

# Estudo da redução de consumos energéticos de uma Piscina Municipal

Francisco Manuel Pereira Moreira

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em  
Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica

11 de novembro de 2015



Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projecto/Estágio do 2º ano do Mestrado  
em Energias Sustentáveis

Candidato: Francisco Manuel Pereira Moreira, N° 1070225, 1070225@isep.ipp.pt  
Orientação Científica: Professor Doutor Roque Filipe Mesquita Brandão, rfb@isep.ipp.pt

Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis  
Departamento de Engenharia Mecânica



11 de novembro de 2015



*À minha família, à minha querida noiva e à Kaya...*



## *Agradecimentos*

Ao Professor Doutor Roque Brandão, pela sua disponibilidade e orientação.

À entidade que forneceu os dados da auditoria para a presente dissertação.

Ao colega Engenheiro Joaquim Gomes, pela experiência transmitida, apoio e colaboração.



## *Resumo*

As cada vez mais importantes questões ambientais levam à imprescindibilidade da eficiência energética, sendo que esta tem cada vez mais importância a nível mundial. Deste modo, a eficiência energética, quer por uma obrigação legal (devido aos níveis de consumo) quer por questões de estatuto no mercado (imagem de uma empresa amiga do ambiente), está bem presente no mundo industrial.

Portugal apresenta, no que diz respeito à situação energética, uma forte dependência externa, acima dos 70 %. Em 2012, informação disponível pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), o consumo total de energia primária era de 21.482 ktep e mais de 55 % desse consumo era proveniente de origem fóssil. Os setores que apresentam maiores consumos de eletricidade por setor de atividade são a Indústria e o setor de Serviços, onde estão presentes os edifícios com consumos perto dos 33 %.

De forma a promover a eficiência energética e implementar a utilização racional de energia foram criados programas, estratégias e legislação que permitiram incentivar a diminuição dos consumos de energia nos edifícios de serviço. Uma das metodologias implementadas passa pela gestão de energia, ou seja, para atuar é necessário conhecer os fluxos de energia de um edifício. As auditorias energéticas permitem realizar um levantamento e análise desses mesmos fluxos, com o desígnio de identificar oportunidades de racionalização de consumo de energia.

Nesta dissertação foi realizado um estudo da redução de consumos energéticos de uma piscina municipal baseado em dados de uma auditoria energética. Através da auditoria foi possível obter um resultado do exame energético, caracterizar o perfil real de utilização da energia elétrica e caracterizar os equipamentos dos consumidores energéticos instalados. Também permitiu realizar um levantamento térmico, de forma conhecer as temperaturas e a humidade relativa do edifício.

Por fim, são apresentadas cinco medidas e algumas recomendações de eficiência energética, que permitem uma redução do consumo anual à instalação de cerca de 20%. Procedeu-se,

também, a uma análise dos dados obtidos na auditoria, de forma a identificar algumas oportunidades de racionalização de energia.

***Palavras-Chave***

Eficiência energética, energia, auditoria energética, piscina, oportunidade de racionalização de energia.

## *Abstract*

The increasingly important environmental issues lead to the indispensability of energy efficiency, and this is becoming increasingly important worldwide. Hence whether legal obligations (consumption levels) or from market perception (greenwashing) energy efficiency is on the industrial mind frame.

Portugal's energy panorama showcased a country with a 70 % foreign energy input. According to information made available by the "Direção Geral de Energia e Geologia" (Energy and Geology General Board) in 2012 the total primary energy consumption in Portugal was of 21.482 ktep of which 55 % was fossil fuels. The sectors with the highest energy consumptions is the Service (including buildings) and Industry sectors with values close to 33 % of the total national consumption.

In order to promote energy efficiency and rational use of energy programs were created, legislation and strategies were delineated to reduce energy consumption in service buildings. One of these strategies is to be aware of the energy fluxes of the building itself. Energy audits are key to understanding the peak energy fluxes and identifying opportunities to ration energy, and reduce its consumption.

The purpose of this dissertation was an in depth study on how to reduce energy consumption of a municipal swimming pool through data obtained from an energy audit. Through this audit a profile was built that characterized the real energy consumption of the building furthermore providing information as well of temperature and relative humidity of the building.

Finally five measures and proposals about energy efficiency are presented that allows an annual reduction consumption in the facility, in order of 20 %. Also, it was made an analysis of data obtained in the audit, in order to identify some opportunities of energy rationalization.

### ***Keywords***

Energy efficiency, energy, energy audit, swimming pool, energy conservation opportunity.



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>II</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XII</b>
<b>NOMENCLATURA</b> .....	<b>XIII</b>
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Contextualização .....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.3. Organização do relatório.....	2
2. PANORAMA ENERGÉTICO .....	3
2.1. Situação energética portuguesa.....	6
2.1.1. Energias Renováveis .....	9
2.2. Legislação em vigor.....	10
2.3. Estratégia Nacional para a Eficiência Energética .....	14
2.4. Conclusões.....	16
3. AUDITORIAS ENERGÉTICAS .....	19
3.1. Objetivos e Tipos de Auditorias Energéticas .....	19
3.2. Metodologia das Auditorias Energéticas .....	21
3.2.1. Planeamento .....	21
3.2.2. Trabalho de campo.....	21
3.2.3. Tratamento de informação .....	22
3.2.4. Elaboração do relatório final .....	23
3.3. Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn).....	23
3.4. Conclusões.....	24
4. CASO DE ESTUDO .....	25
4.1. Caracterização do edifício .....	25
4.2. Utilização da energia .....	26
4.2.1. Descrição.....	26
4.2.2. Energia Elétrica.....	26
4.2.3. Gás Natural .....	28
4.2.4. Energia total .....	30
4.2.5. Emissões de dióxido de carbono .....	32
4.2.6. Indicador de eficiência energética efetivo .....	33
4.3. Indicador de desempenho energético .....	34
4.4. Análise dos principais consumidores de energia .....	35
4.4.1. Sistema de Aquecimento e Ventilação .....	36
4.4.2. Produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS).....	38
4.4.3. Aquecimento da água da piscina .....	38
4.4.4. Circulação de água das piscinas e filtragem .....	39
4.4.5. Sistemas de iluminação .....	40
4.4.6. Outros equipamentos.....	45
4.5. Resultado do Exame Energético .....	46
4.5.1. Consumos de Energia Elétrica .....	46
4.5.2. Quadro Geral.....	46
4.5.3. Quadro da Mecânica .....	47
4.5.4. Quadro Elétrico Ar Condicionado.....	48
4.5.5. Consumos de energia térmica.....	48
4.5.6. Avaliação das condições de temperatura ambiente .....	50
4.5.7. Avaliação do rendimento da caldeira .....	52
4.5.8. Desagregação dos consumos .....	54

4.6.	Conclusões.....	54
5.	MEDIDAS E RECOMENDAÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	57
5.1.	Medidas de eficiência energética.....	58
5.1.1.	Medida 1 – Substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 por lâmpadas tubulares LED.....	58
5.1.2.	Medida 2 – Instalação de sensores de movimento nos banheiros.....	59
5.1.3.	Medida 3 – Instalação de caldeira a Pellets.....	60
5.1.4.	Medida 4 – Instalação de sistema solar térmico para aquecimento das AQS.....	60
5.1.5.	Medida 5 – Instalação de Painéis Fotovoltaicos.....	61
5.2.	Recomendações de eficiência energética.....	63
5.2.1.	Recomendação 1 – Colocação de cobertura isotérmica nas piscinas durante os períodos de encerramento das piscinas ao público.....	63
5.2.2.	Recomendação 2 – Revisão das bombas de circulação da piscina.....	63
5.2.3.	Recomendação 3 – Substituição e colocação de isolamentos térmicos nas tubagens.....	63
5.2.4.	Recomendação 4 – Revisão e renegociação dos contratos de fornecimentos de energia.....	64
5.3.	Conclusões.....	65
6.	CONCLUSÃO.....	67
	<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....</b>	<b>69</b>

## Índice de Figuras

Figura 1	Fornecimento a nível mundial de energia primária [1] .....	4
Figura 2	Fornecimento a nível mundial de energia primária por região [1] .....	5
Figura 3	Consumo a nível mundial de energia primária por região [1] .....	5
Figura 4	Taxa de dependência energética Portuguesa [3] .....	6
Figura 5	Comparação do consumo total de energia primária entre 2005 e 2012 [4] .....	7
Figura 6	Comparação do consumo total de energia final entre 2005 e 2012 [4] .....	8
Figura 7	Comparação do consumo de eletricidade por setor de atividade entre 2005 e 2012 [4] .....	8
Figura 8	Evolução da produção de origem FER por regiões [5] .....	9
Figura 9	Contribuição das ER em 2013 [5] .....	10
Figura 10	Evolução legislativa Portuguesa .....	13
Figura 11	Os três eixos da eficiência energética .....	15
Figura 12	Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por área .....	15
Figura 13	Metas atingir em 2020 da UE e Portugal [13] .....	16
Figura 14	Exemplo de alguns equipamentos de medição .....	22
Figura 15	Imagem de uma piscina municipal .....	26
Figura 16	Evolução mensal do consumo de energia elétrica em kWh – 2013 .....	27
Figura 17	Repartição anual do consumo de energia elétrica por períodos horários .....	28
Figura 18	Desagregação do consumo/custo de energia por períodos horários .....	28
Figura 19	Evolução anual do consumo de gás natural em m <sup>3</sup> .....	29
Figura 20	Evolução do consumo de energia em kWh <sub>EP</sub> - 2013 .....	31
Figura 21	Repartição do consumo anual de energia em kWh - 2013 .....	31
Figura 22	Repartição do consumo anual de energia em kWh <sub>EP</sub> - 2013 .....	32
Figura 23	Repartição do custo anual de energia - 2013 .....	32
Figura 24	Caldeiras .....	37
Figura 25	Unidade de tratamento de ar .....	37
Figura 26	Unidade de expansão direta .....	38
Figura 27	Permutador de calor da piscina .....	39
Figura 28	Bomba de circulação .....	39
Figura 29	Bombas de tratamento .....	40
Figura 30	Iluminação da nave .....	41
Figura 31	Iluminação dos balneários .....	41
Figura 32	Iluminação da nave .....	41
Figura 33	Iluminação na secretaria .....	42
Figura 34	Repartição do consumo de energia e potência instalada por piso .....	44
Figura 35	Quantidade instalada por tipo de lâmpada .....	44
Figura 36	Potência instalada por tipo de lâmpada .....	45
Figura 37	Consumo anual estimado por tipo de lâmpada .....	45
Figura 38	Diagrama de cargas do Quadro Geral .....	46
Figura 39	Diagrama de cargas do Quadro da Mecânica .....	47
Figura 40	Diagrama de cargas do Quadro Elétrico Ar Condicionado .....	48
Figura 41	Potência térmica do circuito de AQS – 1ª medição .....	49
Figura 42	Potência térmica do circuito de AQS – 2ª medição .....	49
Figura 43	Temperatura na nave .....	50
Figura 44	Temperatura na Nave e no Exterior .....	51
Figura 45	Potência térmica produzida pela caldeira .....	53
Figura 46	Desagregação dos consumos .....	54
Figura 47	Exemplo de tubagens sem isolamento térmico .....	64
Figura 48	Exemplo de tubagens com isolamento térmico degradado .....	64



