59].	34
Figura 23 - Triângulo de potências [63].	35
Figura 24 - Corrente de magnetização (indução) e corrente do condensador [64].	36

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Ano de entrada em funcionamento das piscinas inquiridas	3
Tabela 2 - Fontes de aquecimento utilizadas para o aquecimento de água da piscina e para produção de AQS	3
Tabela 3 - Distribuição dos espaços por piso	12
Tabela 4 - Equipamentos de Ventilação	15
Tabela 5 - Equipamentos de Ventilação - Potências	15
Tabela 6 - Exemplos de equipamentos de circulação	16
Tabela 7 - Lista de equipamentos do jacuzzi	16
Tabela 8 - Lista de tipos de lâmpadas encontradas, com a sua quantidade presente no edifício	16
Tabela 9 - Secadores e a sua quantidade presente no edifício	17
Tabela 10 - Distribuição dos espaços por piso	21
Tabela 11 - Equipamentos de ventilação do edifício	24
Tabela 12 - Radiadores do edifício	25
Tabela 13 - Equipamentos do sistema de circulação	26
Tabela 14 - Lista de tipos de lâmpadas encontradas, com a sua quantidade presente no edifício	26
Tabela 15 - Alguns equipamentos presentes na cozinha	27
Tabela 16 - Secadores presentes no edifício	27
Tabela 17 - Sistema de substituição do queimador	37
Tabela 18 - Equipamentos constituintes do sistema solar proposto	38
Tabela 19 - Sugestão de iluminação LED	38
Tabela 20 - Banco de condensadores sugerido	39
Tabela 21 - Sugestão de envidraçados	39
Tabela 22 - Comparação do tempo de vida	40
Tabela 23 - Comparação da potência	40
Tabela 24 - Comparação do fluxo luminoso	41
Tabela 25 - Custo dos envidraçados sugeridos	42
Tabela 26 - Sugestão dos equipamentos a pellets	43
Tabela 27 - Equipamentos constituintes do sistema solar proposto	44
Tabela 28 - Sugestão de iluminação LED	44
Tabela 29 - Sugestão de envidraçados	45
Tabela 30 - Custo dos equipamentos a pellets	45
Tabela 31 - Comparação da potência	46
Tabela 32 - Comparação do tempo de vida	46
Tabela 33 - Comparação do fluxo luminoso	47
Tabela 34 - Custo dos envidraçados sugeridos	47

Lista de Acrónimos

UBI	Universidade da Beira Interior
AQS	Águas Quentes Sanitárias
LED	Light Emitting Diode
HID	High Intensity Discharge
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
SCE	Sistema de Certificação Energética
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
ADENE	Agencia para a Energia
GPP	Green Public Procurement
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
FER	Fonte(s) de Energia Renovável
EAP	Environment Action Programme
nZEB	Nearly Zero Energy Building(s)
WC	Instalação sanitária
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de Ar Novo
UTV	Unidade de Termoventilação
VE	Ventilador
COP	Coefficient of Performance
BTE	Baixa Tensão Especial
BTN	Baixa Tensão Normal
ETICS	External Thermal Insulation Composite Systems
SEEP	Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos

1 Introdução

Atualmente, na União Europeia, considera-se que o sector público é o exemplo a seguir em termos da reabilitação energética de edifícios [1]. Logo, por esta linha de raciocínio, espera-se que os municípios deem o exemplo de uma gestão de energia acertada e eficiente, focada em preservar o ambiente, sem privar os munícipes do acesso aos serviços culturais, desportivos e os demais. Como é de esperar, os munícipes também não devem sentir o peso das novas medidas energéticas na sua carteira.

De acordo com o relatório do projeto “step2sport”, “D2.1 State of the art of Energy Performance Certification in EU sport buildings”, de 2014, cerca de 40% da energia utilizada na Europa é energia consumida nos edifícios. Em Portugal, segundo os resultados do Barómetro de Eficiência Energética e Baixo Carbono na Administração Pública (ECO.AP) para o ano de 2010, 92% da energia consumida, pelas entidades públicas que se inserem no barómetro, foi usada nos edifícios, 42% da qual em sistemas de AVAC (40%) e águas quentes sanitárias - AQS (2%). Assim, torna-se clara a prioridade em realizar uma abordagem energética aos edifícios.

As piscinas municipais cobertas são instalações desportivas de relativa complexidade e exigência energética. O facto de existirem altas concentrações de humidade e químicos no ar da nave, provindos da evaporação da água dos tanques, representa, só por si, uma necessidade extra de tratamento do ar, relativamente a outros edifícios municipais. Para além disto, existe a constante necessidade de manter o ar da nave e a água da piscina a temperaturas relativamente elevadas, para assegurar o conforto dos seus utentes. As piscinas municipais cobertas tornam-se, assim, um caso de estudo bastante apelativo.

1.1 Caracterização energética dos edifícios das piscinas municipais

Para a caracterização das piscinas municipais portuguesas, foi elaborado um inquérito a uma seleção de municípios portugueses que possuem piscinas municipais cobertas. As perguntas realizadas visavam a obtenção de uma caracterização a nível de equipamentos e estrutura do edifício, de maneira a perceber em que patamar de eficiência energética estão as piscinas municipais de Portugal. Os inquéritos abordavam perguntas referentes ao aquecimento da água dos tanques e das águas quentes sanitárias (AQS), ao perfil de utilização da piscina, à climatização da nave, à iluminação e à envolvente do edifício.

1.1.1 Metodologia do Inquérito

Começando pelo método de distribuição do inquérito, por uma questão de facilidade de acesso a diferentes localizações, considerou-se que a opção mais viável seria utilizar os *Formulários Google*. O inquérito foi inicialmente divulgado por *e-mail*.

De seguida, decidiu-se que seria conveniente obter uma amostra para o distrito de Castelo Branco, devido a este ser o distrito em que se situa a Universidade da Beira Interior, e também pelo facto de não haver trabalhos deste tipo referentes a esta zona. Seria também conveniente seleccionar uma amostra de três distritos de cada uma das zonas climáticas de inverno presentes no Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013 referente ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto.

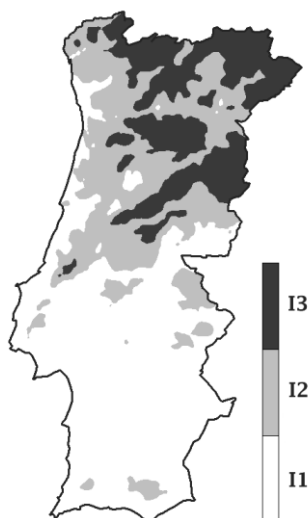


Figura 1 - Mapa das zonas climáticas de inverno, no continente. [2]

O inquérito enviado aos municípios pode ser consultado em anexo a este trabalho.

No decorrer deste trabalho, foram contactados 97 municípios, primeiro por *e-mail* e depois por chamada telefónica. Destes, foram obtidas 13 respostas, maioritariamente da zona I1, onde duas das piscinas que responderam já são participantes em projetos europeus de eficiência energética (“step2sport”).

1.1.2 Respostas

As treze piscinas municipais, com data de abertura ao público no intervalo de 1982 a 2009, como se observa na tabela 1, responderam maioritariamente que usavam gás natural ou propano para o aquecimento da água dos tanques, uma das quais combina gás natural com biomassa e sete usam um sistema solar térmico como apoio (tabela 2). Este panorama repete-se para a produção das AQS. Oito das treze piscinas responderam que não têm cobertura do plano de água da piscina, uma medida importante para a redução da evaporação da água dos

tanques e, conseqüentemente, para a diminuição da humidade e da concentração de químicos no ar da nave.

Tabela 1 - Ano de entrada em funcionamento das piscinas inquiridas

Ano de entrada em funcionamento	1981 a 1990	1991 a 2000	2001 a 2010	Não respondeu
Nº de respostas	2	2	8	1

Tabela 2 - Fontes de aquecimento utilizadas para o aquecimento de água da piscina e para produção de AQS

Fonte energética de aquecimento	Nº de respostas
Gás Propano	4
Gás Natural	6
Gás Natural e Caldeira a Biomassa	1
Bomba de calor	1
Água Termal	1

As treze piscinas responderam que climatizam a nave da piscina, doze com aquecimento (dez das quais com desumidificação) e uma apenas com ventilação. Para este efeito, dez das doze que aquecem o ar da nave, usam gás natural ou propano, sendo que, destas, duas combinam com painéis solares térmicos e uma combina com biomassa.

As treze piscinas municipais afirmam ter um tipo predominante de iluminação, com cinco a responder que se trata de lâmpadas fluorescentes de balastro elétrico e quatro com iluminação de halogéneo. Nenhuma respondeu que usava predominantemente iluminação com LED's. Doze das treze piscinas responderam que o aproveitamento da luz natural do edifício era relevante na poupança de energia.

Na envolvente, as treze piscinas inquiridas, possuem janelas de alumínio ou aço, dez possuem vidros duplos, nove possuem isolamento térmico no telhado, seis possuem isolamento térmico nas paredes e apenas quatro possuem isolamento térmico no pavimento térreo.

Para acabar o questionário, perguntou-se aos inquiridos se consideravam o edifício energeticamente eficiente, ao que oito das treze piscinas municipais responderam “Não”.

1.2 Legislação

1.2.1 Legislação relacionada com o Sistema de Certificação Energética

A nível europeu, a Diretiva n.º 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, regula o desempenho energético dos edifícios. Esta diretiva visa a promoção do desempenho energético nos edifícios, no sentido de cumprir as metas acordadas pelos Estados-Membros para 2020 [1].

A transposição da Diretiva n.º 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, para o direito nacional insere-se no Decreto-Lei n.º 118/2013. Neste, inclui-se o

Sistema de Certificação Energética e dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético e dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) [3].

Existem ainda o Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de setembro, e o Decreto-Lei n.º 68-A/2015. Devido à sua recente publicação, estes decretos não foram tidos em conta para este trabalho, embora venham modificar o Decreto-Lei n.º 118/2013.

A legislação relacionada com o Sistema de Certificação Energética contém ainda sete Portarias e doze Despachos complementares aos Decretos-Lei que, bem como a legislação supramencionada, podem ser consultados no endereço eletrónico da Agência para a Energia (ADENE) [4].

1.2.2 Outras normas e decretos consultados

Para além da legislação acima referida, há que mencionar outra legislação consultada no decorrer deste trabalho.

No que diz respeito à legislação específica para piscinas, a norma NP4448, de 2007, apresenta recomendações quanto à conceção, instalação e operação de equipamentos solares térmicos.

No que diz respeito às energias renováveis, foi ainda consultado o Decreto-Lei n.º153/2014, que define os regimes jurídicos aplicáveis à produção de eletricidade (para autoconsumo ou venda à rede elétrica de serviço público, a partir de recursos renováveis) por intermédio de Unidades de Pequena Produção. Este documento refere-se às antigas Unidades de Mini Produção e Micro Produção, que agora se juntam numa só definição: as Unidades de Pequena Produção [5].

1.3 Programas e iniciativas

Para além da legislação em vigor, devem também ser mencionados outros esforços feitos no campo da melhoria da eficiência energética. Todos estes programas deram origem ou estão associados à legislação mencionada anteriormente.

1.3.1 Agenda 21

A Agenda 21, adotada na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida por Cimeira da Terra, realizada no Rio de Janeiro em 1992, é um documento orientador para o desenvolvimento sustentável, que visa a proteção do ambiente sem descuidar o desenvolvimento económico e promovendo a coesão social. Em resposta à Agenda 21, a Europa aprovou, em 2006, a Estratégia Europeia para o Desenvolvimento Sustentável. Em Portugal, está em vigor a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável desde 2007. A

condizer com o lema “Pensar global, agir local”, surge a Agenda 21 Local (A21L), que consiste numa versão da Agenda 21 destinada ao poder local [6].

A A21L já foi adotada por alguns municípios portugueses, entre os quais Lisboa [7], Cascais [8], Guimarães [9], S. João da Madeira [10], Chaves [11], Peso da Régua [12], Vila Real [13], Águeda [14], Monção [15], Lousã [16], Sever do Vouga [17] e Pombal [18].

Surgiram também alguns projetos, nos quais um grupo de municípios adotam uma Agenda 21 Regional. Disto é exemplo o projeto Nordeste 21, no qual são implementadas Agendas 21 Locais em 8 municípios: Alfândega da Fé, Carrazeda de Ansiães, Macedo de Cavaleiros, Mirandela, Vila Flor, Mogadouro, Vimioso e Miranda do Douro [19].

Existem ainda projetos nos quais a definição de Agenda 21 Local é aplicada a freguesias, como por exemplo o caso liderado pela LIPOR, que já se encontra a implementar os planos de ação em 18 freguesias [20].

1.3.2 Portugal 2020

Em termos de financiamento, o programa Portugal 2020, tal como a sua versão europeia Estratégia Europa 2020, na qual teve origem, consiste num programa de incentivos para promover uma economia baseada no conhecimento e na investigação, uma economia mais ecológica e mais eficiente energeticamente, e uma maior coesão económica, social e territorial [21].

O Portugal 2020 recorre a fundos europeus para o seu financiamento, tendo uma duração prevista desde 2014 até 2020. Estes fundos, que consistem em 25 mil milhões de euros recebidos por Portugal até 2020, têm como prioridade, entre outros, a sustentabilidade e eficiência no uso de recursos, bem como a reforma da Administração Pública e a territorialização das intervenções levadas a cabo no âmbito deste projeto [21].

Este programa divide-se em 16 programas operacionais, para além dos Programas Operacionais de Cooperação Territorial Europeia [21].

Os 16 programas operacionais dividem-se em 4 Programas Operacionais Temáticos no Continente (um dos quais focado na sustentabilidade e eficiência no uso dos recursos), 5 Programas Operacionais Regionais no Continente (Norte, Centro, Lisboa, Alentejo e Algarve), 2 Programas Regionais nas Regiões Autónomas (Açores e Madeira), 3 Programas de Desenvolvimento Rural (1 no continente e 1 por cada uma das regiões autónomas - Açores e Madeira), 1 Programa para o Fundo Europeu dos Assuntos Marítimos e das Pescas e 1 Programa Operacional de Assistência Técnica [21].

Os Programas Operacionais de Cooperação Territorial Europeia são seis e listam-se da seguinte maneira: Espanha - Portugal; Madeira - Açores - Canárias; Espaço Atlântico; Sudoeste Europeu; Mediterrâneo; ESPON, URBACT, INTERACT e INTERREG C [21].

Os fundos que Portugal irá receber até 2020 devem ser divididos pelos 16 Programas Operacionais nacionais [21].

1.3.3 “Green Public Procurement” - GPP

A União Europeia tem encorajado a prática de Compras Públicas Verdes (*Green Public Procurement* - GPP), isto é, compras realizadas por autoridades públicas que visam obter produtos, serviços ou trabalhos com impactos ambientais reduzidos durante os seus ciclos de vida [22].

As entidades públicas representam uma grande parte do consumo na Europa. Assim, ao escolher comprar produtos e serviços com impactos ambientais pequenos, estas entidades podem contribuir consideravelmente para uma produção e um consumo sustentáveis. Para além disto, ao promover e usar as GPP, as entidades públicas criam uma influência no mercado, dando às indústrias incentivo para que estas desenvolvam tecnologias e produtos ecológicos, especialmente em sectores onde as entidades públicas representam grande parte do mercado (por exemplo, transportes e construção públicos, serviços de educação e saúde) [22].