## *Índice de Tabelas*

Tabela 1	Energia elétrica faturada em 2013 .....	27
Tabela 2	Faturação mensal de gás natural no ano de 2013 .....	29
Tabela 3	Consumo total de energia no ano 2013 .....	30
Tabela 4	Emissões de dióxido de carbono .....	33
Tabela 5	Área do Edifício .....	34
Tabela 6	Indicador de desempenho energético da piscina .....	35
Tabela 7	Caracterização das caldeiras.....	36
Tabela 8	Caracterização das Unidades de Tratamento de Ar.....	37
Tabela 9	Características das bombas de circulação da água das piscinas .....	40
Tabela 10	Levantamento da iluminação – Piso 1 .....	42
Tabela 11	Levantamento da iluminação – Piso 0.....	43
Tabela 12	Resumo dos resultados das medições elétricas .....	46
Tabela 13	Resumo dos resultados das medições de temperatura .....	51
Tabela 14	Resumo dos resultados das medições da humidade .....	52
Tabela 15	Cálculo da Eficiência da Caldeira .....	53
Tabela 16	Desagregação dos consumos elétricos.....	54
Tabela 17	Tarifa de venda.....	57
Tabela 18	Tabela resumo da medida 1 .....	59
Tabela 19	Tabela resumo da medida 2.....	59
Tabela 20	Tabela resumo da medida 3.....	60
Tabela 21	Tabela resumo da medida 4.....	61
Tabela 22	Tabela resumo da medida 5.....	62
Tabela 23	Resumo das medidas de eficiência energética identificadas .....	62



# *Nomenclatura*

## **Abreviaturas**

AE	–	<i>Auditoria Energética</i>
AQS	–	<i>Águas Quentes Sanitárias</i>
CO2	–	<i>Dióxido de Carbono</i>
CQNUAC	–	<i>União Europeia e do Protocolo de Quioto da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas</i>
DGEG	–	<i>Direção Geral de Energia e Geologia</i>
ECO.AP	–	<i>Programa Eficiência Energética na Administração Pública</i>
EE	–	<i>Eficiência Energética</i>
ENE2020	–	<i>Estratégia Nacional para a Energia 2020</i>
FEE	–	<i>Fundo de Eficiência Energética</i>
FER	–	<i>Fontes Energia Renovável</i>
GEE	–	<i>Gases com Efeito de Estufa</i>
HR	–	<i>Humidade Relativa</i>
IEA	–	<i>International Energy Agency</i>
IEE	–	<i>Indicador de Eficiência Energética</i>
IVA	–	<i>Imposto de Valor Acrescentado</i>
LED	–	<i>Led Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)</i>
OECD	–	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>

ORC	– <i>Oportunidades de Racionalização de Consumos</i>
PCI	– <i>Poder Calorífico Inferior</i>
PNAC	– <i>Programa Nacional para as Alterações Climáticas</i>
PNAEE	– <i>Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética</i>
PNAER 2020	– <i>Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis</i>
PQ	– <i>Perito Qualificado</i>
PREn	– <i>Plano de Racionalização de Consumo de Energia</i>
RCCTE	– <i>Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios</i>
RECS	– <i>Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços</i>
REH	– <i>Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação</i>
RGCE	– <i>Regulamento de Gestão do Consumo de Energia</i>
RSECE	– <i>Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios</i>
SCE	– <i>Sistema de Certificação Energética dos Edifícios</i>
SGCIE	– <i>Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia</i>
TM	– <i>Técnico de Instalação e Manutenção</i>
UE	– <i>União Europeia</i>
URE	– <i>Utilização Racional de Energia</i>
UTAN	– <i>Unidade de Tratamento de Ar Novo</i>

## Unidades

€	–	<i>Euro</i>
€/ano	–	<i>Euros por ano</i>
€/kWh	–	<i>Euro por kilowatt hora</i>
€/m <sup>3</sup>	–	<i>Euros por metro cúbico</i>
CO <sub>2</sub>	–	<i>Dióxido de carbono</i>
GWh	–	<i>Gigawatt hora</i>
h	–	<i>Hora</i>
kg/ano	–	<i>Kilograma por ano</i>
kg/m <sup>3</sup>	–	<i>Kilograma por metro cúbico</i>
kgCO <sub>2</sub> /kWh	–	<i>Kilograma de dióxido de carbono por kilowatt hora</i>
ktep	–	<i>Kilograma de toneladas equivalentes de petróleo</i>
kVArh	–	<i>Kilovolt-Ampere reativo por hora (energia reativa)</i>
kW	–	<i>Kilowatt</i>
kWh	–	<i>Kilowatt hora</i>
kWh/ano	–	<i>Kilowatt hora por ano</i>
kWh/m <sup>2</sup>	–	<i>Kilowatt hora por metro quadrado</i>
kWh <sub>EP</sub> /kWh	–	<i>Kilowatt-hora energia primária por kilowatt hora</i>
Lm/W	–	<i>Lumen por Watt</i>
m	–	<i>Metro</i>
m <sup>3</sup> /h	–	<i>Metro cúbico por hora</i>

Mtoe	– <i>Million of tonnes of oil equivalent (Milhões de toneladas equivalentes de petróleo)</i>
MWh	– <i>Megawatt hora</i>
°C	– <i>Grau Celsius</i>
tep	– <i>Tonelada Equivalente de Petróleo</i>
tep/ano	– <i>Tonelada Equivalente de Petróleo por ano</i>
tep/hab	– <i>Tonelada Equivalente de Petróleo por Habitante</i>
tep/M€	– <i>Tonelada Equivalente de Petróleo por Milhões de Euros</i>
ton	– <i>Tonelada métrica</i>
ton/ano	– <i>Tonelada métrica por ano</i>
W	– <i>Watt</i>
Wp	– <i>Watt-pico</i>





# 1. Introdução

## 1.1. Contextualização

A presente dissertação, Estudo da redução de consumos energéticos de uma Piscina Municipal, foi elaborada de acordo com dados reais provenientes da realização de uma auditoria a uma instalação municipal, mais especificamente a uma piscina.

Por motivos de confidencialidade, tanto o edifício auditado - a piscina municipal, como a empresa que prestou o serviço da auditoria energética serão deixados em anonimato.

## 1.2. Objetivos

Pretende-se que seja realizado um levantamento e uma análise de forma a caracterizar os consumos energéticos de uma piscina municipal, com vista a compreender a forma como está a ser usada a energia consumida. Pretende-se, também, uma melhoria da eficiência energética através da identificação de oportunidades de racionalização de consumos e os seus benefícios económicos. Desta forma, os objetivos deste estudo são os seguintes:

- Objetivo e enquadramento de uma auditoria;
- Análise dos consumos energéticos;
- Apresentação de medidas e recomendações para redução dos consumos de energia e;
- Análise de custos e proveitos associados à implementação das medidas propostas.

### **1.3. Organização do relatório**

A presente dissertação está organizada em seis capítulos.

O primeiro capítulo pretende contextualizar e apresentar os objetivos do trabalho. É ainda feita uma abordagem relativamente à estrutura da dissertação.

No capítulo dois é realizada uma abordagem ao panorama energético de Portugal. Inicialmente conta com uma pequena introdução da situação energética a nível mundial. É de igual forma feita uma abordagem a documentos da legislação nacional no âmbito da energia, eficiência energética e edifícios. É realizada, também, uma referência a algumas estratégias nacionais no âmbito da eficiência energética.

No terceiro capítulo apresenta e definir-se-á os objetivos de uma auditoria energética em geral. Tem como intuito demonstrar os tipos de auditorias energéticas comuns, suas metodologias e referir alguns equipamentos usados.

No capítulo quatro é realizado um estudo e análise dos diversos dados obtidos da auditoria energética, tal como, informações da facturação e equipamentos presentes no edifício, bem como o resultado do exame energético da piscina municipal.

O capítulo cinco pretende, depois de realizado o trabalho de campo, proceder a uma análise aos dados obtidos da auditoria, de forma a identificar possíveis oportunidades de eficiência energética.

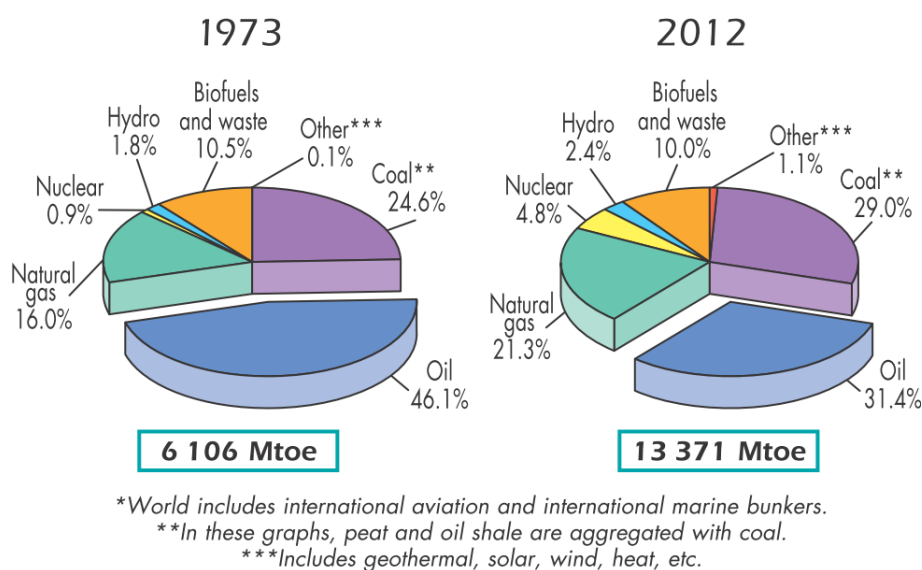
Por fim, no sexto e último capítulo é realizada uma síntese do estudo realizado, apresentando as conclusões do mesmo.

## 2. Panorama Energético

As cada vez mais importantes questões ambientais levam à imprescindibilidade da eficiência energética, sendo que esta tem cada vez mais importância a nível mundial. Deste modo, a eficiência energética, quer por uma obrigação legal (devido aos níveis de consumo) quer por questões de estatuto no mercado (imagem de uma empresa amiga do ambiente), está bem presente no mundo industrial.

Antes de iniciar-se a abordagem ao cerne da questão que motiva o desenvolvimento deste projeto, é importante uma breve análise sobre o consumo de energia a nível mundial e, especificamente, em Portugal.

O consumo de energia aumentou significativamente durante o século XX devido aos reduzidos preços dos combustíveis fósseis, tal como o petróleo, carvão e o gás natural [1]. Como se pode verificar na figura 1, o consumo da energia primária aumentou mais de 50 pontos percentuais entre 1973 e 2012 [1]. No gráfico da figura 1 é possível verificar um aumento da utilização do gás natural e do carvão em 5,3 e 4,4 pontos percentuais, respetivamente [1]. Por sua vez, a obtenção do petróleo sofreu um decréscimo acentuado, cerca de 14,7 pontos percentuais [1]. Para além deste decréscimo positivo, a procura de energias renováveis subiu [1]. Na conclusão da análise desta estatística é evidente o excessivo uso dos combustíveis fósseis.



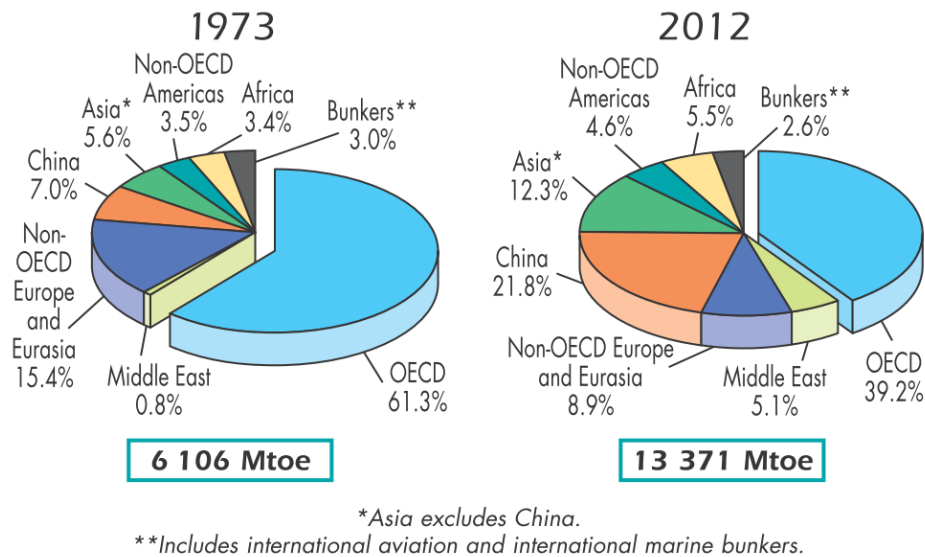
**Figura 1 Fornecimento a nível mundial de energia primária [1]**

O principal responsável pela maior parte do fornecimento da energia primária a nível mundial é a *Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*<sup>1</sup>. Em 1973, esta contava com cerca de 61,3 % do fornecimento mundial, tendo, em 2012, apresentado um decréscimo de 22,1 pontos percentuais [1]. Apesar de tudo, esta organização mantém-se a líder atual no fornecimento da energia primária [1].

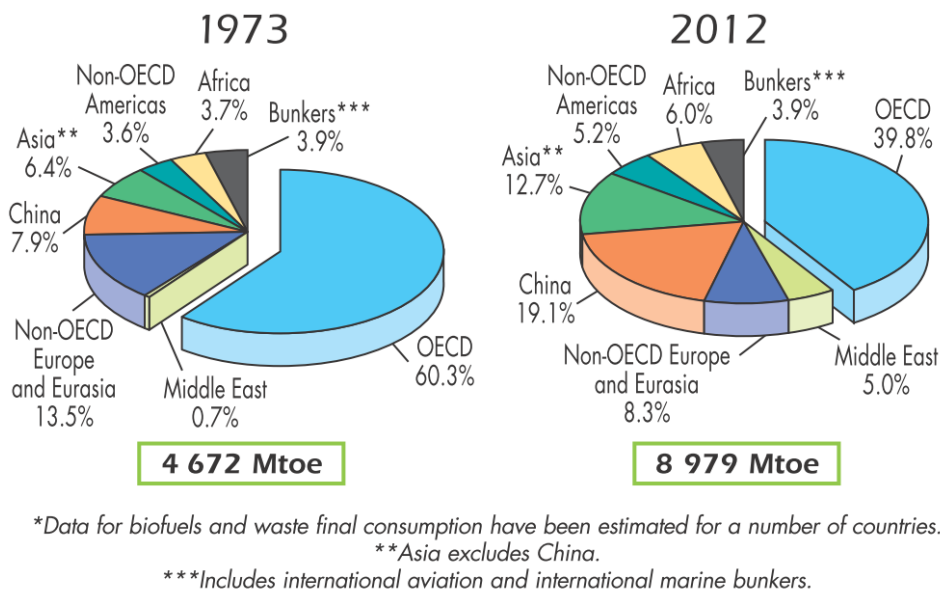
Através do gráfico da figura 2, é possível verificar um acréscimo expressivo da China, com uma subida de 14,8 pontos percentuais [1]. Estes importantes registos de aumentos e reduções nos fornecimentos de energia primária por parte da OECD e da China foram de igual forma perceptíveis no consumo. Como é possível observar na figura 3, a OECD teve uma redução de 20,5 pontos percentuais, enquanto a China, contrariamente, aumentou o seu consumo em 11,2 pontos percentuais, sendo assim um dos países a liderar o consumo da energia primária a nível mundial [1].

---

<sup>1</sup> OECD: Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, República Checa, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Polónia, Portugal, Espanha, República Eslovaca, Coreia do Sul, Suécia, Suíça, Turquia, Reino Unido, E.U.A.



**Figura 2 Fornecimento a nível mundial de energia primária por região [1]**



**Figura 3 Consumo a nível mundial de energia primária por região [1]**

O consumo excessivo de energia oriunda de combustíveis fósseis provoca problemas ambientais, tais como o efeito de estufa e a destruição da camada do ozono. O Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) é um dos principais gases responsáveis pelo efeito de estufa, permanecendo na atmosfera entre 50 a 200 anos. De referir que, segundo *International Energy Agency* (IEA), através do *World Energy Outlook 2011* refere que o setor da energia é, em 2010, responsável por 65 % das emissões de gases de efeito de estufa prevendo que, em 2035, poderá atingir os 75 % [2]. Essas mesmas projeções indicam que o impacto ambiental irá aumentar significativamente na China até 2035 [2].

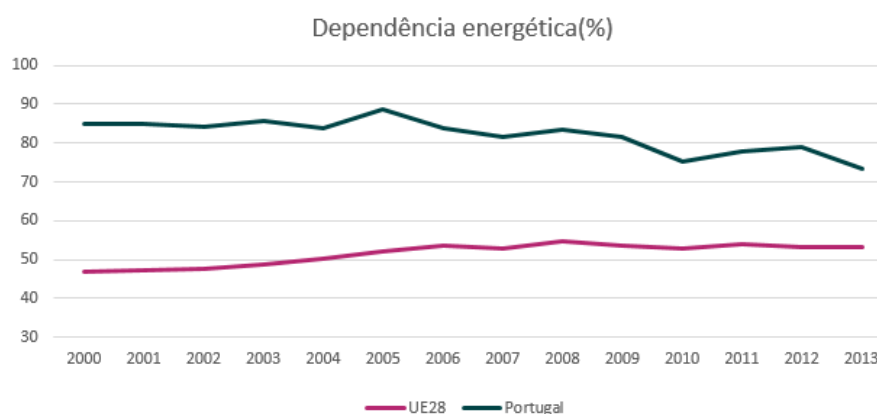
Na entrada do séc. XXI, o preço aumentou devido à escassez da energia primária e o impacto ambiental tem vindo aumentar gradualmente [2]. Por estas razões torna-se importante reverter esta situação, procurando alternativas.

Atualmente, a situação energética mundial é bastante poluente e economicamente desvantajosa.

## 2.1. Situação energética portuguesa

A situação energética portuguesa não é a mais desejável, caracterizando-se por uma forte dependência externa, de cerca de 73,5 % em 2013. O facto de Portugal apresentar um valor alto quando comparado com o da União Europeia (UE) deve-se à necessidade de importação dos recursos de origem fóssil que utilizamos como fonte energética. Este valor, contudo, já foi bem superior, como aconteceu em 2005, em que a dependência energética rondava os 88,6 %. Pode-se afirmar que, este decréscimo de 15,1 pontos percentuais deveu-se à divulgação do conceito de eficiência energética (EE), que ocorreu nos últimos anos, através de políticas, medidas e promoção da produção de energia através de fontes de energias renováveis, evitando-se, assim, a importação de combustíveis de origem fóssil.

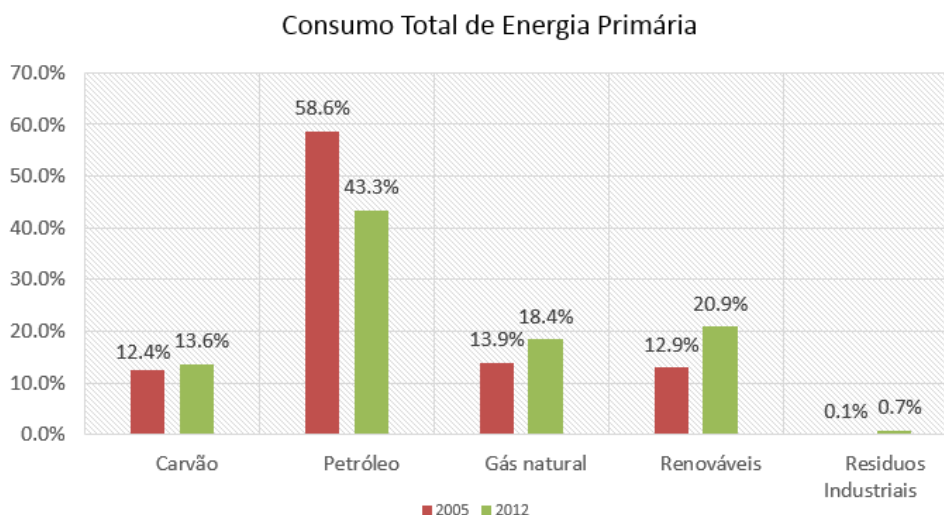
A figura 4 esclarece a forma como a taxa de dependência energética de Portugal e da União Europeia evoluiu ao longo do século XXI [3].



**Figura 4 Taxa de dependência energética Portuguesa [3]**

Segundo dados fornecidos pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), o consumo total de energia primária foi de 21.482 ktep em 2012. Este valor significa que existiu um decréscimo comparando com o ano homólogo, que atingiu um valor de 22.110 ktep. O gráfico presente na figura 5 demonstra a comparação entre os dados de 2005 e os dados de

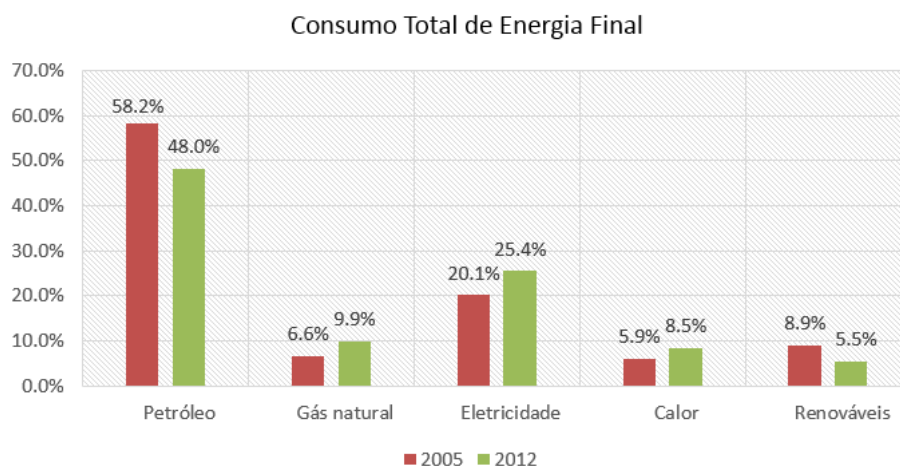
2012, sendo este o gráfico mais recente publicado pela DGEG. A comparação com o ano 2005 deve-se ao facto de ter sido o ano em que se verificou o maior índice de dependência energética dos últimos anos [4].