Como encorajamento ao uso das GPP, estas foram voluntariamente associadas, pelos estados-membro, à Estratégia de Desenvolvimento Sustentável Europeia, entre 2006 e 2010 [23]. Desde 2008, têm sido lançados critérios ambientais para aquisição de produtos e serviços, no âmbito das GPP [23].

1.3.4 Metas Portuguesas

Quanto às metas traçadas em Portugal, é importante mencionar a existência do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), até 2016 [24], e do Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER), até 2020 [25].

O PNAEE prevê uma poupança de energia de 8,2% até 2016, face aos 9% definidos pela União Europeia. Este plano abrange cinco áreas específicas: transportes, residencial e serviços, indústria, estado, comportamentos e agricultura [24].

O PNAER 2020 prevê uma redução de 18% na capacidade instalada em tecnologias baseadas em fontes de energia renovável (FER), face ao PNAER 2010, numa ótica de ajustamento oferta/procura, focando a prioridade dos incentivos em tecnologias de produção de energia mais maduras e economicamente rentáveis [26]. O PNAER prevê também uma quota de eletricidade de base renovável de 60% e uma quota global de FER de 35% no consumo final bruto de energia, até 2020. Estas metas têm como objetivo tornar Portugal num país energeticamente eficiente e independente [25]. O PNAER estabelece as trajetórias de introdução de FER em três grandes setores: aquecimento e arrefecimento (maioritariamente por uso de biomassa e solar térmico); eletricidade (ajuste de oferta/procura) e transportes (biocombustível) [26].

1.3.5 Metas Europeias

Em relação às metas europeias traçadas, o 7º Programa de Ação Ambiental Europeu (*7th Environment Action Programme* - EAP), começado em 2014, visa orientar as políticas

ambientais até 2020, pensando já na situação ambiental da Europa em 2050. Este programa tem como lema “Em 2050, vivemos bem, dentro dos limites ecológicos do planeta” [27].

O EAP estabelece, então, as condições que ajudarão a transformar a União Europeia numa economia eficiente em termos de recursos e com reduzidas emissões de carbono. No seguimento desta ideia, o EAP é responsável por, entre outros, criar o pacote do clima e da energia (*climate and energy package*), para que os objetivos 20-20-20 sejam cumpridos, dando seguimento à política ambiental após 2020 [28].

Os objetivos 20-20-20 são os seguintes: cortar as emissões de gases de efeito estufa em 20%, em relação ao ano 1990; obter 20% da energia na União Europeia através de fontes renováveis e melhorar a eficiência energética em 20%. Estes objetivos foram estabelecidos pelos líderes da União Europeia em 2007 e incluídos na legislação em 2009. Agora, estes objetivos constituem a linha orientadora da Estratégia Europeia 2020 [29].

1.4 Revisão bibliográfica

A dependência de combustível em relação a mercados externos, a mudança de clima que se está a registar, os riscos para a saúde e para o ambiente decorrentes do uso de combustíveis fósseis e a crise na zona euro beneficiam com uma mudança do panorama energético europeu [30]. Os edifícios representam 40% do consumo total de energia consumida e 36% das emissões de CO₂ na união europeia [31]. Neste sentido, as metas impostas para os estados membros, através da Directiva n.º 2010/31/EU, implicam que, a partir de 2020, todos os edifícios novos correspondam a edifícios de energia perto de zero (*nearly zero energy buildings - nZEB*), ou seja, edifícios que quase não emitem CO₂ anualmente [32]. Quanto aos novos edifícios públicos, que servem como exemplo à comunidade europeia, o prazo para serem nZEBs é 2018 [32]. É de salientar que não só se deve construir nZEBs, como também é recomendável remodelar os edifícios antigos, no sentido de os transformar em nZEBs também.

Para conseguir que um edifício se torne num nZEB, é preciso ter em atenção a eficiência energética dos equipamentos a instalar e da envolvente, bem como ter a preocupação de informar os utentes do edifício quanto às práticas a desenvolver para um consumo sustentável de energia [33]. Um estudo feito mostra que o facto de a temperatura ambiente estar a aumentar de ano para ano [34] deve ser tido em conta no dimensionamento de nZEBs. Outro estudo, realizado numa escala global em relação ao consumo de energia para climatização em edifícios, mostra, ainda, que o uso de energia para aquecimento e arrefecimento em edifícios residenciais tende a manter-se ou a diminuir ligeiramente, nos países desenvolvidos, ao passo que em edifícios comerciais irá aumentar [35].

Têm também sido realizados estudos sobre a importância dos nZEBs nas cidades europeias [32], bem como sobre variações da sua definição. Por exemplo, uma outra opção será fazer com que os nZEBs, em vez de agirem como sistemas isolados autossustentáveis, funcionem como uma rede de edifícios capazes de fornecer energia entre si [36]. Destaca-se também um estudo realizado acerca dos nZEBs que comprova a sua viabilidade em Portugal [37].

Como visto anteriormente, o poder local tem um papel importante quanto a dar o exemplo, remodelando edifícios públicos e construindo os seus novos edifícios nesta ótica de eficiência energética. O que acontece muitas vezes é que existe uma falta de verbas, por parte do poder local, fazendo com que este não opte por sistemas mais eficientes e por estratégias de poupança a longo prazo [38]. É precisamente neste contexto que surgem programas de incentivo como o Portugal 2020.

As instalações desportivas são edifícios públicos que, tal como os outros edifícios públicos, precisam de ser remodeladas para passarem a integrar o grupo dos nZEBs. Pelo facto de serem espaços onde é necessário o trabalho de equipa e onde se pratica o ensino e a aprendizagem, as instalações desportivas são espaços chave para fomentar a prática de hábitos de poupança de energia entre os utentes, que depois poderão ser também adotados nas suas casas [39]. Para além disso, graças à influência que têm em comunidades pequenas, os clubes desportivos podem ser um veículo de socialização e cooperação com as entidades locais, no sentido de desenvolverem programas que encorajem atitudes sustentáveis [39].

É ainda de referir que a maioria das piscinas são aquecidas usando combustíveis fósseis, pois, quando foram construídas, o preço dos combustíveis fósseis era comportável. Com a subida do preço dos combustíveis fósseis durante a última década, o custo que estes sistemas de aquecimento acarretam tem-se tornado maior, o que, combinado com a crise que se instalou na Europa do Sul desde 2008, causou o fecho de várias piscinas municipais ou nacionais na Europa do Sul. Assim, uma maneira de reduzir custos pode ser a substituição dos sistemas de aquecimento convencionais por sistemas de aquecimento ativos ou passivos recorrendo a fontes de energias renováveis [40].

As piscinas cobertas, como são instalações desportivas relativamente complexas (devido às suas exigências a nível de climatização e aquecimento/desumidificação de água), constituem um bom desafio quanto à sua remodelação. Nesse campo, destaca-se um estudo realizado com piscinas norueguesas que procurou perceber quais os fatores de poupança de energia em piscinas cobertas, do qual se concluiu que um investimento em tecnologia energeticamente eficiente se traduz numa maior poupança de energia [41].

1.5 Objetivos desta dissertação

Como podemos concluir do que já foi dito, está neste momento a ocorrer o prazo de incentivo à remodelação de edifícios públicos para que se tornem em nZEB's. O programa Portugal 2020 também está, à data da escrita deste trabalho, num prazo de aceitação de candidaturas de projetos [42].

É então tempo oportuno para proceder ao estudo direcionado para intervenções de melhoria da eficiência energética.

O trabalho apresentado neste documento consiste no estudo de dois casos práticos, os quais têm como objetivo determinar como melhorar a eficiência energética do edifício das Piscinas Municipais cobertas de Mangualde e do edifício das Piscinas Municipais cobertas da Mêda.

Com este trabalho procura-se dar a conhecer, aos responsáveis pelos dois edifícios estudados, maneiras de melhorar a eficiência energética dos edifícios, bem como dar uma ideia de qual o custo de tal investimento e quais as poupanças dele resultantes. Neste sentido, os referidos responsáveis terão ao seu dispor mais uma ferramenta de avaliação, caso decidam proceder a tal transformação dos seus edifícios.

Este trabalho destina-se também a sensibilizar os responsáveis por outras piscinas municipais cobertas, no sentido de apresentar métodos que se possam aplicar aos seus casos.

1.6 Estrutura da dissertação

Esta dissertação, que começou por caracterizar o sector das piscinas no capítulo anterior, divide-se em mais 6 partes.

Assim, o capítulo 2 refere-se à apresentação do caso de estudo da Piscina Municipal de Mangualde. Neste capítulo, será feita uma caracterização geral do edifício, bem como dos seus equipamentos. Serão ainda apresentados o perfil de utilização dos espaços e equipamentos do edifício, bem como os consumos energéticos.

O capítulo 3 é semelhante ao capítulo 2, mas aplicado ao caso de estudo da Piscina Municipal da Mêda.

O capítulo 4 será dedicado à apresentação de tecnologia “verde”, ou seja, das soluções disponíveis para melhorar a eficiência energética dos edifícios.

Os capítulos 5 e 6 destinam-se à apresentação das melhorias para as Piscinas Municipais de Mangualde (capítulo 5) e para as Piscinas Municipais da Mêda (capítulo 6). Em cada um destes capítulos será, primeiramente, identificado o potencial de melhoria do edifício correspondente, seguidamente apresentar-se-ão as alternativas escolhidas e, finalmente, será feita uma análise do custo e da poupança que o investimento implicará.

Por último, no capítulo 7, apresentam-se as conclusões do trabalho efetuado.

1.7 Metodologia

No início deste trabalho, foi elaborada uma pesquisa no sentido de perceber em que situação se encontrava o setor das piscinas, em Portugal. Devido à falta de estudos que caracterizassem o setor em termos de eficiência energética, procedeu-se à elaboração dum inquérito. Este inquérito foi distribuído por vários municípios portugueses através de *e-mail* e telefone.

Seguidamente foi elaborado um estudo sobre a legislação, os programas de incentivos e as metas para a eficiência energética na Europa e em Portugal. A este estudo, seguiu-se uma revisão bibliográfica, no sentido de perceber a importância deste tipo de intervenções, bem como de verificar em que ponto se situa a investigação na área dos edifícios públicos, e mais concretamente das piscinas municipais.

Passada esta primeira fase de recolha de informação, foram efetuadas visitas a duas instalações de piscinas municipais, que se voluntariaram para servir de caso de estudo para este trabalho. Estas visitas tiveram como objetivo fazer um levantamento dos edifícios, para realizar posteriormente a sua caracterização. Este levantamento incluiu a recolha de dados perto dos equipamentos existentes no edifício, bem como o acesso às faturas energéticas correspondentes a 2014 e a parte dos projetos. Foi ainda necessário tomar conhecimento do perfil de utilização dos espaços e dos equipamentos. Como num dos casos o contador geral inclui a energia elétrica gasta numa área que não tem lugar neste estudo (polidesportivo da Mêda), foi necessário instalar dois analisadores, um no quadro geral, outro no quadro da área que se queria excluir, para medir o valor da diferença, durante uma semana.

A seguir à caracterização dos edifícios, foi efetuada uma pesquisa sobre quais são as soluções ecológicas mais apropriadas para os casos estudados, com o objetivo de construir uma base de conhecimento que desse apoio às decisões que compõem as propostas de melhoria para os edifícios estudados.

Finalmente, apresenta-se o potencial de melhoria para cada edifício, acompanhado das propostas de melhoria e dos respetivos estudos de viabilidade económica.

Este trabalho acaba com as conclusões resultantes do estudo.

2 Apresentação do caso de estudo da Piscina Municipal de Mangualde

2.1 Caracterização geral do edifício

As piscinas municipais cobertas de Mangualde situam-se num complexo de edifícios municipais, entre os quais se pode encontrar a biblioteca municipal e as escolas do concelho, bem como o pavilhão municipal.

Quanto à oferta de serviços, as piscinas municipais cobertas de Mangualde põe à disposição dos munícipes e outros, num total de 41045 utentes na época desportiva de 2013/2014, aulas de natação infantil, natação para adultos, hidroginástica, natação adaptada de reabilitação e pilates. Existe ainda a possibilidade de optar pelo regime de natação livre, pela prática de squash, ou pelo uso da sauna e jacuzzi.

2.1.1 Distribuição de espaços

O edifício, inaugurado em 2000, possui 3 pisos.

No piso 0, encontram-se dois campos de squash e os respetivos balneários, zonas dedicadas aos funcionários (balneários, salas de apoio e instalações sanitárias), a sala das máquinas, os arquivos e um espaço destinado a arrumos para material técnico.

No piso 1, existe a entrada principal, a receção, a bilheteira e o gabinete técnico, a sala de espera com respetivas instalações sanitárias (WC's), o gabinete e o posto médico, as bancadas dos campos de squash, todo o espaço dedicado à sauna e ao jacuzzi (balneários, zonas de lazer e sala das máquinas dedicada) e a nave da piscina acompanhada dos respetivos balneários para os utentes, balneários e gabinete para os técnicos, arrumos do material das aulas e receção dedicada.

No piso 2 apresenta-se o bar e as respetivas instalações sanitárias e de restauração, que não são objeto de estudo deste trabalho por estarem concessionadas a privados, e as bancadas da nave da piscina, com a respetiva entrada no edifício para assistentes, tribuna de honra, gabinete técnico e instalações sanitárias redobradas para espectadores comuns e para espectadores com deficiência motora.

Existe ainda um piso técnico, no telhado, que apenas contém sistemas de ventilação. No telhado, por cima do piso técnico, existe um sistema de mini geração de energia solar, que por ser explorado por uma entidade terceira não consta deste estudo.

Todas as instalações sanitárias do edifício têm versão masculina e feminina (com a exceção das instalações sanitárias dos funcionários, no piso 0), verificando-se o mesmo para os balneários (com a exceção do balneário que serve a sauna e o jacuzzi). Todos os balneários do edifício

possuem as suas próprias instalações sanitárias. Na tabela 3, pode ver-se um resumo da distribuição dos espaços deste edifício por cada piso.

Tabela 3 - Distribuição dos espaços por piso

Piso	Espaços
0	Campos de squash e balneários, zona dos funcionários, sala das máquinas arquivo e arrumos técnicos
1	Entrada principal, receção, bilheteira, sala de espera e respetivos WC's, gabinete técnico, gabinete e posto médico, bancadas de squash, sauna e jacuzzi. Nave da piscina e respetivos balneários (utentes e técnicos), gabinete técnico, receção, arrumos das aulas de natação.
2	Bar, bancadas da nave da piscina, entrada para a assistência da piscina, tribuna de honra, gabinete técnico, WC's da assistência.
Piso técnico	Sala com sistemas de ventilação

2.1.2 Construção

Quanto à sua construção, o edifício possui paredes de betão, com isolamento “CELBAR” de 3 cm, caixa de ar de 4 cm, e viroc bruto ou revestido de reboco hidrófugo. As lajes entre pisos são de betão e o telhado é constituído por chapa de aço tipo “sandwich” com 6 cm de espessura de isolamento.

Zonas de relevância quanto à existência de condensações foram reforçadas com materiais isolantes, tanto no teto como nas paredes. Disto são exemplos a entrada principal, a receção e os serviços administrativos, o corredor dos balneários da piscina, as instalações sanitárias relativas à sala de espera, a sauna e respetivos vestiários e os arrumos da piscina.

A fachada do edifício possui vidros duplos na entrada principal e na nave da piscina. O edifício possui janelas de corte térmico na entrada principal do edifício.

2.2 Caracterização dos sistemas energéticos

2.2.1 Aquecimento da água (AQs e piscina)

A água quente que alimenta a piscina coberta, os balneários e instalações sanitárias, o jacuzzi e todos os sistemas de climatização do ar provém duma caldeira de 348,8 kW, com queimador a gás natural, situada no piso 0. Apenas a água usada na sauna não provém desta caldeira, mas sim dum acumulador térmico elétrico dedicado, de 150 l e 1500 W de potência.



Figura 2 - Caldeira com queimador a gás natural, na sala das máquinas, piso 0.



Figura 3 - Acumulador térmico elétrico que serve a sauna.

Para a produção de AQS, usa-se um permutador de calor de placas alimentado com água quente proveniente da caldeira. Este permutador irá alimentar dois depósitos de acumulação de água quente, cada um com 3000 litros de capacidade. A água no interior destes depósitos é acumulada a 60°C. Todo o sistema de produção de AQS situa-se na sala das máquinas, no piso 0.

O aquecimento da água da piscina também é feito por via de um permutador de calor de placas, situado também na casa das máquinas, alimentado por água quente provinda da caldeira.

2.2.2 Climatização

Para a climatização e ventilação do ar, são usadas sete Unidades de Tratamento de Ar (UTA's) que usam a água quente proveniente da caldeira, acima mencionada, para aquecer o ar. Seis das sete UTA's apenas são constituídas por um módulo de termoventilação, ou seja, um módulo que apenas permite aquecer e fazer circular o ar por meio da sua ventilação. Estas últimas vão ser designadas por Unidades de Termoventilação (UTV's). Três dessas UTV's são ainda auxiliadas por ventiladores (VE) anexados ao circuito de ar que lhes corresponde.

Apenas alguns espaços do edifício são climatizados. No piso 1, procede-se à climatização dos balneários através da UTV1, situada no piso técnico. Também neste piso, procede-se à climatização da zona da sauna e do jacuzzi através da UTV4, situada também no piso 1. Neste piso situa-se também a UTV6, responsável por eliminar condensações no corredor de acesso aos balneários da piscina, através da insuflação de ar quente. O hall de entrada é climatizado recorrendo a convetores térmicos que aproveitam a água quente proveniente da interseção do circuito que alimenta as UTV2, UTV3 e UTV4. No piso 2 procede-se ao controlo de condensação das portas de acesso à secção das bancadas das piscinas, usando insuflação de ar quente provindo da UTV5, situada no piso técnico.



Figura 4 - Unidade de termoventilação, UTV6, situada no gabinete médico, piso 1.

O recinto de squash é apenas ventilado com uma conduta de insuflação e outra de retorno, através da UTV2, situada no piso 1, uma vez que a bateria de aquecimento desta UTV2 está desligada do circuito de água quente. O piso 0 e o piso técnico não são climatizados.



Figura 5 - Grelhas de insuflação e extração em um dos dois campos de squash.

A sétima UTA, situada no piso 0, que é responsável pelo aquecimento e desumidificação da nave da piscina, é mais complexa, pois, além do módulo de termoventilação, possui também 3 sistemas de refrigeração por compressão de vapor, para proceder à desumidificação do ar, e um condensador para reaquecer o ar desumidificado, se necessário. Existe ainda uma Unidade

de Tratamento de Ar Novo (UTAN), situada ao lado da UTA, no piso 0, que permite a introdução de ar novo e a extração do ar viciado da UTA, recuperando algum calor do ar viciado para o ar novo.

Na tabela 4, faz-se um resumo dos equipamentos de ventilação existentes no edifício.

Tabela 4 - Equipamentos de Ventilação

Nome	Zona	Tipo	Auxiliares
UTV1	Balneários	Insuflação e retorno	-----
UTV2	Squash	Insuflação e Retorno	VE1 - Extração
UTV4	Sauna	Insuflação	VE2 - Extração
UTV5	Portas Piso 2	Insuflação	VE5 - Extração
UTV6	Balneários	Insuflação	-----
UTA/UTAN	Nave	Insuflação e retorno	-----
VE3	Instalações de Pessoal Piso 0	Extração	-----

Tabela 5 - Equipamentos de Ventilação - Potências

Nome	Potência Insuflação	Potência Retorno	Potência Máx. Extração
UTV1	3 000 W	2 200 W	-----
UTV2	1 100 W	550 W	-----
UTV4	370 W	-----	-----
UTV5	370 W	-----	-----
UTV6	1 500 W	-----	-----
UTAN	1 500 W	1 500 W	-----
UTA compressores	3 * 10 000 W		
UTA motor ventilação	11 000 W		
VE1	-----	-----	2 * 50 W
VE2	-----	-----	120 W
VE3	-----	-----	56 W
VE5	-----	-----	60 W

2.2.3 Equipamentos de circulação

O circuito de filtração e distribuição da água para os balneários e águas quentes sanitárias existente no edifício possui ainda outros equipamentos que consomem energia elétrica, apresentados na tabela 6.

A filtração da piscina de Mangualde ocorre por hidraulicidade invertida[43], ou seja, a água escorre pelas calhas laterais das piscinas (caleiras de transbordo) até a um tanque de compensação. No tanque de compensação, as partículas maiores ficam a boiar à tona, enquanto a água no fundo deste tanque é bombeada para os filtros de areia situados na sala das máquinas.

A água filtrada é bombeada de novo para a parte inferior dos tanques de natação. À medida que as piscinas enchem, assim a água vai transbordando de novo para as caleiras que a levam ao tanque de compensação.

Tabela 6 - Exemplos de equipamentos de circulação

Nome	Potência Máxima
Bomba filtros	7355 W
Bomba AQS	220 W
Bomba Balneários	151 W

O jacuzzi conta com um circuito próprio de aquecimento e preparação da água, aproveitando a água quente vinda da caldeira do piso 0. Na tabela 4, apresenta-se a lista de equipamentos referentes ao jacuzzi.

Tabela 7 - Lista de equipamentos do jacuzzi

Nome	Potência
Eletrobomba filtro	380 W
Máquina de bolhas de ar	1400 W
Eletrobomba jatos	750 W
Bomba permutador	30 W

2.2.4 Iluminação

Para a iluminação do edifício, recorre-se a vários tipos de lâmpadas. Por exemplo, no hall de entrada do piso 1 é predominante a iluminação com lâmpadas de descarga, ao passo que, no geral, ao longo do resto do edifício, as lâmpadas mais comuns são lâmpadas fluorescentes. Na tabela 8, apresenta-se uma lista dos vários tipos de lâmpadas que se encontram no edifício das piscinas municipais cobertas de Mangualde.

Tabela 8 - Lista de tipos de lâmpadas encontradas, com a sua quantidade presente no edifício

Nome	Potência	Quantidade
Lâmpada fluorescente T8 G13	18 W	9
Lâmpada fluorescente T8 G13	36 W	48
Lâmpada fluorescente T8 G13	58 W	191
Lâmpada fluorescente compacta G23	9 W	73
Lâmpada fluorescente compacta G24q	26 W	9
Lâmpada Halogéneo	50 W	24
Lâmpada de descarga de sódio a alta pressão	70 W	39
Lâmpada de descarga de alta intensidade de halogenetos metálicos	400 W	33

2.2.5 Outros equipamentos

Encontram-se ainda, nos balneários e instalações sanitárias, secadores de mãos de 2125 W e secadores de cabelo de 700 W, como se pode ver na tabela 9.

Tabela 9 - Secadores e a sua quantidade presente no edifício

Equipamento	Potência	Quantidade
Secador de cabelo	700 W	18
Secador de mãos	2125 W	5

2.3 Perfil de utilização dos espaços e equipamentos

As piscinas municipais de Mangualde funcionam de segunda a sábado, inclusivamente. O horário de funcionamento estende-se das 7h30 até às 21h30, de segunda a sexta, e das 8h30 às 20h00, ao sábado. Durante todo este período, existem aulas de modalidades aquáticas ou regime de natação livre. A utilização do centro de saúde e lazer (squash, sauna e jacuzzi), na época desportiva de 2013/2014, foi a mais baixa, contando com um total de 481 acessos durante toda a época desportiva (52 para a sauna, 4 para o jacuzzi e os restantes para atividades relacionadas com o squash). Assim, conclui-se que os espaços relativos à sauna e ao jacuzzi são utilizados apenas pontualmente.

Fora do período de utilização dos espaços, a ventilação e a iluminação são desligadas. A caldeira e os filtros encontram-se ligados 24 horas, 7 dias por semana. Dentro do período de utilização dos espaços, a iluminação apenas é ligada quando a luz natural não é suficiente. Como os balneários da piscina, o piso 0 e o piso técnico não possuem grande capacidade de serem iluminados por luz natural, a iluminação nestes espaços será ligada sempre que estes estiverem a ser usados.

2.4 Apresentação dos consumos

As despesas duma piscina municipal estão longe de ser apenas relacionadas com os gastos de energia. No entanto, no caso da piscina municipal de Mangualde, as despesas energéticas representam a maior fatia dos gastos. Por exemplo, durante 2014, 123.941,74 € foram gastos em eletricidade e gás natural, representando 71,7% das despesas totais, sendo que a eletricidade representa 18,6% e o gás representa os restantes 53,1% das despesas totais.



Figura 6 - Despesas totais da piscina de Mangualde, na época desportiva de 2013/2014.

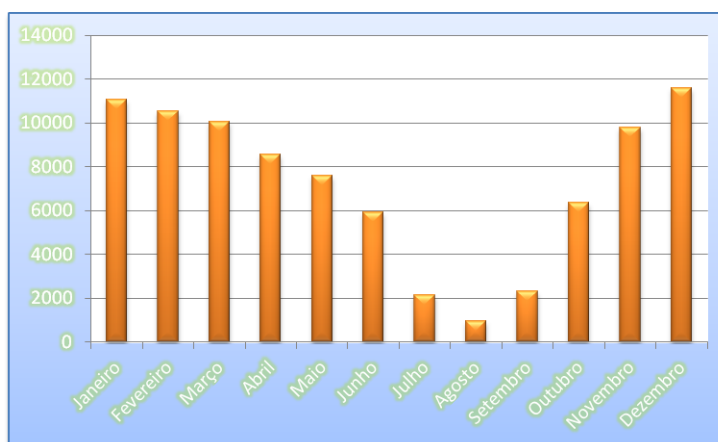


Figura 7 - Consumo de gás natural, em m³, durante 2014.

Os meses de maior consumo de gás (acima de 10.000 m³), durante o ano de 2014, foram os meses de Inverno, ou seja, Janeiro a Março e Dezembro. De Julho a Setembro, inclusivamente, as piscinas interiores estão fechadas ao público, mas as piscinas exteriores estão em funcionamento, pelo que se justifica o gasto residual de gás neste período de tempo com a necessidade de AQS nos balneários das piscinas exteriores.

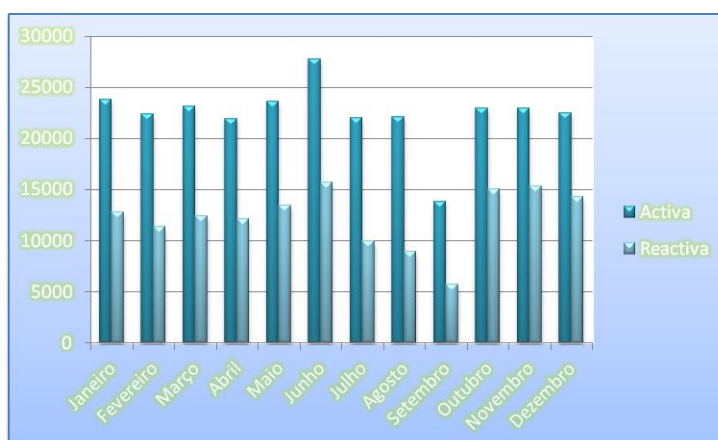


Figura 8 - Consumo de electricidade, em kWh (potência activa) e kVARh (potência reactiva), durante 2014.

O consumo de eletricidade foi aproximadamente constante ao longo do ano de 2014, com a exceção dum pico em Junho e uma baixa em Setembro, o que se justifica pela climatização ser feita maioritariamente com base no uso de gás natural. Note-se que os valores de energia reativa consumida são sempre cerca de metade do valor da energia ativa consumida.

3 Apresentação do caso de estudo da Piscina Municipal da Mêda

3.1 Caracterização geral do edifício

O edifício das piscinas municipais cobertas da Mêda, inaugurado em 1996, é usado pelos munícipes da localidade e arredores, servindo também de palco para eventos desportivos da zona.

Nas suas instalações decorrem, semanalmente, aulas de natação, dança e karaté. Há poucos anos este edifício foi complementado com um edifício a ele geminado, o polidesportivo da Mêda.

3.1.1 Distribuição de espaços

Na cave situa-se a casa das máquinas e um acesso ao exterior, bem como balneários femininos e masculinos, destinados ao uso da piscina exterior.

No rés-do-chão situa-se a entrada principal, um salão de jogos com as respetivas instalações sanitárias, a receção, o bar-restaurant com as respetivas instalações sanitárias e cozinha, um gabinete de aluguer de equipamento, um hall que faz a ligação ao edifício do polidesportivo da Mêda, a nave da piscina e os balneários femininos e masculinos.

No piso 1 existe um ginásio equipado com diversas máquinas de treino, salas de aula para a prática de várias modalidades, instalações sanitárias, o gabinete médico, o gabinete da administração e uma esplanada.

Tabela 10 - Distribuição dos espaços por piso

Piso	Espaços
Cave	Sala das máquinas, balneários da piscina exterior
Rés-do-chão	Entrada principal, salão de jogos com respetivos WC's, receção, bar-restaurant com cozinha e repetivos WC's, gabinete de aluguer de equipamento, ligação ao polidesportivo da Mêda, nave da piscina e respetivos balneários
Piso 1	Ginásio, salas de aula, WC's, gabinete médico, gabinete da administração e esplanada

3.1.2 Construção

O edifício possui dois tipos de paredes exteriores. O primeiro tipo é construído com granito (25 cm), caixa-de-ar com isolamento de 4 cm de poliestireno extrudido e tijolo burro. O segundo tipo é construído por isolamento exterior (4 cm de poliestireno expandido) rebocado, alvenaria

leca (25 cm) e reboco ou revestimento cerâmico de azulejo. Os tetos e pavimentos são construídos por laje aligeirada com revestimento cerâmico.

A cobertura da nave foi construída com chapa de aço tipo “sandwich” com 6 cm de isolamento, mas a cobertura do resto do edifício apenas contém chapa de aço, sem qualquer tipo de isolamento. O terraço existente é construído com laje aligeirada (20 cm), rebocada inferiormente, camada betão com cortiça (3 cm), tela impermeabilizante e gravilha.