**Figura 5 Comparação do consumo total de energia primária entre 2005 e 2012 [4]**

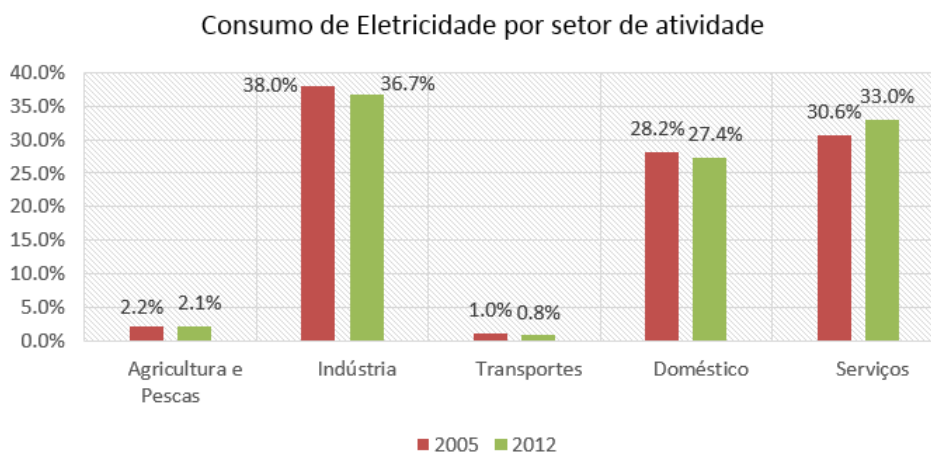
Perante estes dados, é importante realçar a descida significativa (15,3 pontos percentuais) do petróleo e derivados do petróleo de 2005 para 2012, embora continue a desempenhar um papel preponderante no setor da energia primária. Por sua vez, as renováveis, no sentido contrário do petróleo, apresentam uma subida durante este grande período de tempo, subindo cerca 8 pontos percentuais. Por sua vez, o gás natural e o carvão apresentam também subidas de 4,5 e 1,2 pontos percentuais, respetivamente.

O consumo total de energia final atingiu, em 2012, cerca de 15.600 ktep, sendo possível corroborar um decréscimo comparando com o período homólogo, que contava com cerca de 16.494 ktep. Comparando com o ano 2005, como se pode observar na figura 6, constata-se igualmente uma descida de consumo, visto que o consumo total de energia final neste ano foi de 19.579 [4].



**Figura 6 Comparação do consumo total de energia final entre 2005 e 2012 [4]**

No que concerne ao consumo de eletricidade por setor de atividade em Portugal, as diferenças entre 2005 e 2012 não são significativas. Pode verificar-se no gráfico da figura 7 que a indústria, os edifícios de serviços e o setor doméstico são quem representa o maior consumo de eletricidade.



**Figura 7 Comparação do consumo de eletricidade por setor de atividade entre 2005 e 2012 [4]**

Em 2012, a indústria apresenta consumos a rondar os 17.296 GWh, que representam 36,7% do consumo total de eletricidade por setor de atividade. O consumo de eletricidade total nesse período foi cerca de 47,1 GWh [4].

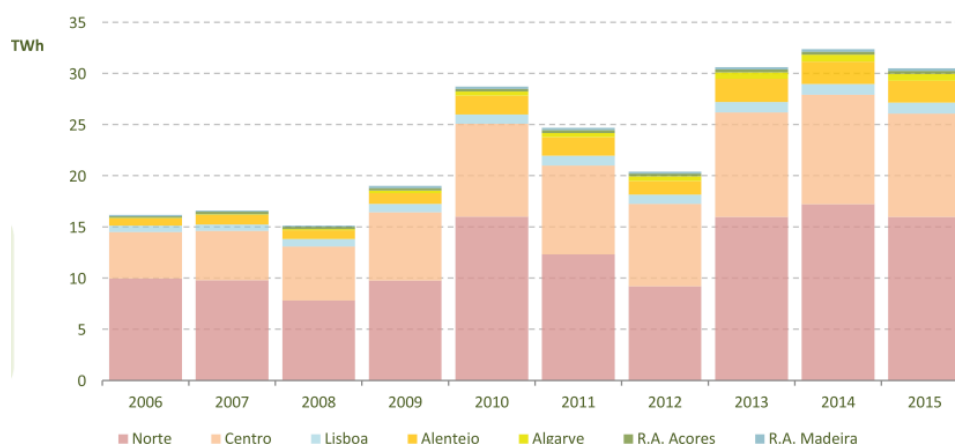
Portugal apresenta em 2012, com base em 2011, uma intensidade energética em energia final (quociente entre a energia final e o PIB) de 92 tep/M€ (2011), o que se traduz numa baixa eficiência energética [4]. Outros indicadores realçados são o consumo de eletricidade e o de energia final per capita, sendo de 4,4 tep/hab e 1,5 tep/hab respetivamente [4].

### 2.1.1. Energias Renováveis

As energias renováveis têm-se assumido ao longo dos anos como uma alternativa, isto é, no que diz respeito à dependência energética as renováveis podem e têm tido um papel de alguma importância, pois permitiram reduzir a dependência do exterior no setor energético e certamente terá mais espaço para no futuro se expandir.

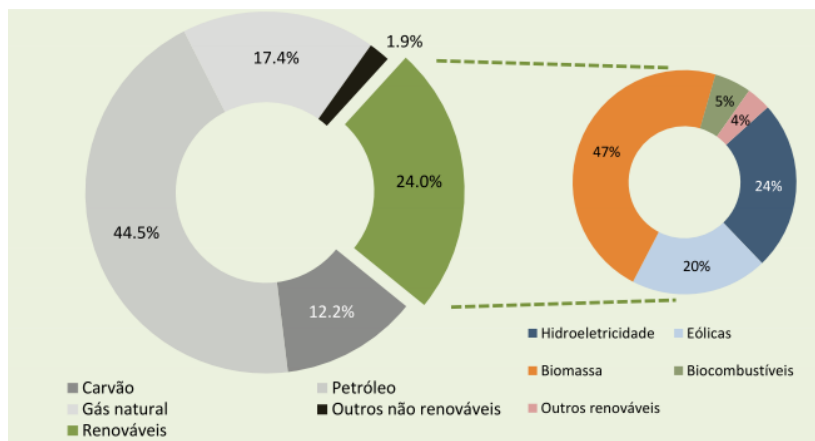
Segundo dados fornecidos pela DGEG, é perceptível perceber que existiu um aumento significativo, cerca do dobro, da produção de energia elétrica por fonte de energias renováveis comparando o ano de 2006 com o de 2014, com 16.188 GWh e 32.356 GWh respetivamente, como se verifica na figura 8. Referir ainda que, o recurso hídrico é responsável por grande parte da produção, contando com cerca de 16.440 GWh em 2014.

É possível afirmar, ainda, que mais de 80 % da produção de origem de Fontes Energia Renovável (FER) ocorre nas regiões Norte e Centro do país, como se pode observar na figura 8 [5].



**Figura 8 Evolução da produção de origem FER por regiões [5]**

As energias renováveis representaram em 2013 cerca de 24 % do consumo de energia final, ou seja, cerca de 5.220 ktep. De forma a perceber e compreender a contribuição das energias renováveis no consumo de energia final é apresentada a figura 9.



**Figura 9 Contribuição das ER em 2013 [5]**

Como se pode verificar, através da desagregação dos 24 % das energias renováveis do consumo de energia final, é possível conhecer quais foram as fontes que mais contribuíram. Os principais contributos das fontes de energia renovável foram da biomassa, com 47 %, da hidroelectricidade, com 24 %, e da eólica, com 20 %. Por sua vez, os biocombustíveis contribuíram com 5 % para as FER.

Desta forma, é essencial inverter a instabilidade energética presente em Portugal através da exploração de novos sectores energéticos, medidas que procurem promover a EE e limitação das emissões de CO<sub>2</sub>, sendo que, este último, é um indicador de enorme importância ambiental.

Perante estes factos, quer a nível mundial quer a nível nacional, num futuro próximo, é primordial que algumas das alternativas passem por diminuir o uso intensivo das fontes de energia de origem fóssil e explorar fontes de energia renovável, procurando um aumento da EE em todo o sistema elétrico através da Utilização Racional de Energia (URE).

## 2.2. Legislação em vigor

Do ponto de vista legislativo, é clara a importância e o esforço que é dado ao setor da energia, através de regulamentações e programas com o intuito de promover a eficiência energética. Dessa forma, é possível referir alguns documentos que foram importantes na implementação da eficiência energética nos edifícios de serviço.

Um dos primeiros passos que contribuiu para esse objetivo foi a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia de 16 de Dezembro de 2002. Este documento tinha como intenção promover a melhoria do Desempenho Energético dos

Edifícios na Comunidade (Energy Performance of Buildings Directive - EPBD), tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como as exigências em matéria de clima interior e a rentabilidade económica. Na diretiva são mencionados alguns requisitos estabelecidos que devem de ser respeitados, tais como:

- Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação;
- Certificação energética dos edifícios e;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos [6].

De forma a implementar a nível nacional a Diretiva Europeia acima referida, foi transposto para o direito nacional pelos Decretos-Lei 78/2006, 79/2006 e 80/2006, aprovados em 4 de Abril. O Decreto-Lei 78/2006 aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). O Decreto-Lei 79/2006 aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).

De forma a combater o excesso de consumo de energia para satisfazer o conforto térmico nos edifícios, foi aprovado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) no Decreto-Lei 80/2006. O RCCTE foi o primeiro instrumento legal que impôs requisitos no âmbito de implementar a eficiência nos edifícios [7].

Já em 2013, foi publicado o Decreto-Lei 118/2013, de 20 de Agosto, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que engloba o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, e revoga o Decreto-Lei 78/2006, de 4 de Abril, o Decreto-Lei 79/2006, de 4 de Abril, e

o Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril. A transposição para o direito nacional da Diretiva 2010/31/EU, gerou a oportunidade de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos, que visam reforçar o quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios, à luz das metas e dos desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020, reformulado o regime estabelecido pela Diretiva 2002/91/CE [8].

De acordo com o Decreto-Lei 118/2013, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) abrange: “... *os edifícios ou frações existentes de comércio e serviços: a) Com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m<sup>2</sup> , ou 500 m<sup>2</sup> no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas; ou b) Que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 500 m<sup>2</sup> ou, a partir de 1 de julho de 2015, superior a 250 m<sup>2</sup>...*” [8].