Os envidraçados exteriores do edifício são constituídos por vidro duplo com caixilho de alumínio e os interiores por vidro simples com caixilho de alumínio.

3.2 Caracterização dos sistemas energéticos

3.2.1 Aquecimento da água (AQS e piscina)

O aquecimento de AQS e da água da piscina, bem como da água utilizada para climatização, é feito usando uma caldeira com queimador a gás propano, com uma potência máxima de 582 kW, situada na sala das máquinas (cave). Em complemento a esta caldeira, é usada uma outra caldeira, mural a gás propano, de 30 kW, situada na cozinha do bar-restaurante (rés-do-chão), que serve as necessidades de AQS e das UTV's correspondentes à área da cozinha, bar-restaurante e instalações sanitárias correspondentes.



Figura 9 - Caldeira a gás propano, sala das máquinas.

Para a produção de AQS, usa-se um permutador alimentado pela água quente provinda da caldeira. Depois de a água ser aquecida pelo permutador, é acumulada em dois depósitos de 2000 litros de capacidade, cada um, a 55° C. Encontram-se nas figuras 9,10 e 11 registos fotográficos destes equipamentos.



Figura 10 - Depósitos de acumulação de AQS, sala das máquinas.



Figura 11 - Permutadores para produção de AQS, sala das máquinas.

A água da piscina é aquecida através de um permutador alimentado pela água quente da caldeira (figura 12).



Figura 12 - Permutador para aquecimento da água da piscina.

3.2.2 Ventilação e Climatização

Todos os sistemas de climatização são alimentados pela caldeira da sala das máquinas. A única exceção é a zona da cozinha e bar-restaurante, onde os sistemas de climatização são alimentados pela caldeira mural situada na cozinha (rés-do-chão).

Na cave, os balneários são ventilados por uma UTV, UTV11, situada no telhado. Os espaços da cave são climatizados por radiadores aquecidos pela água da caldeira da sala das máquinas.

Quanto ao rés-do-chão, a ventilação da cozinha e da zona do bar-restaurante é feita através de UTV's, UTV13 e UTV14. A cozinha está equipada ainda com 2 dispositivos de ar-condicionado do tipo mono split, bem como com um extrator de fumo situado na saída da chaminé correspondente. Os balneários deste piso são ventilados por uma UTV, UTV12, também situada no telhado, e climatizados por radiadores. Os corredores encontram-se climatizados também por radiadores.

A nave da piscina, no rés-do-chão, é climatizada através duma UTA situada na sala das máquinas, numa subdivisão ao lado da nave da piscina. A insuflação é feita por baixo das bancadas e a extração do ar é feita perto cobertura da nave, através de uma outra UTV, UTV9, situada no telhado. A instalação da UTA contém o espaço para o módulo do desumidificador, mas este encontra-se vazio.

No piso 1, os diversos espaços encontram-se climatizados por radiadores.

Pode ser consultada na tabela 11 uma lista dos equipamentos de ventilação.

Tabela 11 - Equipamentos de ventilação do edifício

Equipamento	Potência motor extração	Potência motor insuflação
UTV1	430 W	-----
UTV2	870 W	-----
UTV3	-----	2 200 W
UTV4	250 W	-----
UTV5	370 W	-----
UTV6	-----	250 W
UTV7	370 W	-----
UTV8	250 W	-----
UTV9	430 W	-----
UTV10	370 W	-----
UTV11	550 W	-----
UTV12	550 W	-----
UTV13	-----	550 W
UTV14	290 W	-----
Ar condicionado mono split	-----	3672 W (arrefecimento) 3162 W (aquecimento)
Extrator de fumo - chaminé	325 W	-----

Tabela 12 - Radiadores do edifício

Piso	N.º elementos	Quantidade
Cave	22	8
Rés-do-chão	15	1
	19	2
	22	11
	20	3
Piso 1	12	4
	14	5
	19	11

3.2.3 Equipamentos de circulação

Na sala das máquinas podem encontrar-se diversos equipamentos pertencentes ao sistema de circulação da água. Entre eles distinguem-se eletrobombas, válvulas e o sistema de filtração. No caso da Piscina Municipal da Mêda, a água da piscina interior é filtrada por hidráulidade invertida [43], ou seja, a água escorre pelas caleiras de transbordo até a um tanque de compensação, situado na sala das máquinas. No tanque de compensação, as partículas maiores ficam a boiar à tona, enquanto a água no fundo deste tanque é bombeada para o filtro. A água filtrada é bombeada de novo para a parte inferior do tanque da piscina. À medida que a piscina enche, assim a água vai transbordando de novo para as caleiras que a levam ao tanque de compensação.



Figura 13 - Filtro e sistema de circulação entre o filtro e o tanque de compensação.

Na tabela 13 podem ser consultados dados de alguns equipamentos pertencentes ao sistema de circulação.

Tabela 13 - Equipamentos do sistema de circulação

Equipamento	Potência Máxima
Eletrobomba Radiadores	1450 W
Eletrobomba Sistemas de Ventilação	905 W
Eletrobomba Piscina	460 W
Eletrobomba produção AQS	245 W
Eletrobomba produção AQS	245 W
Eletrobomba filtros	2 600 W



Figura 14 - Grupo de eletrobombas de circulação da água proveniente da caldeira.

3.2.4 Iluminação

Em todo o edifício, o uso de lâmpadas fluorescentes é dominante, havendo ainda uma presença considerável de lâmpadas de halogéneo e umas poucas de halogenetos metálicos.

Na tabela 14 pode ser consultada a lista de lâmpadas presentes no edifício das Piscinas Municipais da Mêda.

Tabela 14 - Lista de tipos de lâmpadas encontradas, com a sua quantidade presente no edifício

Nome	Potência	Quantidade
Lâmpada fluorescente compacta	7 W	157
Lâmpada fluorescente compacta	9 W	206
Lâmpada fluorescente T8	58 W	233
Lâmpada halogenetos metálicos	250 W	10
Lâmpada halogéneo com refletor metálico	50 W	62
Lâmpada halogéneo	75 W	5

3.2.5 Outros equipamentos

Na cozinha do bar-restaurante, podem encontrar-se diversos equipamentos consumidores de energia elétrica. A maior parte deles destina-se à conservação de alimentos e à confeção de refeições. Na tabela 15, pode ser consultado o resumo de alguns equipamentos presentes na cozinha e no bar-restaurante.

Tabela 15 - Alguns equipamentos presentes na cozinha

Equipamento	Potência	Quantidade
Máquina de café	3800 W	1
Arca de gelado horizontal	276 W	4
Arca de gelado vertical	600 W	5
Arca de conservação de alimentos vertical	678 W	3
Arca de gelado horizontal (vitrina)	588 W	1
Microondas	700 W	2
Forno elétrico	2600 W	2
Máquina de lavar loiça	5550 W	1

Nos balneários, podem ainda encontrar-se secadores de mãos e secadores de cabelo. A tabela 16 apresenta as potências destes equipamentos.

Tabela 16 - Secadores presentes no edifício.

Equipamento	Potência	Quantidade
Secador de mãos	1800 W	2
Secador de cabelo	100 W	5
Secador de cabelo	700 W	10

3.3 Perfil de utilização dos espaços e equipamentos

As piscinas municipais da Mêda têm um horário de funcionamento que corresponde ao período diurno entre as 8h30 até às 20h00, de terça a sexta-feira. O edifício tem atividades pontuais aos fins-de-semana, encontrando-se encerrado à segunda-feira para manutenção.

As aulas que se desenvolvem na nave da piscina, bem como na sala de aula do piso 1 e no ginásio, decorrem de terça a sexta-feira, pelo que a caldeira só está ligada durante estes dias, num período aproximado de 12,5 horas (das 8h00 às 20h30).

O aquecimento e a ventilação estão sempre ligados durante as aulas. Já os filtros estão sempre ligados, exceto ao Domingo.

3.4 Apresentação dos consumos

As piscinas municipais da Mêda usam essencialmente dois tipos de energia: gás propano e eletricidade.

O gás propano não é comprado mensalmente, apenas é comprado quando é necessário encher o depósito de gás dedicado ao edifício, que inclui as piscinas e o complexo desportivo.

A eletricidade é taxada mensalmente em baixa tensão normal (BTN), sem discriminar a potência reativa. O contador de eletricidade é o mesmo para as piscinas e para o complexo desportivo, à exceção do bar-restaurant, que contém o seu próprio contador para que possa eventualmente vir a ser explorado por uma entidade privada.

Quanto ao gás propano consumido em 2014, este representa 71% (57.473,84 €) da fatura energética total (81.358,34 €), sendo o restante, 29% (23.884,5 €), referente ao consumo de eletricidade, também em 2014. Podem observar-se nas figuras 15, 16, 17 e 18 dados relativos ao consumo de energia deste edifício.

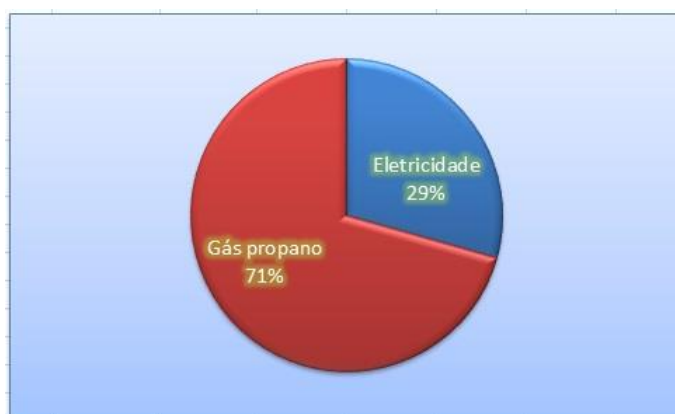


Figura 15 - Consumo de gás propano *versus* eletricidade, em 2014.

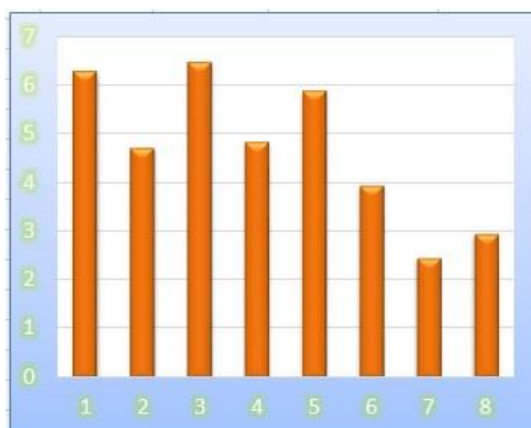


Figura 16 - Gás propano comprado a granel durante 2014 (8 aquisições), em toneladas.

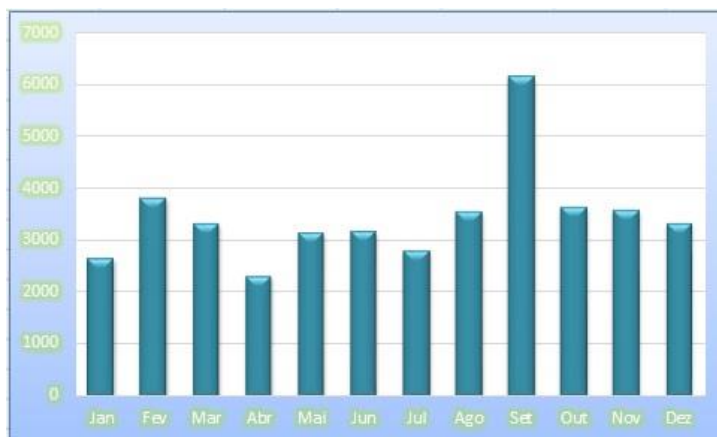


Figura 17 - Consumo de eletricidade no contador do bar, em 2014, em kWh.

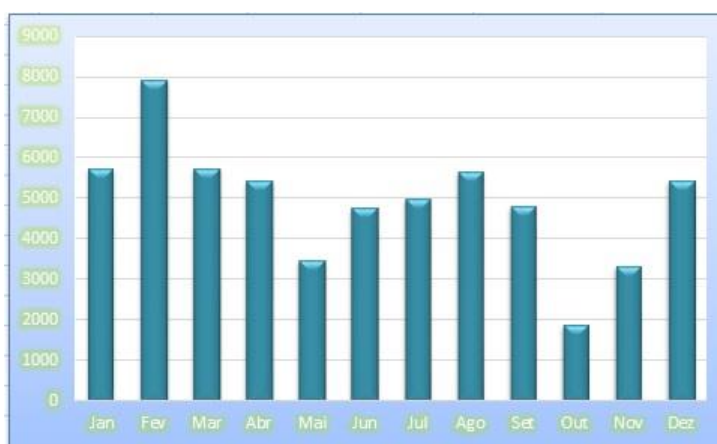


Figura 18 - Consumo de eletricidade no contador geral do edifício, em 2014, em kWh.

Para separar o consumo elétrico do complexo polidesportivo do consumo das piscinas municipais, aplicou-se um analisador no quadro geral e outro analisador no quadro do complexo polidesportivo. As medições registadas pelos analisadores referem-se ao período de uma semana. Com os valores registados da intensidade nas 3 fases, o que se constatou é que, em média, o complexo desportivo apenas absorve 2,5% da eletricidade que é consumida no total dos dois edifícios.

4 Resumo das Soluções Disponíveis

O planeamento da remodelação de um edifício precisa de algum apoio. Podemos ter vontade de mudar algo, mas devemos antes conhecer quais as possibilidades que temos à nossa disposição. Este capítulo aborda, de uma maneira geral, as opções existentes mais usadas para melhorar a eficiência energética de um edifício.

4.1 Aquecimento

Como já se pôde ver, aquando da apresentação dos consumos de cada edifício, a maior porção das respectivas faturas energéticas é, sem sombra de dúvida, dedicada à combustão de gás para aquecimento de água, quer essa água seja usada para produção de AQS, para climatização ambiente ou para aquecer a água dos tanques das piscinas. Para diminuir este consumo, ou mesmo erradicá-lo, podemos recorrer a uma das seguintes tecnologias renováveis.

4.1.1 Biomassa

Biomassa é um material biológico derivado de organismos vivos ou recentemente vivos. Em termos energéticos, fala-se normalmente de biomassa derivada de plantas, embora possa derivar também de material animal ou vegetal [44].

Para sistemas de aquecimento de edifícios, em Portugal, o que se encontra mais comumente no mercado são sistemas de combustão de biomassa sólida, mais concretamente lenha, pellets de madeira (aglomerados de serradura de madeira comprimida, proveniente do desperdício, por exemplo, de serrações, com elevada densidade e baixo índice de humidade [45]), casca de amêndoa, caroço de azeitona e estilha (lascas ou fragmentos de madeira). Pode observar-se na figura 19 um exemplo de uma caldeira a biomassa.

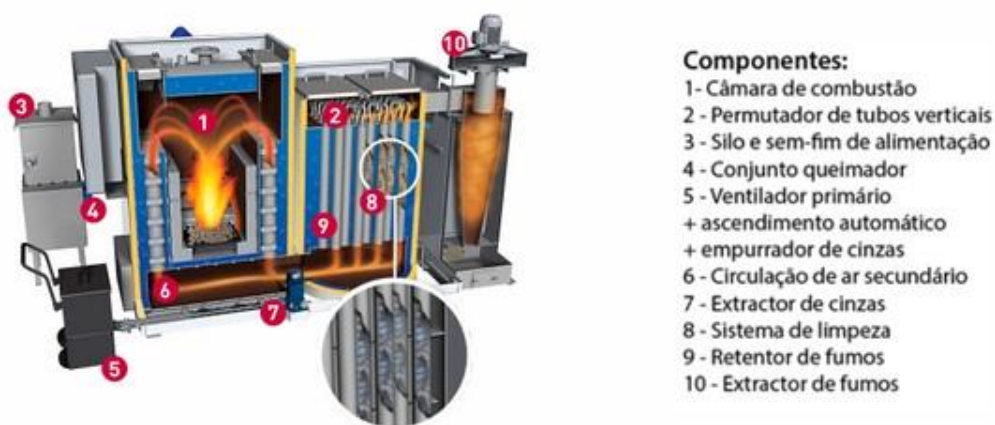


Figura 19 - Exemplo do interior duma caldeira a biomassa [46].

Destaca-se ainda a presença de duas soluções, no que toca à implementação de biomassa para aquecimento em edifícios. A primeira solução, mais apropriada à remodelação de sistemas de aquecimento já existentes, é a conversão de caldeiras a gás ou gasóleo em caldeiras a biomassa, através da troca do queimador da caldeira em questão por um queimador a biomassa (esta solução é muito mais barata, mas necessita de mais manutenção [47]). A segunda solução, mais apropriada para ser implementada num novo edifício, consiste na instalação duma caldeira a biomassa (deve-se ter em conta que as caldeiras a biomassa, bem como os seus silos, têm dimensões consideráveis [48], pelo que a sua instalação num edifício existente pode carecer da ampliação de infraestruturas).

4.1.2 Bombas de Calor

As bombas de calor aproveitam as propriedades dum gás de refrigeração (por comparação ao funcionamento dum frigorífico) que circula numa serpentina dentro do equipamento, para absorver calor do ar exterior, transferindo-o para o ar do interior do edifício ou para tubagens de água (por exemplo, para produção de AQS). Se a bomba de calor for reversível, poderá ser utilizada para aquecer ou arrefecer, conforme pretendido [49]. Apresenta-se na figura 20 um esquema simplificado do funcionamento de uma bomba de calor.

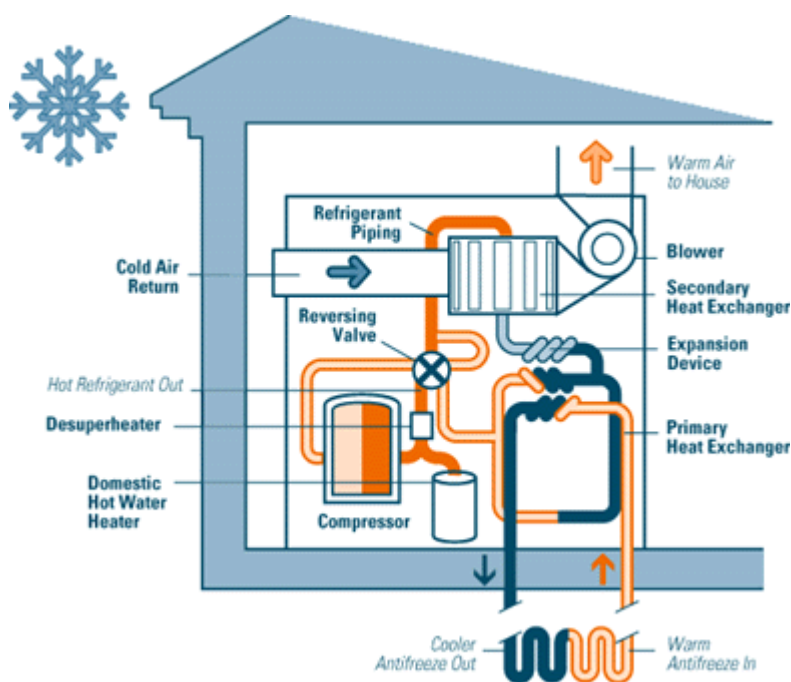


Figura 20 - Esquema do sistema de aquecimento duma bomba de calor, para climatização do ar e produção de AQS [50].

Quando se está a considerar instalar uma bomba de calor, deve-se ter em conta que as bombas de calor funcionam melhor em climas amenos [51]. Isto deve-se ao facto de o rendimento (COP - *Coefficient of performance*) da bomba de calor depender muito da temperatura do ar exterior

[52]. Assim, se se verificar que a bomba de calor é uma boa opção, deve-se ter o cuidado de verificar a área disponível para a sua implementação, visto que as bombas de calor de maior potência têm dimensões avultadas [53] e pode ser necessária uma combinação de módulos [54] para satisfazer as necessidades de potências mais elevadas, especialmente considerando variações de temperatura exterior.

4.1.3 Sistemas Solares Térmicos

Os sistemas solares térmicos usam a energia proveniente do sol para aquecimento. No interior de um sistema forçado (mais indicado para sistemas de maior dimensão, devido à necessidade de caudais maiores e à impossibilidade de ter o acumulador de água perto dos coletores), circula um fluido chamado fluido solar (água e anti-congelante) que será aquecido nos coletores solares, percorrendo depois o primário dum permutador. Este permutador é utilizado para aquecer água (produção de AQS ou aquecimento da água da piscina).

Existem vários tipos de coletores solares térmicos, sendo mais comuns para este tipo de aplicação os coletores solares planos. Apresenta-se na figura 21 um exemplo de um sistema solar térmico por circulação forçada.

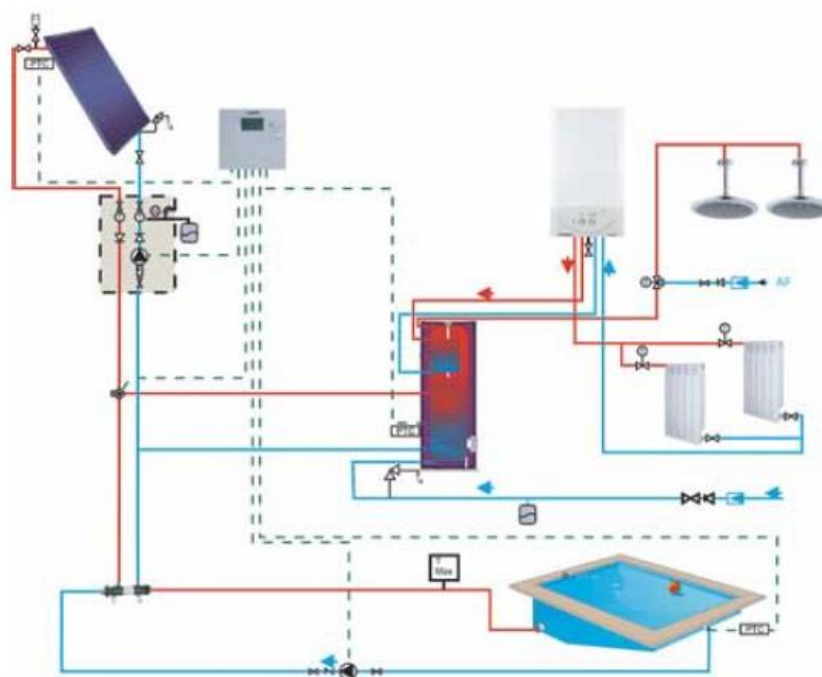


Figura 21 - Exemplo de sistema solar térmico [55].

Para tomar a decisão de instalar um sistema solar térmico deve-se atender, em primeiro lugar, às necessidades de aquecimento do sistema. Assim é importante ter uma ideia de qual a área de absorção dos coletores necessária para, por exemplo, satisfazer a capacidade do acumulador de AQS correspondente (no caso de ser necessária a aquisição de acumuladores novos, deve ter-se em conta os consumos diários de referência tabelados [56]). Isto pode ser feito com

recurso a uma regra de simplificação que estabelece a correspondência entre a capacidade de água a aquecer e a área de absorção total necessária (neste caso, considera-se os valores para estruturas coletivas [57]). Depois é preciso verificar se a área não sombreada disponível é suficiente para que o total de coletores instalados corresponda à área de absorção necessária. Assim, se a instalação se situar na cobertura do edifício, há que ter em conta uma distância de segurança entre a berma do telhado e os coletores [58]. Há também que considerar o espaço entre fileiras de painéis para evitar o seu sombreamento [55].

4.2 Equipamentos para diminuir o consumo de eletricidade

4.2.1 Iluminação

Quanto à iluminação, existem dois tipos a considerar: LED e HID.

A iluminação LED (Light Emitting Diode) baseia-se em díodos semicondutores que apenas permitem a passagem de corrente num só sentido. Estes díodos são construídos por dois materiais diferentes, formando uma junção PN, cujo lado P tem deficiência de eletrões (carga positiva) e o lado N tem excesso de eletrões (carga negativa). Quando uma tensão é aplicada ao díodo, os eletrões do lado N deslocam-se no sentido do lado P e os espaços vazios do lado P dirigem-se em direção ao lado N. Perto da junção, os eletrões ocupam os espaços vazios, libertando energia na forma de luz, figura 22. Esta é a luz emitida pelo LED [59].

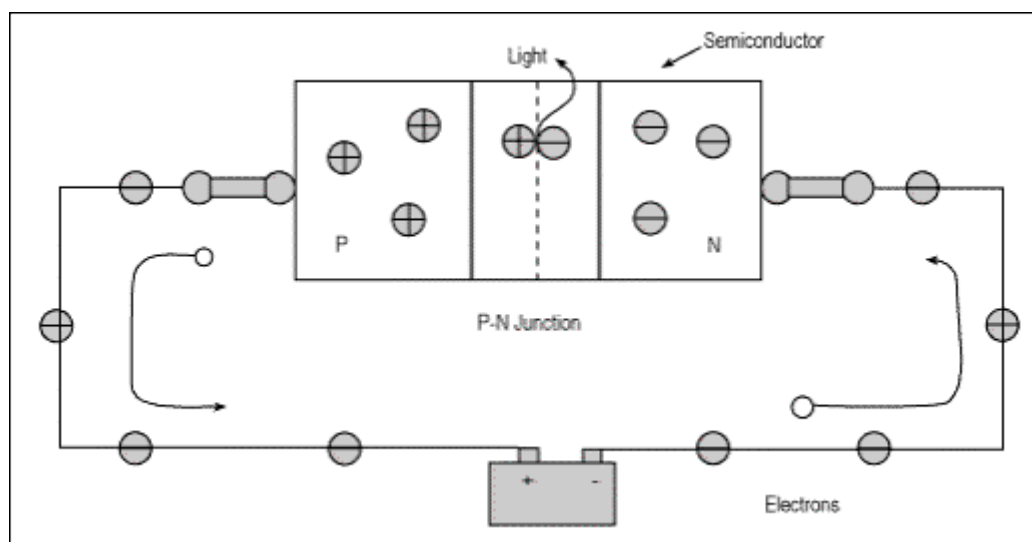


Figura 22 - Esquema de funcionamento de uma junção PN, num LED [59].

Atualmente já foi possível bater a barreira dos 300 lumens por watt, em laboratório [60]. A iluminação LED é hoje considerada a mais eficiente em termos energéticos e continua sob investigação, pelo que se prevê que a sua eficiência possa aumentar nos próximos anos [61].

As lâmpadas HID (*High Intensity Discharge*) abrangem as lâmpadas com vapor de mercúrio, as lâmpadas de halogenetos metálicos e as lâmpadas de sódio a alta pressão. Todas estas lâmpadas

são não-direcionais e todas requerem um balastro para funcionarem. As lâmpadas de vapor de mercúrio são menos eficientes que as lâmpadas fluorescentes e que as outras HID, pelo que não interessam para este trabalho. Tanto as lâmpadas de halogenetos metálicos como as de sódio a alta pressão apresentam um fluxo luminoso bastante elevado [62]. Assim, as lâmpadas de descarga e as lâmpadas de sódio de alta pressão são apenas consideradas soluções temporariamente aceites, devido ao facto de ainda ser difícil encontrar iluminação LED com um fluxo luminoso muito elevado. Contudo, este panorama tende a mudar [61].

Para escolher as lâmpadas que substituirão as antigas é necessário encontrar equivalência nos seguintes parâmetros: fluxo luminoso (medido em lumens), temperatura ou cor da luz (medida em Kelvin), dimensões e tipo de casquilho.

4.2.2 Controlo do Fator de Potência

Para o funcionamento dum motor eléctrico, é necessário que haja potência ativa, P , para produzir trabalho, ou seja, para rodar o eixo do motor, e potência reativa, Q , para produzir o fluxo magnético. Assim, a utilização de energia reativa é necessária, mas deve ser a menor possível, devido a implicar inconvenientes quando em excesso, como por exemplo, provocar um maior consumo de energia aparente, S , para o mesmo fim e o pagamento duma penalização na fatura da electricidade. A solução para conter o consumo de energia reativa passa pela instalação dum sistema de compensação do fator de potência, figura 23.

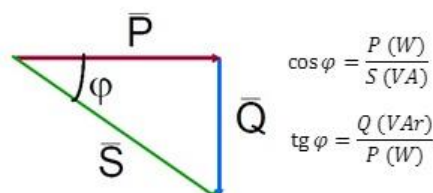


Figura 23 - Triângulo de potências [63].

Os motores eléctricos representam assim uma carga indutiva na instalação eléctrica do edifício, que irá consumir energia reativa. Para diminuir o consumo desta energia reativa, adiciona-se à rede uma carga capacitiva que absorve a energia reativa libertada pela carga indutiva e alimenta o circuito de energia reativa quando a carga indutiva absorve energia reativa. Então, o sistema de compensação do fator de potência atua como uma bateria de energia reativa para a instalação eléctrica do edifício, figura 24.

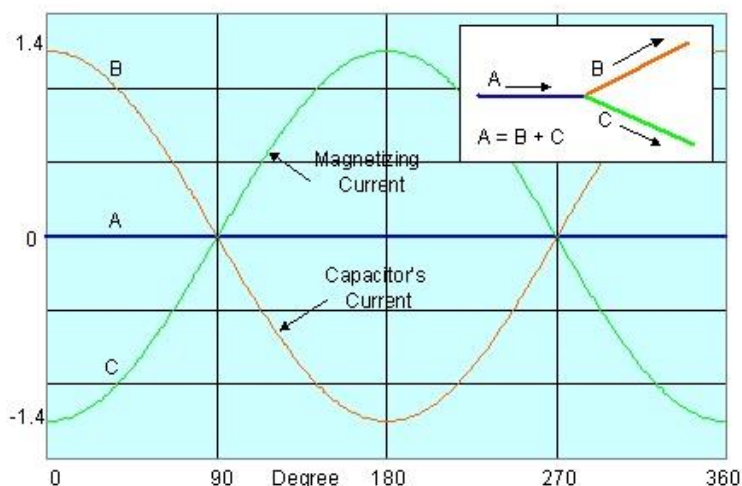


Figura 24 - Corrente de magnetização (indução) e corrente do condensador [64].