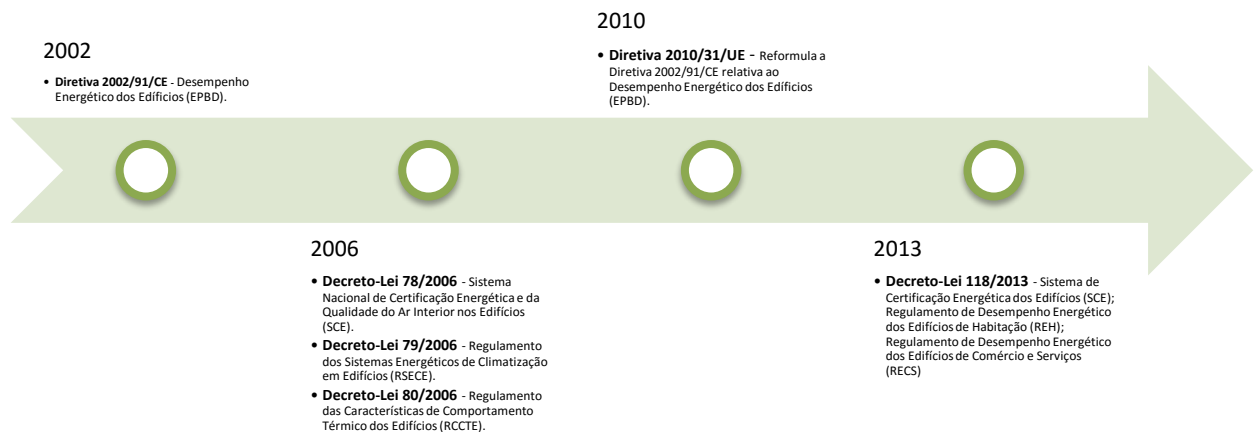
Ainda, o Decreto-Lei n.º 58/2013, publicado a 20 de agosto, aprova os requisitos de acesso e de exercício da atividade de Perito Qualificado (PQ) para a certificação energética e de Técnico de Instalação e Manutenção (TIM) de edifícios e sistemas, conformando-o com a disciplina do Decreto-Lei 9/2009, de 4 de Março, que transpôs a Diretiva n.º 2005/36/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 7 de Setembro, relativa ao reconhecimento das qualificações profissionais.

Com aprovação do Decreto-Lei 118/2013 e do 58/2013 foram também aprovadas várias Portarias e Despachos, que são apresentados seguidamente:

- Portarias:
  - **REH** - Requisitos
  - **RECS** - Requisitos e metodologias
  - **SCE** - Funcionamento do SCE
  - **Ventilação e Qualidade do Ar Interior** - Requisitos e Metodologias
  - **Licenciamento** - Procedimentos Licenciamento e folhas de cálculo
  - **Formação** - Regulamento de Formação de técnicos

- Despachos:
  - **Geral** – Dados Climáticos
  - **Geral** – Fatores conversão
  - **Geral** – Quantidade Energias Renováveis
  - **Geral** – Viabilidade Económica
  - **REH** – Determinação das necessidades
  - **REH** – Metodologias de cálculo
  - **REH/RECS** – Regras simplificação
  - **RECS** – Receção instalações
  - **SCE** – Classificação Energética
  - **SCE** – Layout certificados
  - ... [9].

De uma forma geral, é possível verificar na figura 10 um resumo dos documentos importantes que contribuíram para evolução legislativa em Portugal referente aos edifícios.



**Figura 10 Evolução legislativa Portuguesa**

### **2.3. Estratégia Nacional para a Eficiência Energética**

O PNAEE foi aprovado na Resolução do Conselho de Ministros 80/2008. Este contém um maior número de medidas e programas para que Portugal alcance as metas fixadas pela Diretiva 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril. Entre essas medidas pode encontrar-se medidas que permitam uma melhoria de eficiência energética equivalente a 10 % do consumo final de energia até 2015, cerca de 1.792 ktep [10].

A 20 de Maio foi criado o Fundo de Eficiência Energética (FEE), através do Decreto-Lei n.º 50/201. Este fundo tem como objetivo apoiar programas e ações que suportem as medidas previstas no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) [11].

A Resolução de Conselho de Ministros 29/2010 adapta a nova estratégia para a energia e vem atualizar a Resolução de Conselho de Ministros 169/2005, de 24 de Outubro, que outrora aprovou a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE2020) e reformulou o Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE) [10].

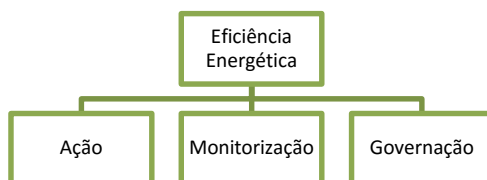
Em 2010, a Resolução do Conselho de Ministros 93/2010 consolida e reforça o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (antigo PNAC 2006), agora intitulado de PNAC 2020. Este contém novas medidas que visam o cumprimento das obrigações de Portugal perante a União Europeia e do Protocolo de Quioto da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC) [10].

Em 2012, foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros 67/2012 o Programa Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP) que tem como objetivo criar condições que possibilitem o desenvolvimento de uma política de eficiência energética na Administração Pública, comprometendo-se a reduzir os seus consumos de energia em 30 % [12].

Em 2013, a Resolução do Conselho de Ministros 20/2013 publicada serve com o intuito de definir o Plano Nacional para Eficiência Energética (PNAEE 2016) e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER 2020), que são instrumentos de planeamento energético que estabelecem o modo de alcançar as metas e os compromissos internacionais assumidos por Portugal em matéria de eficiência energética e de utilização de energia proveniente de fontes renováveis.

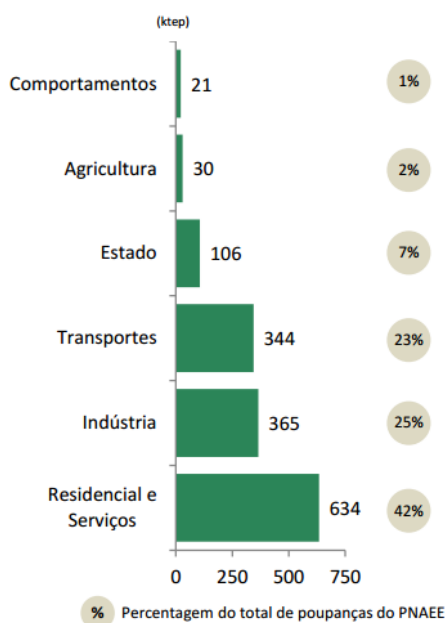
No que diz respeito ao PNAEE 2016, a meta é de reduzir até 2016 cerca de 1501 ktep, cerca de 8,2 pontos percentuais do consumo energético, com base no consumo entre 2001 e 2005.

Esta eficiência energética é com base em três eixos de atuação, como pode verificar-se na figura 11.



**Figura 11 Os três eixos da eficiência energética**

O PNAEE 2016 tem como objetivo apresentar poupanças por áreas, sendo que as mais relevantes são: Residencial e Serviços, Indústria e Transportes. O Plano tem como objetivo atingir uma poupança de energia final de 42 %, 25 % e 23 % respetivamente. Concretamente no setor Residencial e Serviços, a meta total de redução é de 634,265 tep. Através da desagregação em percentagens dos impactos neste setor é espectável que os equipamentos e a iluminação eficientes, por exemplo, permitam uma redução de energia final de 30 e 15 pontos percentuais, respetivamente [13]. A figura 12 apresenta o resumo das poupanças por área.



**Figura 12 Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por área**

O PNAER2020 aposta nas fontes de energia renovável para que, em 2020, representem 31 % de toda a energia consumida e 60 % da eletricidade consumida. As linhas de ação são focadas no cumprimento da meta de 10 % no eixo dos transportes e na identificação das tecnologias que devem ter prioridade de entrada no sistema, como é o caso da produção de energia elétrica proveniente das fontes de energia renovável (FER) [14].

É possível verificar, na figura 13, as metas da União Europeia para 2020, tal como para Portugal. Para além destas metas, é possível observar as metas do Governo, que revelam alguma ambição para além das metas da EU [13].

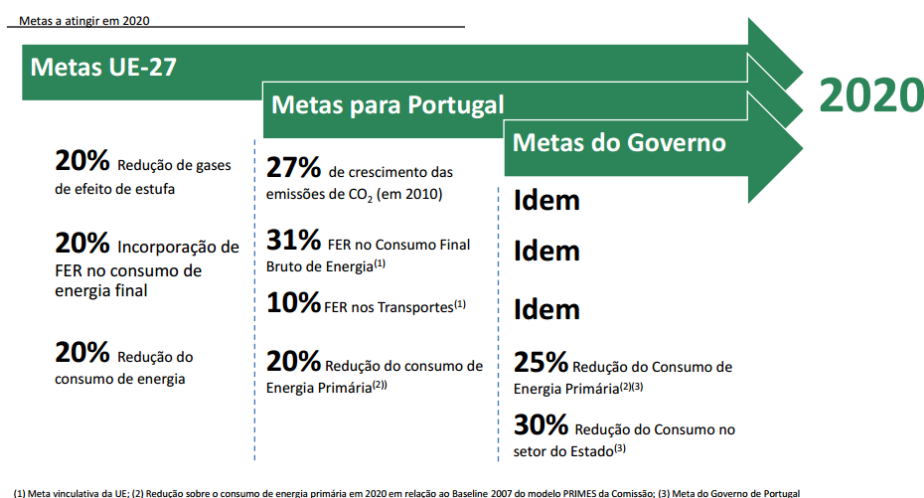


Figura 13 Metas atingir em 2020 da UE e Portugal [13].

## 2.4. Conclusões

Mundialmente, o consumo de energia aumentou significativamente durante o século XX devido aos reduzidos preços dos combustíveis fósseis. O principal responsável pela maior parte do fornecimento da energia primária a nível mundial é OECD.

Nos últimos anos a dependência energética de Portugal apresentou uma descida considerável, caracterizando-se por um decréscimo de 15,1 pontos percentuais entre 2005 e 2013. Alguns dos fatores que contribuíram para esta redução externa dos combustíveis fósseis foi a aposta nas energias renováveis e pela imposição de estratégias energéticas, que obrigaram à implementação de sistemas mais eficientes. As renováveis apresentaram uma subida significativa, contribuindo com cerca de 24% do consumo de energia final em 2013, sendo que a biomassa é a fonte de energia renovável mais recorrente. No que concerne ao

consumo de eletricidade por setor de atividade, os principais consumidores são a indústria e os serviços, onde estão inseridos os edifícios.

Do ponto de vista legislativo, é clara a importância e o esforço que é dado ao setor da energia. O Decreto-Lei 118/2013 é o mais recente que apresenta um conjunto de medidas com o intuito de promover a eficiência energética, onde estão inseridos o SCE, REH e o RECS.



# 3. Auditorias Energéticas

Atualmente, tanto no setor dos Edifícios de Serviço como na Indústria, a gestão de energia é uma filosofia de extrema importância. A auditoria energética (AE) é um processo de levantamento e análise dos fluxos de energia de um edifício. A análise desses mesmos fluxos permite identificar as Oportunidades de Racionalização de Consumos de energia (ORC's), de forma a promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de uma instituição.

## 3.1. Objetivos e Tipos de Auditorias Energéticas

A auditoria energética consiste num processo que deve obedecer a uma sequência correta de forma a obter um conhecimento profundo da instalação a analisar. A auditoria energética visa a análise crítica acerca da forma como a energia é utilizada, fazendo um estudo posterior das possíveis mudanças a incrementar no sentido de ocorrerem reduções nos consumos energéticos em algumas áreas [15].

Este processo de avaliação pode exigir alguns dias, dependendo do tipo de auditoria a ser efetuada.

Os tipos de auditorias podem variar conforme o que é pretendido obter das mesmas. Existem auditorias que efetuam uma avaliação vaga e mais focada nos equipamentos ou processos de

maior consumo, envolvendo assim poucas medições, designada de “*The Walk-Through Audit*”. Para uma apreciação mais profunda realiza-se uma auditoria com o intuito de identificar e caracterizar os consumos por setor, processo e equipamento. Este tipo de análise permite perceber de uma forma detalhada onde estão presentes os maiores fluxos de energia, tal como recomendações que procurem contrariar esse excesso de consumo e análise económica de investimentos, isto é, o custo-benefício das medidas de conservação de energia implementadas [15].

Uma auditoria energética tem como objetivos [15][16]:

- Quantificar os consumos e custos por forma de energia;
- Examinar o modo como a energia é utilizada na instalação;
- Analisar o desempenho térmico do local a auditar;
- Analisar as características e o estado da envolvente térmica do edifício;
- Relacionar o consumo de energia com a produção, determinando um indicador energético de grande relevância, o consumo específico de energia;
- Examinar detalhadamente o modo como a energia é utilizada;
- Identificar situações de desperdício de energia;
- Determinar o indicador de eficiência energética (IEE) do edifício a auditar;
- Propor medidas corretivas e analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Propor, no caso de ainda não existir, um sistema organizado de gestão de energia.

Perante os resultados obtidos na auditoria, é possível perceber se a instalação auditada é abrangida pelo Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE). O SCCIE foi aprovado no Decreto-lei 71/2008 com o objetivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia. De acordo com o mesmo documento, no ponto 3 do 2º artigo “*O regime previsto no presente decreto -lei não se aplica aos edifícios que se encontrem sujeitos aos regimes previstos nos*

*Decretos-Leis 78/2006, 79/2006 e 80/2006, de 4 de Abril, exceto nos casos em que os edifícios se encontrem integrados na área de uma instalação consumidora intensiva de energia” [17].*

### **3.2. Metodologia das Auditorias Energéticas**

Geralmente, uma auditoria energética compreende quatro fases:

- Planeamento e preparação;
- Trabalho de campo;
- Tratamento da informação e;
- Elaboração do relatório com formulação das recomendações e um Plano de Racionalização Energética (PRE) sempre que seja necessário.

#### **3.2.1. Planeamento**

O planeamento é a fase inicial de uma auditoria energética sendo crucial para a realização de um trabalho de qualidade. Esta consiste no preenchimento prévio de um questionário por parte da empresa e uma visita prévia ao local. Isto permitirá obter alguns dados da empresa, prever o tempo necessário para a realização da auditoria, seleccionar os auditores necessários para a realização da mesma, quer em quantidade quer em nível de especialização, e identificar o material de medição necessário. Nesta fase procede-se, sobretudo, à recolha de informação, análise de dados como por exemplo, faturas energéticas ou características construtivas dos edifícios. [18].

#### **3.2.2. Trabalho de campo**

A fase de trabalho de campo compreende [18]:

*(...) a recolha de toda a informação possível e útil para a elaboração do relatório, começando por fazer todas as medições necessárias à identificação das possibilidades reais de economias de energia, analisando as operações ou os equipamentos mais consumidores de energia (...).*

Nesta fase deve ter-se especial atenção aos instrumentos de medida com precisão desconhecida ou duvidosa e a todas as situações passíveis de correção. A duração desta fase

de trabalho varia entre uma a duas semanas dependendo do nível de profundidade da auditoria [18].

Existem vários equipamentos que são importantes durante o processo da AE. Esses equipamentos podem ser a nível de segurança, como luvas de proteção física ou de tensão, ou a nível técnico, como os equipamentos de medição. No que diz respeito a equipamentos de medição estão incluídos, por exemplo: analisador de energia, pinça amperimétrica, luxímetro, data logger de temperatura/humidade, entre outros. A figura 14 demonstra alguns dos equipamentos de medição usados.



**Figura 14 Exemplo de alguns equipamentos de medição**

### **3.2.3. Tratamento de informação**

Na terceira fase, designada de tratamento da informação, toda a informação recolhida nas fases anteriores deverá ser organizada e tratada, no sentido de definir um conjunto de indicadores quantitativos que permitam uma rigorosa avaliação do desempenho energético da instalação.

Através de ferramentas de *software* com a informação recolhida das medições é possível determinar o perfil de utilização, isto é, diagramas de carga, da instalação em geral e dos principais equipamentos. Permite de igual forma uma melhor compreensão da instalação/edifício a auditar através da desagregação geral dos consumos, quer seja por setor ou equipamento. [16].

A eficiência energética dos equipamentos maiores consumidores de energia também deverão ser analisados e comparados com outros equipamentos comercializados que apresentem bons rendimentos. Quando detetadas as situações de má utilização de energia, o auditor estudará as possíveis soluções a implementar para corrigir as anomalias [18].

#### **3.2.4. Elaboração do relatório final**

A elaboração do relatório final, a última fase de uma auditoria energética, não é mais do que apresentar, ao cliente, tudo o que foi analisado nas fases anteriores de uma forma organizada, clara e concisa, ou seja, apresentar perfeitamente a situação energética da instalação.

Este deverá conter um sumário executivo, onde são brevemente apresentados os resultados alcançados e as recomendações, permitindo ao leitor uma visão global do relatório. Em suma, e embora os relatórios sejam afetados pelo tipo de atividade profissional e pela própria instalação, há elementos que devem ser transversais a todos eles [18]:

- Objetivos e enquadramento da auditoria;
- Identificação da instalação;
- Contabilidade energética;
- Análise dos equipamentos de produção, distribuição e utilização de energia e;
- Descrição e análise da viabilidade económica de medidas de poupança de energia [18][16].

### **3.3. Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn)**

O plano de racionalização do consumo de energia (PREn), segundo a Agência para a Energia (ADENE), define-se como: *“O Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn) deve estabelecer metas relativas às intensidades energéticas e carbónica e ao consumo específico de energia, devendo incluir obrigatoriamente medidas que visem a racionalização do consumo de energia.”*

O PREn é elaborado com base nas auditorias energéticas obrigatórias, sendo que as mesmas são indispensáveis quando apresentam consumos superiores a 500 tep/ano. A periodicidade das auditorias é dividida em duas categorias. Numa primeira, onde o consumo está

compreendido entre 500 e 1000 tep/ano, a periodicidade é de 8 anos, devendo a primeira auditoria ser realizada no ano seguinte ao do registo na ADENE. A outra categoria abrange os consumidores superiores aos 1000 tep/ano, com periodicidade de 6 anos, devendo a primeira auditoria ser realizada no prazo de quatro meses após o registo. O Plano deve, também, estabelecer as metas relativas à intensidade energética e carbónica. Quanto à intensidade energética, para consumidores acima dos 1000 tep é exigida uma melhoria mínima do indicador de 6 % em 6 anos e, se inferior a 1000 tep, é de 4 % em 8 anos. Quanto à intensidade carbónica, é exigida, no mínimo, a manutenção dos valores históricos.

No que diz respeito às medidas que são apresentadas no relatório das auditorias obrigatórias, a filosofia de implementação deve de ser a seguinte:

- Nos primeiros três anos, de todas as medidas identificadas com um Período de Retorno do Investimento (PRI) inferior ou igual a cinco anos, no caso das instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano.
- Nos primeiros três anos, de todas as medidas identificadas com um PRI inferior ou igual a três anos no caso das restantes instalações [19].

### **3.4. Conclusões**

Uma instalação, independentemente do setor em que esteja inserida, pode ser alvo de uma auditoria energética com o intuito de reduzir a fatura energética ao mesmo tempo que há um aumento de eficiência. A AE visa a análise crítica da forma como a energia é utilizada, podendo ser mais detalhada ou não.

A implementação de uma AE baseia-se em quatro fases, tais como: planeamento, trabalho de campo, tratamento da informação e elaboração de um relatório.

## 4. Caso de Estudo

O presente caso de estudo consiste na análise e caracterização dos consumos energéticos através de um exame detalhado às condições de utilização de energia. Os dados recolhidos permitem avaliar o desempenho energético de uma piscina municipal. Referir ainda que, a piscina alvo deste estudo será mantida em anonimato por opção da entidade que forneceu gentilmente os dados. O período de análise refere-se ao ano 2013.

Neste relatório é realizada uma caracterização geral das instalações, seguidamente é apresentado o levantamento e caracterização dos consumidores energéticos instalados e tratamento dos dados históricos do consumo de energia, bem como os resultados do exame energético efetuado à instalação.

Por fim, foi elaborado um Plano de Racionalização de Energia (PRE) com a indicação das medidas de utilização racional de energia, onde se inclui as poupanças encontradas e o montante de investimento estimado para a realização das mesmas.

### **4.1. Caracterização do edifício**

O edifício da piscina municipal é constituído por 2 pisos, encontrando-se no piso 0 o espaço destinado à secretaria, arrecadações, balneários, instalações sanitárias, salas de reuniões, receção e piscinas. No piso 1, encontram-se gabinetes, salas, instalações sanitárias, acesso à

nave da piscina pela parte superior (bancadas) e áreas técnicas. A figura 15 é uma imagem de uma piscina municipal.



**Figura 15 Imagem de uma piscina municipal**

A piscina municipal apresenta o seguinte horário de funcionamento:

- Segunda-feira a Sexta-feira: 8h30 às 22h00;
- Sábado: 9h00 às 13h00 e das 15h00 às 19h30;
- Domingo: encerrado.

Em Agosto as piscinas encerram ao público, para manutenção.

## **4.2. Utilização da energia**

### **4.2.1. Descrição**

O edifício consome energia elétrica e gás natural. O gás natural é consumido, fundamentalmente, nas caldeiras para aquecimento ambiente da nave, balneários e secretaria, para produção de água quente sanitária e para aquecimento da água das piscinas.

### **4.2.2. Energia Elétrica**

O abastecimento de energia elétrica é feito a partir de uma alimentação em Baixa Tensão Especial, ciclo diário e cujo fornecedor é a EDP – Serviço Comercial.

Na tabela 1 são apresentados os valores faturados, de acordo com as faturas disponibilizadas, para o período de Novembro de 2012 a Novembro de 2013. Indicam-se os consumos de

energia ativa segundo os períodos horários, a potência contratada, a potência de horas de ponta e a energia reativa.

Conforme pode verificar-se, na tabela 1, registou-se uma pequena parcela de faturação de energia reativa fornecida nas horas de vazio, durante o ano de 2013.