Para o tipo de instalações estudadas neste trabalho, o banco de condensadores mais apropriado é do tipo automático. Para o efeito pretendido (diminuição da penalização na fatura de eletricidade por uso excessivo de energia reativa), o local mais apropriado para a instalação do banco de condensadores será o quadro geral do edifício [65].

4.3 Envolvente

Quanto à envolvente, a maneira de a tornar energeticamente mais eficiente é aplicando isolamento térmico nas paredes, na cobertura e nos envidraçados.

Quanto às paredes, uma solução de isolamento que apresenta boa eficácia consiste na aplicação de um material isolante nas paredes exteriores, cobrindo depois esse material com um revestimento adequado. Esta solução de isolamento exterior é especialmente eficaz devido ao facto de as paredes exteriores serem ininterruptas, pelo que permite que as pontes térmicas sejam quase totalmente eliminadas [66].

A cobertura é o elemento da envolvente que mais contribui para as perdas de calor num edifício, pelo que o seu isolamento térmico é considerado prioritário, sendo esta uma das medidas mais simples e menos dispendiosa. No caso de coberturas horizontais (ou quase horizontais, como é o caso das piscinas tratadas neste trabalho), pode proceder-se à aplicação de isolante exterior seguindo a configuração de cobertura invertida. O isolamento exterior de cobertura invertida corresponde à aplicação de placas de isolamento sobre a impermeabilização da laje de betão, sendo as placas protegidas superiormente uma proteção pesada [66].

No campo dos envidraçados, aconselha-se o uso de vidros duplos e de caixilharia de pvc, madeira ou alumínio com corte térmico [66].

5 Apresentação das melhorias - Caso de Mangualde

5.1 Identificação do potencial de melhorias

Como foi apresentado anteriormente, o consumo de gás natural representa cerca de 53% das despesas das piscinas municipais de Mangualde. Visto que o gás natural é utilizado para produção de AQS, climatização do ar e aquecimento da água da piscina, verifica-se que há oportunidade de reduzir o consumo de gás natural do edifício.

No campo das despesas em eletricidade, verifica-se que nem todos os tipos de iluminação utilizados são os mais eficientes em termos energéticos. Para além disso, comparando, na figura 4, o consumo de energia reativa com o consumo de energia ativa, conclui-se que o consumo de energia reativa é bastante elevado (em média, o consumo de energia reativa representa 54% do consumo de energia ativa).

Quanto à envolvente, verifica-se a existência de isolamento interior, que pode ser complementado para um melhor desempenho térmico do edifício. Constata-se também a ausência de isolamento térmico eficaz na maior parte dos envidraçados.

5.2 Apresentação de alternativas

5.2.1 Eliminação do consumo de gás natural

Quanto à eliminação do consumo de gás natural, propõe-se a substituição do queimador da caldeira a gás natural por um queimador a pellets, com potência de 300 kW. Esta medida visa erradicar a utilização de combustíveis fósseis no edifício, o que evita a dependência de combustível externo, uma vez que as pellets podem ser de origem nacional, ou mesmo local. Este sistema inclui 1 silo de 300 kg, que precisaria de ser abastecido 3 vezes por cada dia de funcionamento (aproximadamente 800 kg de pellets consumidos, em média, por cada dia de funcionamento das piscinas municipais de Mangualde).

Tabela 17 - Sistema de substituição do queimador

Equipamento	Quantidade
Queimador a pellets 300 kW	1
Flange de ligação queimador - caldeira	1
Silo 300 kg	1

Em adição à referida medida, propõe-se ainda a instalação de painéis solares térmicos, para a produção de AQS, na porção de telhado disponível, tabela 18.

Este sistema solar aproveitaria a atual instalação de produção de AQS, ou seja, aproveitaria um dos dois depósitos disponíveis. O sistema solar proposto deverá alimentar um segundo permutador de calor para a produção de AQS (relembre-se que já existe um permutador alimentado pela caldeira a gás natural). O sistema proposto daria prioridade ao sistema solar térmico, usando apenas pellets quando se verificar não haver energia solar suficiente para produzir a quantidade de AQS que abastecem o depósito em questão.

A decisão tomada teve em conta que o telhado não contém área disponível suficiente para aquecer a água da piscina. É também de referir que foram feitos cálculos simplificados de dimensionamento do sistema solar térmico que mostraram que a área disponível no telhado seria apenas suficiente para alimentar um dos depósitos de AQS, pelo que se considerou esta solução como sendo a solução ideal.

Tabela 18 - Equipamentos constituintes do sistema solar proposto

Equipamentos	Quantidade
Painéis - 5 m ² de área de absorção	9
Estruturas para os painéis - inclinação de 45°	9
Grupo Hidráulico	1
Módulo AQS (permutador)	1
Controlador	1

5.2.2 Redução do consumo de eletricidade

Para a redução do consumo de energia elétrica, propõe-se, em primeiro lugar, a substituição das lâmpadas fluorescentes e de halógeno por lâmpadas LED, tabela 19.

Tabela 19 - Sugestão de iluminação LED

Lâmpadas antigas	Lâmpadas novas
Fluorescente T8 G13 18 W	Tubo LED 10 W
Fluorescente T8 G13 36 W	Tubo LED 20 W
Fluorescente T8 G13 58 W	Tubo LED 25 W
Fluorescente compacta G23 9 W	Luminária LED 8 W
Fluorescente compacta G24q 26 W	Luminária LED 24 W
Halógeno 50 W	LED MR16 8 W

Sugere-se ainda a instalação de bancos de condensadores automáticos junto ao quadro geral de eletricidade, para servir como controlador do fator de potência da instalação elétrica do edifício. Isto permitiria diminuir o consumo de energia reativa, o que se prevê ter um impacto positivo na fatura de eletricidade. Os cálculos para selecionar um banco de condensadores

tiveram em conta as faturas de eletricidade do ano de 2014, bem como o perfil de utilização dos equipamentos consumidores de eletricidade do edifício. Conclui-se que um banco de condensadores automático, com vários módulos seria uma resposta melhor às variações da necessidade de energia reativa absorvida pelos equipamentos. Visto que o edifício é alimentado num regime de Baixa Tensão Especial (BTE), o banco de condensadores selecionado deve estar apto a ser instalado para funcionar a uma tensão de 230 V, tabela 20.

Tabela 20 - Banco de condensadores sugerido

Equipamento	Potência dos bancos
Banco de condensadores automático 20 kVar (230 V)	4 x 5 kVar

5.2.3 Melhorias da envolvente

No que se refere à envolvente, sugere-se uma melhoria do isolamento aplicando capoto (ETICS) como isolamento exterior.

Considera-se importante, ainda, a aplicação de vidros térmicos duplos e de caixilhos de alumínio com corte térmico, tabela 21, e sistema anti condensação nas zonas climatizadas (nave e balneários da piscina, sauna e jacuzzi).

Tabela 21 - Sugestão de envidraçados

Equipamento	Tipo	Área
Vidro duplo térmico +caixilho de alumínio com corte térmico	Fixo	34,35 m ²
Vidro duplo térmico +caixilho de alumínio com corte térmico	De abrir	26,10 m ²

5.3 Estudo da viabilidade económica

5.3.1 Eliminação do consumo de gás natural

Com a substituição do queimador da caldeira estima-se, tendo em conta a bibliografia consultada [67] e cálculos simplificados efetuados, que a poupança em custos energéticos seja de cerca de 50%, ou seja, 45.738 € em relação ao custo do consumo de gás natural durante 2014. O sistema proposto para a substituição do queimador da caldeira representa um investimento total de 17.256,90 €, incluindo IVA, a instalação e o silo (676,50 €), o que mostra haver margem monetária para encomendar um novo silo por medida. Com um silo feito por medida pode diminuir-se o número de reabastecimentos diários do silo, evitando-se, ao mesmo tempo, problemas de dimensões incompatíveis com a sala das máquinas.

Com o sistema solar térmico para produção de AQS, espera-se que a poupança seja de 75% [55] em relação ao gasto de gás para alimentar um dos dois depósitos, ou seja, estima-se que a

poupança anual seja de 5.192 m³ (6% do consumo anual de gás em 2014, o que equivale a cerca de 5.481,00 €). O sistema solar em questão será constituído por 9 coletores solares térmicos, conseguindo um total de 41 m² de área de absorção, com respetivos apoios para o telhado, um módulo de produção de AQS para acumulação que inclui um permutador de placas brasado, circuladores e um controlador com possibilidade de gestão do sistema solar e do sistema de biomassa (com prioridade para o solar). Após consulta a uma empresa do setor, estima-se que o custo total da implementação seja de 54.993,00€, incluindo os equipamentos, os acessórios e a correspondente mão-de-obra.

5.3.2 Redução do consumo de eletricidade

Substituindo as lâmpadas fluorescentes e de halogéneo usadas por lâmpadas LED equivalentes, tendo em conta as novas lâmpadas escolhidas [68], consegue-se uma diminuição da potência consumida por lâmpada (desde 7% nas lâmpadas fluorescentes compactas de 26 W até 84% nas lâmpadas de halogéneo), bem como um aumento em tempo de vida das lâmpadas, relativamente às atualmente usadas (desde o dobro nas lâmpadas T8 de 58 W até 7,5 vezes mais no caso das lâmpadas de halogéneo). Contudo, verifica-se uma perda de lumens (intensidade luminosa) nas lâmpadas de potência mais elevada, tabelas 22, 23 e 24. Estima-se que o investimento total da mudança de luzes seja de 17.118,90 €. O impacto deste investimento pode ser amenizado se as luzes forem substituídas gradualmente, quando deixarem de funcionar adequadamente, ao invés de as substituir todas de uma só vez.

Tabela 22 - Comparação do tempo de vida

Lâmpada atual	Tempo de vida das luzes atuais	Tempo de vida LED	Fator do aumento de vida
Fluorescente T8 G13 18 W	13 000	40 000	3,08
Fluorescente T8 G13 36 W	8 000	40 000	5
Fluorescente T8 G13 58 W	20 000	40 000	2
Fluorescente compacta G23	8 000	50 000	6,25
Fluorescente compacta G24q	20 000	50 000	2,5
Halogéneo	2 000	15 000	7,5

Tabela 23 - Comparação da potência

Lâmpada atual	Potência atual	Potência LED	Poupança de Potência	Investimento total LED
Fluorescente T8 G13 18 W	18 W	10 W	44 %	287,91€
Fluorescente T8 G13 36 W	36 W	20 W	44 %	2 063,52 €
Fluorescente T8 G13 58 W	58 W	25 W	56 %	10 121,09 €
Fluorescente compacta G23	9 W	8 W	11 %	3 841,99 €
Fluorescente compacta G24q	26 W	24 W	7,6 %	757,89 €
Halogéneo	50 W	8 W	84 %	46,50 €

Tabela 24 - Comparação do fluxo luminoso

Lâmpada atual	Fluxo Luminoso	Fluxo Luminoso LED
Fluorescente T8 G13 18 W	1 050	1 050
Fluorescente T8 G13 36 W	3 250	2 500
Fluorescente T8 G13 58 W	5 000	3 700
Fluorescente compacta G23	600	1 600
Fluorescente compacta G24q	1 800	500
Halogéneo	460	720

Com a instalação de bancos de condensadores automáticos preparados para aumentar o fator de potência para 97%, é possível uma dupla poupança. O fator de potência médio, calculado através das faturas de eletricidade do ano de 2014, corresponde a uma $\text{tg } \varphi$ superior a 50% (escala 3) [69], o que se reflete numa penalização por uso excessivo de potência reativa correspondente ao valor monetário da energia reativa consumida fora dos períodos de vazio multiplicada por um fator igual a 3,00. Com um fator de potência de 97%, consegue-se um valor para a $\text{tg } \varphi$ menor do que 0,3, o que faz com que, no caso de clientes com contrato de baixa tensão especial (BTE), não seja faturada a energia reativa consumida nos períodos fora do vazio [69]. No caso em estudo, a maior parte da energia reativa consumida ocorria fora do vazio e correspondia a cerca de 64% da energia reativa total. Para além disto, para clientes BTE, a energia reativa consumida em períodos de vazio é faturada. Assim, corrigir o fator de potência para 97% permite uma poupança de energia reativa (em vazio) de 54%. Considerando apenas o preço por kVArh em vigor a esta data, pela EDP, de 0,0313 € [70], e o ganho referente à anulação da penalização por uso excessivo de energia reativa (sempre em escala 3), a poupança anual máxima estimada é de 11.401,00 €. Este valor permite amortizar o investimento em bancos de condensadores em menos de um ano, visto que o banco de condensadores automático selecionado, de 20 kVAr, composto por quatro baterias de 5kVAr cada, capaz de responder às necessidades do edifício inteiro, custa cerca de 1.843,00 € [71].

5.3.3 Melhorias da envolvente

Quanto à aplicação de isolamento exterior do tipo capoto em todo o edifício (exceto bar), com um custo de 30 €/m², espera-se um investimento estimado de cerca de 36.840,00 €. Este investimento deverá ser amortizado com o valor da poupança em aquecimento. Estima-se que esta poupança, possibilitada pela aplicação deste tipo de isolamento, se reflita numa redução do consumo energético, gasto em climatização, em cerca de 20% [72] e estima-se que o período de amortização seja de 10 anos [72].

Uma simulação, efetuada no web-site da SEEP [73], correspondente às novas janelas escolhidas, atribui-lhes classe energética A (instalação feita depois de 2010, com vidros duplos e caixilho em alumínio com corte térmico, de tipologia fixa ou batente). O mesmo simulador atribuiu à maior parte dos envidraçados presentes em Mangualde a classe energética F (instalação entre

1991 e 2000, com vidros simples e caixilho em alumínio, de tipologia fixa). Ao substituir os envidraçados nas zonas climatizadas, tabela 25, o que representa um investimento estimado de 62.255,00 € (sem IVA), espera-se uma poupança até 50% no consumo de energia associada às janelas [74].

Tabela 25 - Custo dos envidraçados sugeridos

Equipamento	Tipo	Custo
Vidro duplo térmico +caixilho de alumínio com corte térmico	Fixo	43 320,50 €
Vidro duplo térmico +caixilho de alumínio com corte térmico	De abrir	18 935,00 €

6 Apresentação das melhorias - Caso da Mêda

6.1 Identificação do potencial de melhorias

O gás propano, como foi mencionado anteriormente, representa 71% do consumo energético total do edifício (incluindo o complexo polidesportivo). Devido a este ser um combustível fóssil altamente poluente e proveniente do mercado externo, é uma prioridade substituir o uso deste combustível pelo uso de combustíveis mais amigos do ambiente e menos dependentes de fontes externas. Como o gás propano é usado para a maior parte dos processos de aquecimento do edifício (água da piscina, climatização do edifício e AQS), há uma boa margem de manobra quanto às medidas a propor.

Quanto à eletricidade, o consumo mais ineficiente regista-se no uso de lâmpadas cuja eficiência energética não é a mais desejada.

No campo da envolvente, os envidraçados aparentam proporcionar reduzido isolamento térmico, pelo que devem ser substituídos. Relembre-se ainda que parte da cobertura do edifício não contém isolamento, sendo só constituída por chapa de aço, o que promove perdas elevadas térmicas.