**Tabela 1 Energia elétrica faturada em 2013**

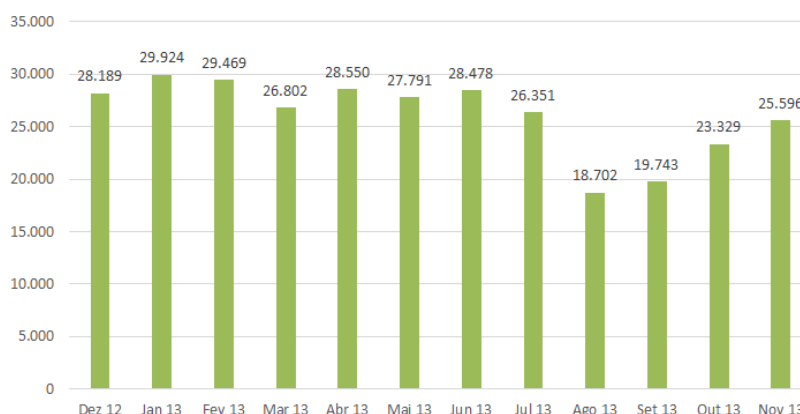
	Nº de dias	Energia Ativa					Potência		Energia Reativa		Fatura sem IVA			
		kWh TOTAL	kWh CHEIAS	kWh S.VAZIO	kWh VAZIO	kWh PONTA	kW H.PONTA	kW CONT.	kVArh F.VAZIO	kVArh VAZIO	€	€/kWh		
Período de Faturação	17-11-2012	16-12-2012	30	28.189	12.869	3.721	6.141	5.458	30	79	0	81	3.986,69 €	0,141
	17-12-2012	16-01-2013	31	29.924	13.620	3.921	6.521	5.862	31	79	0	56	4.319,21 €	0,144
	17-01-2013	16-02-2013	31	29.469	13.398	3.877	6.423	5.771	31	79	0	43	4.324,67 €	0,147
	17-02-2013	16-03-2013	28	26.802	12.233	3.477	5.796	5.296	28	79	0	58	3.946,70 €	0,147
	17-03-2013	16-04-2013	31	28.550	13.165	3.733	6.127	5.525	31	79	0	42	4.183,28 €	0,147
	17-04-2013	16-05-2013	30	27.791	12.585	3.794	6.223	5.189	30	79	0	25	4.012,35 €	0,144
	17-05-2013	16-06-2013	31	28.478	12.866	3.889	6.369	5.354	31	79	0	47	4.120,30 €	0,145
	17-06-2013	16-07-2013	30	26.351	12.016	3.544	5.818	4.973	30	79	0	45	3.824,53 €	0,145
	17-07-2013	16-08-2013	31	18.702	8.416	2.588	4.241	3.457	31	72	0	161	2.716,94 €	0,145
	17-08-2013	16-09-2013	31	19.743	8.787	2.825	4.551	3.580	31	72	0	206	2.844,05 €	0,144
	17-09-2013	16-10-2013	30	23.329	10.672	3.125	5.125	4.407	30	72	0	55	3.396,48 €	0,146
	17-10-2013	16-11-2013	31	25.596	11.593	3.470	5.580	4.953	31	70	0	72	3.744,76 €	0,146
Total		365	312.924	142.220	41.964	68.915	59.825	-	-	0	891	45.419,96 €	-	
Repartição		-	100%	45,4%	13,4%	22,0%	19,1%	-	-	-	-	-	-	
Média		30	26.077	11.852	3.497	5.743	4.985	30	77	0	74	3.785	0,145	

**Nota:**

kVArh F. Vazio – energia reativa consumida nas horas fora de vazio

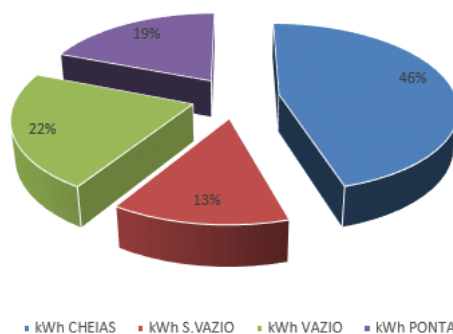
kVArh Vazio – energia reativa fornecida nas horas de vazio

Na figura 16 apresenta-se a evolução mensal do consumo de energia eléctrica, ao longo do período de análise. Nos meses de Verão verifica-se uma ligeira redução do consumo energético devido à diminuição da utilização do sistema de iluminação e dos equipamentos de climatização.



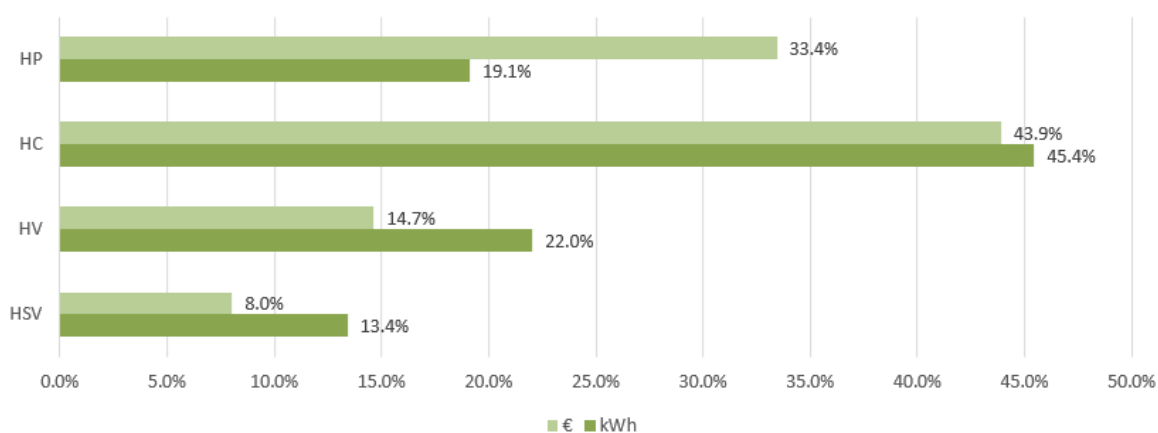
**Figura 16 Evolução mensal do consumo de energia eléctrica em kWh – 2013**

Apresenta-se, igualmente, na figura 17, a repartição anual dos consumos de energia pelos períodos horários. Conforme pode observar-se, o maior consumo de energia eléctrica, em kWh, verifica-se no período de horas cheias, como seria de esperar, com 46 %. No entanto, verifica-se um consumo significativo no período em que as piscinas estão encerradas ao público (horas de vazio + horas de super vazio), no total com 35 %.



**Figura 17 Repartição anual do consumo de energia eléctrica por períodos horários**

É possível verificar na figura 18 a desagregação do custo da energia ativa e do respetivo consumo por períodos horários.



**Figura 18 Desagregação do consumo/custo de energia por períodos horários**

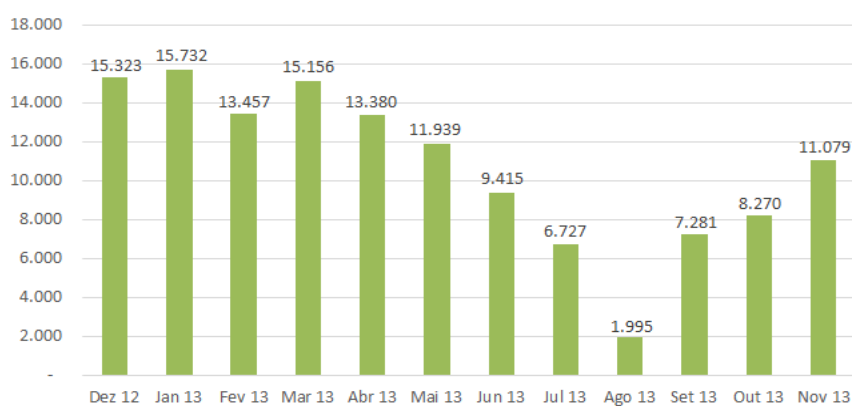
### 4.2.3. Gás Natural

Este edifício utiliza energia térmica, sob a forma de água quente, proveniente de seis caldeiras. A mesma serve para aquecimento ambiente, águas quentes sanitárias (AQS) e aquecimento da água das piscinas. A produção de água quente implica o consumo de combustível, ou seja, gás natural nas caldeiras existentes. Na tabela 2 são apresentados os valores faturados pelo fornecedor deste combustível, Galp Energia, em 2013.

**Tabela 2 Faturação mensal de gás natural no ano de 2013**

		Gás Natural			
		Consumo		Fatura sem IVA	
Período de Faturação		m <sup>3</sup>	kWh	€	€/m <sup>3</sup>
	Dez 12	15.323	181.890	8.299	0,54
	Jan 13	15.732	186.250	8.686	0,55
	Fev 13	13.457	160.368	7.495	0,56
	Mar 13	15.156	180.059	8.557	0,56
	Abr 13	13.380	158.853	7.630	0,57
	Mai 13	11.939	141.861	6.942	0,58
	Jun 13	9.415	110.825	5.465	0,58
	Jul 13	6.727	78.702	4.228	0,63
	Ago 13	1.995	18.868	1.283	0,64
	Set 13	7.281	85.609	4.469	0,61
	Out 13	8.270	95.743	4.394	0,53
	Nov 13	11.079	128.193	6.319	0,57
<b>Total</b>	<b>129.754</b>	<b>1.527.221</b>	<b>73.767</b>	<b>-</b>	
<b>Média</b>	<b>10.813</b>	<b>127.268</b>	<b>6.147</b>	<b>0,57</b>	

A figura 19 apresenta a evolução mensal do consumo de gás natural, em m<sup>3</sup>, obtido através das faturas de 2013. Como pode observar-se, os maiores consumos são apresentados nos meses teoricamente mais frios, como era expectável.



**Figura 19 Evolução anual do consumo de gás natural em m<sup>3</sup>**

#### 4.2.4. Energia total

De acordo com o despacho (extrato) nº 15793-D/2013, referente ao Decreto-Lei 118/2013 de 20 de agosto, os fatores de conversão entre a energia final e a energia primária de edifícios de serviços são:

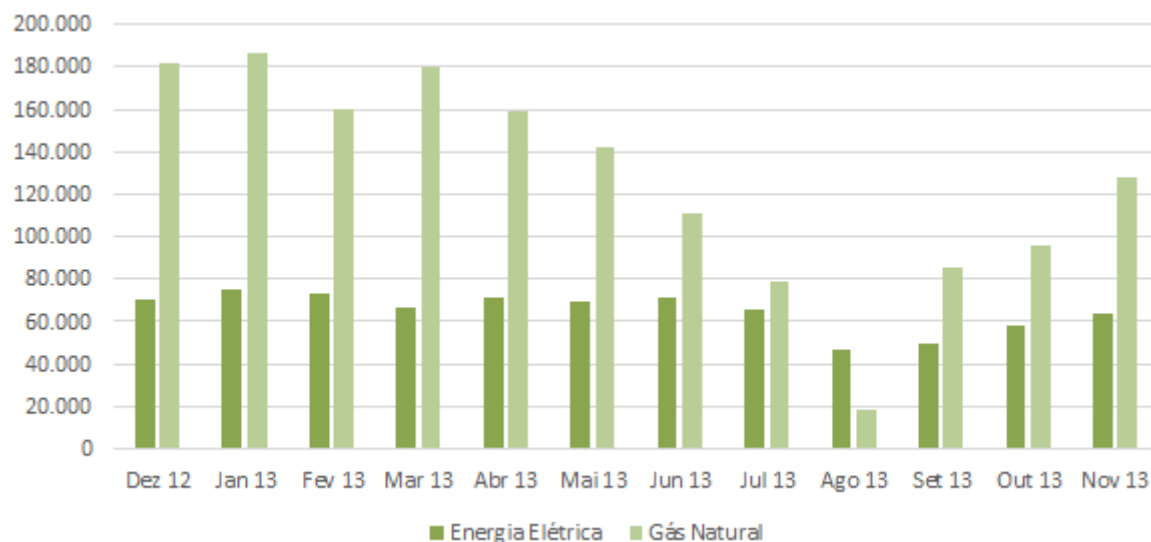
- 2,5 kWh<sub>EP</sub>/kWh para eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);
- 1 kWh<sub>EP</sub>/kWh para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis e;
- 1 kWh<sub>EP</sub>/kWh para energia térmica de origem renovável [20].

A tabela 3 evidencia os valores dos consumos registados mensalmente em 2013, expressos em kWh e convertidos para a unidade kWh<sub>EP</sub> (energia primária). Através dos fatores de conversão é possível determinar a energia total consumida.