6.2 Apresentação de alternativas

6.2.1 Eliminação do consumo de gás propano

Para a eliminação do consumo de gás propano, sugere-se a troca do queimador da caldeira a gás propano para um queimador a biomassa, mais concretamente a pellets. Além disso, é também importante trocar a caldeira mural a gás propano, situada na cozinha, por uma caldeira a pellets. Assim, os equipamentos escolhidos para este efeito encontram-se na tabela 26.

Tabela 26 - Sugestão dos equipamentos a pellets

Equipamentos	Potência
Queimador a Pellets	300 kW
Caldeira a Pellets	43 kW

Coincidentemente, o sistema considerado para a substituição do queimador da caldeira é semelhante ao anteriormente descrito para o caso de Mangualde. Isto deve-se ao facto, comprovado através das faturas de gás propano de 2014, do consumo médio de gás propano,

na totalidade do edifício (incluindo polidesportivo e bar-restaurante), ser de cerca de 273 kWh. Assim, considera-se que um queimador de 300 kW é suficiente para as necessidades energéticas do edifício das piscinas municipais da Mêda. A caldeira a pellets a instalar na cozinha é pequena o suficiente para caber no espaço a ela destinado e, respeitando questões de higiene, pode conter no seu interior o silo necessário à sua utilização, sendo apenas necessário abrir a portinhola de acesso ao silo aquando da sua recarga.

Em adição às anteriores modificações, sugere-se ainda combinar o sistema de produção de AQS da sala das máquinas com energia solar térmica, cujo sistema será dimensionado para servir ambos os depósitos de AQS, ou seja, o sistema solar térmico em questão deve ter a capacidade de produção de 4000 litros de AQS. Os painéis solares situar-se-ão na cobertura da nave, que se encontra praticamente desimpedida. Este sistema combinado de produção de AQS deve dar prioridade ao sistema solar térmico, apenas usando a caldeira a pellets quando as condições climáticas não permitam ao sistema solar térmico produzir a totalidade da capacidade de AQS necessária. A tabela 27 resume os equipamentos selecionados.

Tabela 27 - Equipamentos constituintes do sistema solar proposto

Equipamento	Quantidade
Colectores solares térmicos (10 m ²)	6
Estruturas para os colectores (45°)	6
Grupo Hidráulico	1
Módulo AQS (permutador)	1
Controlador	1

6.2.2 Redução do consumo de eletricidade

No que toca à iluminação, é prioritário trocar as luzes de halogéneo por iluminação LED. Além disso, convém trocar as luzes fluorescentes T8 por lâmpadas tubulares LED e as luzes fluorescentes compactas por luminárias LED, tabela 28.

Tabela 28 - Sugestão de iluminação LED

Lâmpadas antigas	Lâmpadas novas
Fluorescente compacta 7 W (Luminária teto simples)	Luminária LED 4 W
Fluorescente compacta 7 W (Luminária parede simples)	Luminária LED 5W
Fluorescente compacta 9 W (Luminária teto simples)	Luminária LED 4 W
Fluorescente compacta 9 W (Luminária teto dupla)	Luminária LED 12 W
Fluorescente t8 58 W	Tubo LED 25 W
Halogéneo com refletor metálico 50 W	LED MR16 8 W
Halogéneo 75 W	LED E27 9,5 W

6.2.3 Melhorias da envolvente

Para diminuir as perdas térmicas, é necessário substituir os vidros duplos por vidros duplos com melhor desempenho térmico, bem como substituir os caixilhos de alumínio por caixilhos de alumínio com corte térmico, tabela 29.

Tabela 29 - Sugestão de envidraçados

Equipamento	Tipo	Área
Vidro duplo térmico + caixilho de alumínio com corte térmico	Fixo	376,02 m ²
Vidro duplo térmico + caixilho de alumínio com corte térmico	De abrir	14,90 m ²

Quanto à cobertura, a área de telhado constituída só por chapa de aço deve ser substituída por chapa de aço tipo “sandwich” com isolamento (neste caso considera-se isolamento térmico em poliuretano com 10 cm de espessura).

6.3 Estudo da viabilidade económica

6.3.1 Eliminação do consumo de gás propano

Estima-se, tendo em conta a bibliografia consultada [67] e cálculos simplificados efetuados, que a substituição do queimador da caldeira a gás propano para um queimador a pellets, em conjunto com a substituição da caldeira do bar por uma caldeira a pellets, resulte numa poupança de 60 %, ou seja, 34.310,00 € por ano (considerando os valores das faturas de 2014). O investimento total do sistema do queimador com a caldeira do bar é de cerca de 23.067,42 €, pelo que pode ser amortizado em menos de um ano. Como aconteceu no caso de Mangualde, há margem para investir num silo construído por medida, diminuindo o número de reabastecimentos diários do silo do queimador e evitando problemas com a compatibilidade de dimensões entre o silo e a sala das máquinas.

Tabela 30 - Custo dos equipamentos a pellets

Equipamentos	Investimento total
Sistema de substituição do queimador	17.256,90 €
Caldeira 43 kW, com instalação e IVA	5.810,52 €

Espera-se que a poupança relativa à implantação do sistema solar para produção de AQS seja de 75% [55] em relação ao gasto de gás para alimentar os dois depósitos, ou seja, estima-se que a poupança anual seja de 5,52 ton de gás propano (15% do consumo anual de gás propano em 2014, o que equivale a cerca de 11.258,84 €). O sistema solar em questão será constituído por 6 coletores solares térmicos, conseguindo um total de 55 m² de área de absorção, com respetivos apoios para o telhado, um módulo de produção de AQS para acumulação que inclui

um permutador de placas brasado e circuladores e um controlador com possibilidade de gestão do sistema solar e do sistema de biomassa (com prioridade para o solar). Estima-se que o custo total da implementação seja de 57.603,38 €, incluindo os equipamentos, os acessórios e a respetiva mão-de-obra.

6.3.2 Redução do consumo de eletricidade

Com a substituição das lâmpadas fluorescentes e de halogéneo usadas por lâmpadas LED equivalentes, tendo em conta as novas lâmpadas escolhidas [68], consegue-se uma diminuição da potência consumida por lâmpada (desde 29% nas lâmpadas fluorescentes compactas de 7 W até 87% nas lâmpadas de halogéneo), bem como um aumento em tempo de vida das lâmpadas, relativamente às atualmente usadas (desde 1,5 vezes nas lâmpadas fluorescentes compactas até 40 vezes mais no caso das lâmpadas de halogéneo). Verifica-se uma perda de lumens (intensidade luminosa) quase insignificante nas lâmpadas de potência mais elevada e um ganho de lumens nas lâmpadas de potência mais baixa. Apresenta-se a correspondente informação nas tabelas 31, 32 e 33. Estima-se que o investimento total na mudança de luzes seja de cerca de 25.319,44 €. Este investimento pode ser suavizado se as luzes forem substituídas gradualmente, quando deixarem de funcionar adequadamente, em vez de as substituir todas de uma só vez.

Tabela 31 - Comparação da potência

Lâmpadas atuais	Potência atual	Potência LED	Poupança de Potência	Investimento total LED
Fluorescente compacta 7 W (Luminária teto simples)	7 W	4 W	43 %	3 330,00 €
Fluorescente compacta 7 W (Luminária parede simples)	7 W	5W	29 %	876,82 €
Fluorescente compacta 9 W (Luminária teto simples)	9 W	4 W	56 %	55,50 €
Fluorescente compacta 9 W (Luminária teto dupla)	18 W	12 W	33 %	8 568,00 €
Fluorescente t8	58 W	25 W	57 %	12 346,67 €
Halogéneo com refletor metálico	50 W	8 W	84 %	108,50 €
Halogéneo	75 W	9,5 W	87 %	33,95 €

Tabela 32 - Comparação do tempo de vida

Lâmpadas atuais	Tempo de vida das luzes atuais	Tempo de vida LED	Fator do aumento de vida
Fluorescente compacta 7 W (Luminária teto simples)	10 000	15 000	1,5
Fluorescente compacta 7 W (Luminária parede simples)	10 000	15 000	1,5
Fluorescente compacta 9 W (Luminária teto simples)	10 000	15 000	1,5
Fluorescente compacta 9 W (Luminária teto dupla)	10 000	20 000	2
Fluorescente t8	13 000	40 000	3,1
Halogéneo com refletor metálico	2 000	15 000	7,5
Halogéneo	1 000	40 000	40

Tabela 33 - Comparação do fluxo luminoso

Lâmpadas atuais	Fluxo Luminoso	Fluxo Luminoso LED
Fluorescente compacta 7 W (Luminária teto simples)	400	420
Fluorescente compacta 7 W (Luminária parede simples)	400	370
Fluorescente compacta 9 W (Luminária teto simples)	600	420
Fluorescente compacta 9 W (Luminária teto dupla)	1 200	1 100
Fluorescente t8	4 000	3 700
Halógeno com refletor metálico	680	720
Halógeno	500	750

6.3.3 Melhorias da envolvente

Quanto à substituição da cobertura existente no edifício (exceto na nave) por chapa de aço tipo sandwich com isolamento térmico de poliuretano de 10 cm de espessura, com um custo de 43,88 €/m² (sem IVA, com instalação), espera-se um investimento estimado de 82.494,40 €. Este investimento deverá ser amortizado com o valor da poupança energética em aquecimento. Assim, com esta medida espera-se uma redução do consumo energético gasto em climatização de cerca de 40% e estima-se um período de amortização até 5 anos [72].

Quanto aos envidraçados, uma simulação, efetuada no web-site da SEEP [73], correspondente às novas janelas escolhidas, atribui-lhes classe energética A (instalação feita depois de 2010, com vidros duplos e caixilho em alumínio com corte térmico, de tipologia fixa ou batente). O mesmo simulador atribuiu às janelas atualmente presentes na Mêda a classe energética D (instalação entre 1991 e 2000, com vidros duplos e caixilho em alumínio, de tipologia fixa ou batente). Assim, ao substituir os envidraçados nas zonas climatizadas, o que representa um investimento total estimado de 91.699,60 € (sem IVA), espera-se uma poupança até 37,5 % no consumo de energia associada às janelas [74].

Tabela 34 - Custo dos envidraçados sugeridos

Equipamento	Tipo	Custo
Vidro duplo térmico +caixilho de alumínio com corte térmico	Fixo	86 484,60 €
Vidro duplo térmico +caixilho de alumínio com corte térmico	De abrir	5 215,00 €

7 Conclusões

Com este estudo, para estudar medidas de melhoria da eficiência energética dos edifícios das Piscinas Municipais de Mangualde e de Mêda, consegue-se perceber quais as maiores necessidades de remodelação dos edifícios e consegue-se ter uma ideia geral dos custos dessa intervenção, bem como uma exposição dos seus benefícios.

O gás natural representa a maior fatia da fatura energética das piscinas municipais de Mangualde. O consumo de gás poderá ser erradicado através da substituição do queimador da caldeira por um queimador a pellets. A situação da Mêda é semelhante, com o gás propano a dominar os valores das faturas energéticas, pelo que também se propõe a troca do queimador e da pequena caldeira para equipamentos equivalentes a pellets. Esta medida não só descarta o uso de combustíveis fortemente poluentes, como também acaba com a dependência energética de mercados externos, apresentando um período de amortização de menos de um ano.

Os sistemas solares térmicos propostos para a produção de AQS permitem poupar no uso de pellets, considerando que a medida de substituição é levada a cabo, o que promove um uso mais racional de recursos energéticos, embora o seu preço seja considerável. Ainda no campo das medidas de racionalização do uso de recursos, o isolamento na cobertura do edifício da Mêda, o isolamento das paredes do edifício de Mangualde e a substituição dos vidros nos dois edifícios representam um grande investimento, que se revela necessário à poupança de energia. Em Mangualde, a fatura de eletricidade pode baixar substancialmente com a aplicação de bancos de condensadores automáticos, que apresentam um tempo de amortização satisfatoriamente curto. A energia consumida pode ainda ser diminuída pela substituição das lâmpadas de ambos os edifícios (Mêda e Mangualde) por iluminação LED.

Ainda no campo do consumo de eletricidade, sugere-se, para Mangualde, a revisão do contrato efetuado com a entidade exploradora da mini produção solar, existente no telhado do edifício, no sentido de averiguar se seria benéfico para as piscinas municipais de Mangualde mudar o registo da unidade de produção para a Camara Municipal de Mangualde, desistindo do registo de mini produção para passar a enquadrar o regime jurídico da produção para auto consumo, conforme o disposto no Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de Outubro.

Lança-se ainda o apelo a que as piscinas da Mêda voltem a adquirir um módulo de desumidificação, para melhorar o conforto dos utentes e preservar as estruturas da nave.

Como nota final, é de lembrar que estes investimentos podem ser diminuídos no caso de serem subsidiados pelo Portugal 2020.

Bibliografia

- [1] “Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings,” *Off. J. Eur. Union*, pp. 13-35.
- [2] “Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.” [Online]. Available: <https://dre.pt/application/dir/pdf2sdip/2013/12/234000003/0002600031.pdf>. [Accessed: 17-Sep-2015].
- [3] “Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto.” [Online]. Available: <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2013/08/15900/0498805005.pdf>. [Accessed: 16-Sep-2015].
- [4] “Legislação | Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/sce/legislacao-0>. [Accessed: 16-Sep-2015].
- [5] “Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de outubro.” [Online]. Available: <https://dre.pt/application/file/58428682>. [Accessed: 16-Sep-2015].
- [6] A. P. Do Ambiente, *Guia Agenda 21 Local Um Desafio Para Todos*. 2007.
- [7] “Agenda 21 Local de Lisboa.” [Online]. Available: http://www.lisboaparticipa.pt/pages/agendaXXI.php/A=33___collection=cml_article. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [8] “Agenda Cascais 21 | Câmara Municipal de Cascais.” [Online]. Available: <http://www.cm-cascais.pt/sub-area/agenda-cascais-21>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [9] “Agenda 21 Local Guimarães.” [Online]. Available: <http://www.cm-guimaraes.pt/pages/118>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [10] “Agenda 21 Local S Joao da Madeira.” [Online]. Available: <http://www.cm-sjm.pt/413>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [11] “Agenda 21 Chaves.” [Online]. Available: <http://www.chaves.pt/Default.aspx?ID=65>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [12] “Câmara Municipal de Peso da Régua - Agenda 21 Local.” [Online]. Available: <http://www.cm-pesoregua.pt/?idedicao=51&idSeccao=794&Action=seccao>. [Accessed: 15-Sep-2015].

- [13] “Agenda 21 Vila Real.” [Online]. Available: <http://www.cm-vilareal.pt/index.php/agenda21>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [14] “Compromissos dos Municípios e Cidades Europeias para a Sustentabilidade | Agenda21Local Águeda em WordPress.com.” [Online]. Available: <https://agueda21.wordpress.com/agenda-21/compromissos-de-aalborg/>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [15] “Agenda 21 local monção.” [Online]. Available: http://www.cm-moncao.pt/porta1/page/moncao/porta1_municipal/AGENDA_21_LOCAL. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [16] “Agenda 21 Local - Município da Lousã.” [Online]. Available: http://www.cm-lousa.pt/Agenda_21_Local. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [17] “Agenda 21 Local Sever do Vouga.” [Online]. Available: http://www.cm-sever.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=154&Itemid=120. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [18] “Portal do Município de Pombal - Agenda 21 Local.” [Online]. Available: http://www.cm-pombal.pt/seu_municipio/consulta_agenda21/. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [19] “Agenda 21 Local.” [Online]. Available: <http://ecoguia.cm-mirandela.pt/index.php?oid=28>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [20] “Lipor - Com o Ambiente no Coração.” [Online]. Available: <http://www.lipor.pt/pt/sustentabilidade-e-responsabilidade-social/projetos-de-sustentabilidade/agenda-21-local/>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [21] “Portugal2020 - O que é o Portugal 2020.” [Online]. Available: <https://www.portugal2020.pt/Portal2020/o-que-e-o-portugal2020>. [Accessed: 14-Sep-2015].
- [22] “What is GPP - Green Public Procurement - Environment - European Commission.” [Online]. Available: http://ec.europa.eu/environment/gpp/what_en.htm. [Accessed: 14-Sep-2015].
- [23] “What is green public procurement? - Green Public Procurement - Environment - European Commission.” [Online]. Available: http://ec.europa.eu/environment/gpp/faq_en.htm. [Accessed: 14-Sep-2015].

- [24] “PNAEE 2016 - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética 2016 | ADENE - Agência para a energia.” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/programa/pnaee-2016-plano-nacional-de-acao-para-eficiencia-energetica-2016>. [Accessed: 14-Sep-2015].
- [25] “PNAER 2020 - Plano Nacional de Ação para as Energias | ADENE - Agência para a energia.” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/programa/pnaer-2020-plano-nacional-de-acao-para-energias>. [Accessed: 14-Sep-2015].
- [26] “O PNAEE 2016 e PNAER 2013-2020: Estratégias para a Eficiência Energética e Energias Renováveis.” [Online]. Available: http://www.apenergia.pt/uploads/docs/Apresentacao_Pedro_Cabral_Final.pdf. [Accessed: 14-Sep-2015].
- [27] “Environment Action Programme to 2020 - Environment - European Commission.” [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/environment/action-programme/>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [28] “7th EAP priority objectives - Environment - European Commission.” [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/environment/action-programme/objectives.htm>. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [29] “2020 climate & energy package - European Commission.” [Online]. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_en.htm. [Accessed: 15-Sep-2015].
- [30] F. Creutzig, J. C. Goldschmidt, P. Lehmann, E. Schmid, F. Von Blücher, C. Breyer, B. Fernandez, M. Jakob, B. Knopf, S. Lohrey, T. Susca, and K. Wiegandt, “Catching two European birds with one renewable stone: Mitigating climate change and Eurozone crisis by an energy transition,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 38, pp. 1015-1028, 2014.
- [31] “Buildings - European Commission.” [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>. [Accessed: 17-Sep-2015].
- [32] A. Kylili and P. a. Fokaides, “European smart cities: The role of zero energy buildings,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 15, pp. 86-95, 2015.
- [33] J. Zuo and Z. Y. Zhao, “Green building research-current status and future agenda: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 30, pp. 271-281, 2014.

- [34] L. Yang, H. Yan, and J. C. Lam, "Thermal comfort and building energy consumption implications - A review," *Appl. Energy*, vol. 115, pp. 164-173, 2014.
- [35] D. Ürge-Vorsatz, L. F. Cabeza, S. Serrano, C. Barreneche, and K. Petrichenko, "Heating and cooling energy trends and drivers in buildings," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 85-98, 2015.
- [36] R. J. Cole and L. Fedoruk, "Shifting from net-zero to net-positive energy buildings," *Build. Res. Inf.*, vol. 43, no. 1, pp. 111-120, 2014.
- [37] M. Ferreira, M. Almeida, A. Rodrigues, and S. M. Silva, "Comparing cost-optimal and net-zero energy targets in building retrofit," *Build. Res. Inf.*, vol. 2030, no. August 2015, pp. 1-14, 2014.
- [38] E. Annunziata, F. Rizzi, and M. Frey, "Enhancing energy efficiency in public buildings: The role of local energy audit programmes," *Energy Policy*, vol. 69, pp. 364-373, 2014.
- [39] S. Trendafilova, T. B. Kellison, and L. Spearman, "Environmental Sustainability in Sport Facilities in East Tennessee," *J. Facil. Planning, Des. Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 1-10, 2014.
- [40] D. A. Katsaprakakis, "Comparison of swimming pools alternative passive and active heating systems based on renewable energy sources in Southern Europe," *Energy*, 2015. [Online]. Available: http://ac.els-cdn.com/S0360544215000298/1-s2.0-S0360544215000298-main.pdf?_tid=026e9992-5a3b-11e5-86cf-00000aab0f6c&acdnat=1442164699_d7bec66571ab137f9a2bbdead6e86f97. [Accessed: 13-Sep-2015].
- [41] W. Kampel, B. Aas, and A. Bruland, "Characteristics of energy-efficient swimming facilities - A case study," *Energy*, vol. 75, pp. 508-512, 2014.
- [42] "Portugal2020 - Candidaturas Abertas." [Online]. Available: <https://www.portugal2020.pt/Portal2020/Candidaturas-abertas-auto>. [Accessed: 17-Sep-2015].
- [43] A. C. Faria, *PISCINAS - Instalações de tratamento de água*, CADERNOS T. Lisboa: Divisão de Infraestruturas Equipamentos Desportivos - Instituto Português do Desporto e Juventude, I. P., 2012.
- [44] "What is BIOMASS?" [Online]. Available: http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=76,15049&_dad=portal. [Accessed: 29-Sep-2015].

- [45] “O que são pellets? Vantagens.” [Online]. Available: [http://www.prestenergia.com/ficheiros/conteudos/files/pellets\(1\).pdf](http://www.prestenergia.com/ficheiros/conteudos/files/pellets(1).pdf). [Accessed: 29-Sep-2015].
- [46] “ZANTIA - Inspired by Comfort!” [Online]. Available: <http://www.zantia.com/products/?product=285>. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [47] “Troca de queimador - Biomassa - SolarWaters.” [Online]. Available: <http://www.solarwaters.pt/biomassa/troca-de-queimador>. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [48] “BIOMASSA INDUSTRIAL - Biomassa - SolarWaters.” [Online]. Available: <http://www.solarwaters.pt/biomassa/biomassa-industrial#a1>. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [49] “BOMBA DE CALOR - SolarWaters.” [Online]. Available: <http://www.solarwaters.pt/bomba-de-calor#a1>. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [50] “Nazeleno.cz.” xBizon.
- [51] “Can you use heat pumps in cold climates? - HowStuffWorks.” [Online]. Available: <http://home.howstuffworks.com/home-improvement/heating-and-cooling/heat-pumps-in-cold-climates.htm>. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [52] “Tabela de Capacidades.” [Online]. Available: http://www.zantia.com/products_files/03/060/020/11/TabelaCapacidades_PT-PT.pdf. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [53] “Desenho e Dimensões.” [Online]. Available: http://www.zantia.com/products_files/03/060/020/11/DesenhoeDimensoes_PT-PT.pdf. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [54] “Combinações Modulares.” [Online]. Available: http://www.zantia.com/products_files/03/060/020/11/Combina%C3%A7%C3%B5esModulares_PT-PT.pdf. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [55] Junkers, “Sistemas Solares Térmicos Junkers - julho.” 2014.
- [56] “Dimensionar Sistema Solar Térmico AQS - Clima Instalador.” [Online]. Available: <http://climainstalador.net/dimensionar-sistemas-solares-aqs/>. [Accessed: 29-Sep-2015].

- [57] “Solar Térmico .” [Online]. Available: http://www.disterm.pt/files/_SOLAR_TERMICO_PT_4a0d52331dc64.pdf. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [58] “Ficha Técnica.” [Online]. Available: http://vulcano-pt.resource.bosch.com/media/vulcano/documenta__o/fichas_tecnicas/2014_6/FICHA_TECNICA_FKT-2_W.pdf. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [59] “What is an LED? | LED Lighting Systems | Lighting Answers | NLPiP.” [Online]. Available: <http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/led/whatIsAnLED.asp>. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [60] “LEDs Will Get Even More Efficient: Cree Passes 300 Lumens Per Watt - Forbes.” [Online]. Available: <http://www.forbes.com/sites/peterdetwiler/2014/03/27/leds-will-get-even-more-efficient-cree-passes-300-lumens-per-watt/>. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [61] U.S. Department of Energy, “Energy Efficiency of LEDs - Building Technologies Program Solid state Lighting Fact Sheet,” *Energy Effic. Reneveble Energy*, vol. PNNL-SA-94, pp. 1-4, 2013.
- [62] “High-Intensity Discharge.” [Online]. Available: <http://www.lrc.rpi.edu/resources/publications/lpbh/063HighIntensityDischarge.pdf>. [Accessed: 29-Sep-2015].
- [63] “Apresentação | Compensação de Energia Reativa | ck_Eficiência Energética.” [Online]. Available: <http://critical-kinetics.pt/Compensacao-de-E.-Reativa/compensacao-de-reactiva-apresentacao.html>. [Accessed: 30-Sep-2015].
- [64] “The Power Factor Correction Capacitor - What it Does.” [Online]. Available: <http://www.the-power-factor-site.com/Powerfactorcorrectioncapacitor.html>. [Accessed: 30-Sep-2015].
- [65] “Power Factor Correction: a guide for the plant engineer.” [Online]. Available: <http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@electrical/documents/content/sa02607001e.pdf>. [Accessed: 30-Sep-2015].
- [66] “Eficiencia energética nos edifícios residenciais.” [Online]. Available: http://www2.adene.pt/pt-pt/Actividades/Documents/EE_EdRes_enerbuilding.pdf. [Accessed: 30-Sep-2015].

- [67] “LusoSol.com - Queimador pellets para caldeiras de aquecimento central.” [Online]. Available: http://www.lusosol.com/queimador_pellets.htm. [Accessed: 02-Oct-2015].
- [68] PHILIPS, “PHILIPS Iluminação LED - Julho.” 2015.
- [69] “Novas regras de faturação da energia reativa.” [Online]. Available: <https://www.edp.pt/pt/empresas/informacoesuteis/Pages/novasRegrasEnergiaReativa.aspx>. [Accessed: 28-Sep-2015].
- [70] “Tarifas de Baixa Tensão Especial.” [Online]. Available: <http://www.edpsu.pt/pt/tarifasehorarios/Pages/TarifasBTE.aspx>. [Accessed: 28-Sep-2015].
- [71] “Price list. Technical manual 2014.” [Online]. Available: http://www.cydesa.com/download/cydesa_2014_lp.pdf. [Accessed: 28-Sep-2015].
- [72] ACEPE and ITeCons, “Guia da Reabilitação Térmica de Edifícios com Aplicação em EPS.” 2014.
- [73] “Simulador de Eficiência Energética de Janelas.” [Online]. Available: <http://www.seep.pt/pt-PT/Produtos/Documents/Simulador/simulador.aspx>. [Accessed: 28-Sep-2015].
- [74] “Páginas - SEEP Janelas.” [Online]. Available: <http://www.seep.pt/pt-PT/Particulares/Paginas/par-janelas.aspx>. [Accessed: 28-Sep-2015].

Anexo - Inquérito sobre eficiência energética em piscinas públicas nacionais

Eficiência Energética em Piscinas Municipais Cobertas

O presente questionário insere-se na dissertação de mestrado com título "Medidas de redução de consumos energéticos em piscinas públicas: estudo de casos" e tem como objetivo recolher dados que ajudem a caracterizar o sector das piscinas públicas municipais cobertas. Os dados que peço não estão presentes em nenhum estudo publicado, assim, o preenchimento do questionário pode ser relevante para o conhecimento do sector.

Agradeço desde já o tempo que vai disponibilizar no seu preenchimento.

Dados gerais

Município a que pertence a piscina

Morada da piscina

Ano de entrada em funcionamento da piscina

Volume total do(s) tanque(s), em metros cúbicos

Área total da superfície do(s) tanque(s), em metros quadrados

Aquecimento de água do(s) tanque(s)

Qual o sistema de aquecimento da água do(s) tanque(s)?

- Caldeira a gás propano
- Caldeira a gás natural
- Caldeira a gasóleo
- Caldeira a pellets
- Bomba de calor
- Outra:

Existe apoio de um sistema solar térmico?

- Sim
- Não

Temperatura da água do(s) tanque(s) nos períodos de funcionamento da piscina, em °C

Temperatura da água do(s) tanque(s) fora dos períodos de funcionamento da piscina, em °C

Aquecimento das águas quentes sanitárias

O sistema de aquecimento de águas quentes sanitárias é comum com o sistema de aquecimento da água do(s) tanque(s)?

- Sim
- Não

Qual o sistema de aquecimento de águas quentes sanitárias? (responder se respondeu “Não” na pergunta anterior)

- Caldeira a gás propano
- Caldeira a gás natural
- Caldeira a gasóleo
- Caldeira a pellets
- Bomba de calor
- Outra:

Existe apoio de um sistema solar térmico?

- Sim
- Não

Existe cobertura da piscina?

- Sim
- Não

Perfil de utilização da piscina

Número médio de horas de funcionamento da piscina, por semana

- Menos de 20
- Entre 20 e 40
- Entre 40 e 60
- Mais de 60

Número médio de utilizadores da piscina, por dia

- Menos de 50
- Entre 50 e 100
- Entre 100 e 150
- Mais de 150

Climatização da nave da piscina

A nave da piscina é climatizada?

- Sim
- Não

Processos de climatização da nave da piscina (responder se respondeu que a nave é climatizada)

- Aquecimento
- Arrefecimento
- Desumidificação
- Apenas ventilação
- Outra:

O sistema de aquecimento do ar da nave (se aplicável) é comum com algum dos sistemas de aquecimento referidos anteriormente? (responder se respondeu que a nave é climatizada)

- Sim
- Não

Equipamentos empregues na climatização da nave da piscina (responder se respondeu que a nave é climatizada)

- Caldeira a gás propano
- Caldeira a gás natural
- Caldeira a gasóleo
- Caldeira a pellets
- Bomba de calor
- Chiller
- Outra:

Temperatura do ar da nave nos períodos de funcionamento da piscina, em °C

Temperatura do ar da nave fora dos períodos de funcionamento da piscina, em °C

Iluminação

Existe um tipo predominante de iluminação?

- Sim
- Não

Tipo predominante de iluminação (responder se respondeu “Sim” na pergunta anterior)

- LED
- Fluorescente com balastro eletromagnético

- Fluorescente com balastro elétrico
- Halogéneo
- Descarga
- Outra:

Considera que o aproveitamento da luz natural no edifício é relevante na poupança de energia?

- Sim
- Não

Envolvente

Tipo(s) de caixilharia

- Janelas de alumínio ou aço
- Janelas de madeira ou PVC
- Fachadas - cortina de alumínio ou aço

Tipo(s) de vidros

- Vidro simples
- Vidro duplo

A cobertura do edifício possui isolamento térmico?

- Sim
- Não
- Em parte

As paredes possuem isolamento térmico?

- Sim
- Não
- Em parte

O pavimento térreo possui isolamento térmico?

- Sim
- Não
- Em parte

Opinião final

Considera que o edifício é energeticamente eficiente?

- Sim
- Não