Tabela 3 Consumo total de energia no ano 2013

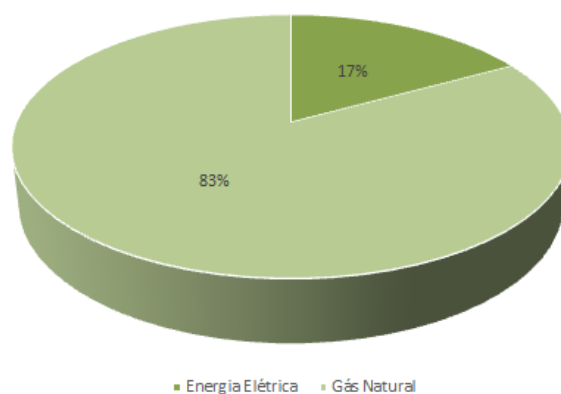
	Energia Elétrica		Gás Natural		Total	
	kWh	kWh <sub>(EP)</sub>	m <sup>3</sup>	kWh	kWh <sub>(EP)</sub>	kWh <sub>(EP)</sub>
Dez 12	28.189	70.473	15.323	181.890	181.890	<b>252.363</b>
Jan 13	29.924	74.810	15.732	186.250	186.250	<b>261.060</b>
Fev 13	29.469	73.673	13.457	160.368	160.368	<b>234.041</b>
Mar 13	26.802	67.005	15.156	180.059	180.059	<b>247.064</b>
Abr 13	28.550	71.375	13.380	158.853	158.853	<b>230.228</b>
Mai 13	27.791	69.478	11.939	141.861	141.861	<b>211.339</b>
Jun 13	28.478	71.195	9.415	110.825	110.825	<b>182.020</b>
Jul 13	26.351	65.878	6.727	78.702	78.702	<b>144.580</b>
Ago 13	18.702	46.755	1.995	18.868	18.868	<b>65.623</b>
Set 13	19.743	49.358	7.281	85.609	85.609	<b>134.967</b>
Out 13	23.329	58.323	8.270	95.743	95.743	<b>154.066</b>
Nov 13	25.596	63.990	11.079	128.193	128.193	<b>192.183</b>
<b>Total</b>	<b>312.924</b>	<b>782.310</b>	<b>129.754</b>	<b>1.527.221</b>	<b>1.527.221</b>	<b>2.309.531</b>
<b>Média</b>	<b>26.077</b>	<b>65.193</b>	<b>10.813</b>	<b>127.268</b>	<b>135.027,00</b>	<b>192.461</b>

Por sua vez, os custos associados, em euros, dos consumos dos diferentes tipos de energia da piscina municipal em estudo são apresentados na figura 20.

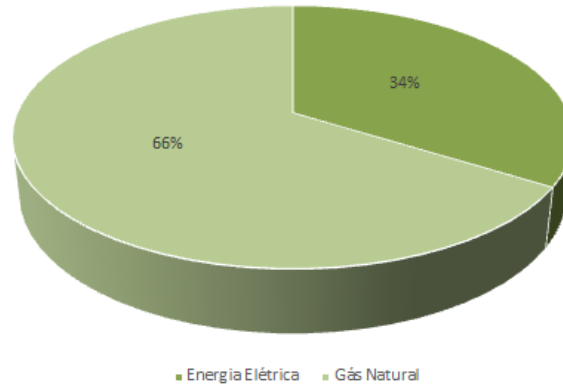


**Figura 20 Evolução do consumo de energia em kWh<sub>EP</sub> - 2013**

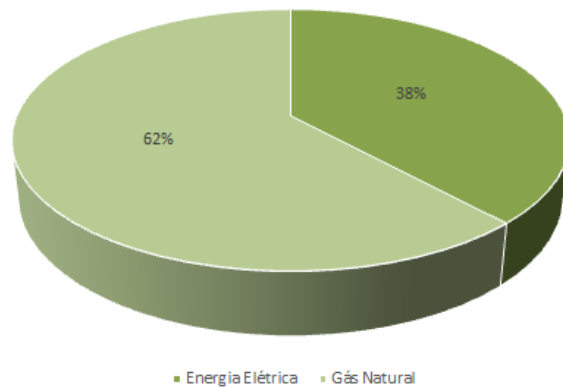
De forma a perceber a representação de que cada tipo de energia no edifício é possível verificar nas figuras 21, 22 e 23 a desagregação dos mesmos relativamente aos custos, em kWh e em kWh<sub>EP</sub>. Uma vez que se trata de uma piscina municipal, a distribuição de consumos por fonte de energia vai ao encontro do que era expectável, isto é, existe o predomínio do gás natural.



**Figura 21 Repartição do consumo anual de energia em kWh - 2013**



**Figura 22** Repartição do consumo anual de energia em kWh<sub>EP</sub> - 2013



**Figura 23** Repartição do custo anual de energia - 2013

#### 4.2.5. Emissões de dióxido de carbono

Depois de conhecer os valores relativos aos consumos da energia elétrica e do gás natural da piscina é possível determinar o nível de emissões de dióxido de carbono. No entanto, primeiramente, é necessário converter a energia final para a energia primária, como foi apresentado anteriormente na tabela 3.

Depois de convertido, é necessário aplicar um segundo fator de conversão associado ao consumo de energia para conhecer o valor do nível de emissões. De acordo com o despacho (extrato) 15793-D/2013, referente ao Decreto-Lei 118/2013, de 20 de agosto, os fatores de conversão para o caso de energia elétrica é de 0,144 kgCO<sub>2</sub>/kWh e o do gás natural é de 0,202 kgCO<sub>2</sub>/kWh [8]. Através da equação 1 é possível determinar as emissões de dióxido de carbono.

$$Emissões\ CO_2 = \frac{C_{EE} \times F_{ee} + C_{GN} \times F_{GN}}{1000} \quad [t] \quad (1)$$

Onde,

$C_{EE}$  = Consumo de energia elétrica (kWh<sub>EP</sub>);

$F_{EE}$  = Factor de emissão de energia elétrica (kgCO<sub>2</sub>/kWh);

$C_{GN}$  = Consumo de gás natural (kWh<sub>EP</sub>);

$F_{GN}$  = Factor de emissão do gás propano (kgCO<sub>2</sub>/kWh).

Na tabela 4 verifica-se o nível de emissões de dióxido de carbono, com um valor de 421,2 toneladas de CO<sub>2</sub>.

**Tabela 4 Emissões de dióxido de carbono**

Ano	Energia Elétrica		Gás Natural		Emissões de Dióxido de Carbono (t)
	kWh <sub>EP</sub>	kgCO <sub>2</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub>	kgCO <sub>2</sub> /kWh	
2013	782.310	0,144	1.527.221	0,202	421,2

Uma vez que não existe informação relativa aos consumos de anos transatos, não é possível estabelecer uma base de comparação que permita avaliar o desempenho de emissões de dióxido de carbono, ao longo do tempo. No entanto, com a implementação de medidas de eficiência, certamente que o nível de emissões de dióxido de carbono reduzirá consideravelmente.

#### **4.2.6. Indicador de eficiência energética efetivo**

O Indicador de Eficiência Energética efetivo (IEEef), segundo a Portaria n° 349-D/2013, consiste na seguinte definição *”IEE efetivo (IEEef), o qual traduz o consumo anual de energia do edifício, obtido com base no histórico de faturas de energia, e/ou alternativamente considerando os resultados de uma avaliação energética realizado numa base de tempo anual, bem como os dados provenientes de um sistema de gestão de energia”* [21].

Assim sendo, com base na análise da fatura energética da piscina, é possível determinar o indicador de eficiência energética ( $IEE_{ef}$ ). Uma vez que é conhecido o consumo anual global do edifício convertido em unidades de energia primária e a área útil do edifício, é possível determinar o  $IEE_{ef}$  através da equação 2.

$$IEE_{ef} = \frac{C_{EE} + C_{GN}}{A} \quad [kWh_{EP}/m^2] \quad (2)$$

Onde,

$IEE_{ef}$  = Indicador eficiência energética efetivo ( $kWh_{EP}/m^2$ );

$C_{EE}$  = Consumo de energia elétrica ( $kWh_{EP}$ );

$C_{GN}$  = Consumo de gás natural ( $kWh_{EP}$ );

$A$  = Área do edifício ( $m^2$ ).

O  $IEE_{ef}$  em unidade de energia primária por metro quadrado de área interior útil de pavimento é  $1.539,7 kWh_{EP}/m^2$ .

### 4.3. Indicador de desempenho energético

Na tabela 6 são apresentados os consumos de energia referente ao ano 2013 (ano de referência da auditoria), tal como indicadores de desempenho, em  $kWh/m^2$ ,  $kWh_{EP}/m^2$  e  $kg_{ep}/m^2$ . Na determinação da área do edifício, indicado na tabela 5, não foram contabilizadas as áreas técnicas nem as bancadas.

**Tabela 5 Área do Edifício**

Área do Edifício	
Piscina Municipal	1.500 m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>1.500 m<sup>2</sup></b>

De acordo com o Despacho 17313/2008, o poder calorífico inferior (PCI) do gás natural é  $1.077 tep/t$  e  $1 kWh$  corresponde a  $215 \times 10^{-6} tep$ . Assim sendo, é possível determinar alguns indicadores de desempenho da piscina, como demonstra a tabela 6 [22].

Através da equação 3 é possível determinar um dos indicadores de desempenho energético da piscina em  $\text{kgep/m}^2$ , como se pode verificar na tabela 6. Enquanto o outro indicador é a divisão entre o somatório dos consumos em kWh do tipo de energia consumido pela área do edifício.

**Tabela 6 Indicador de desempenho energético da piscina**

Ano de Referência - 2013		
Energia Elétrica	312.924	kWh
Gás Natural	1.527.221	kWh
	1.226,8	kWh/m <sup>2</sup>
<b>Indicador de Desempenho</b>	0,12315	kgep/m <sup>2</sup>

$$Indicador = \frac{C_{EE} \times F_{EE} + \frac{C_{GN} \times \rho_{GN}}{1000} \times PCI_{GN}}{A} [kgep/m^2] \quad (3)$$

Onde,

$C_{EE}$  = Consumo energia elétrica (kWh);

$F_{EE}$  = Factor energia elétrica ( $215 \times 10^{-6}$  tep);

$C_{GN}$  = Consumo gás natural ( $\text{m}^3$ );

$\rho$  = Massa volúmica do gás natural ( $0,8404 \text{ kg/m}^3$ );

$PCI_{GN}$  = Poder calorífico do gás natural ( $1,077 \text{ tep/t}$ );

$A$  = Área do edifício ( $\text{m}^2$ ).

#### 4.4. Análise dos principais consumidores de energia

Embora a descrição dos principais setores consumidores de energia deste edifício seja fundamental, não foi possível obter informações de todos os equipamentos presentes na piscina em estudo.

#### 4.4.1. Sistema de Aquecimento e Ventilação

O sistema de aquecimento existente na piscina está centralizado numa central térmica que dispõe de seis caldeiras murais de condensação. Tem como objetivo aquecer água para o aquecimento ambiente, aquecimento de AQS e para o aquecimento da água da piscina. O aquecimento ambiente da nave das piscinas é realizado através de três desumidificadores, sendo que atualmente um deles encontra-se fora de serviço. Os desumidificadores funcionam 24 horas/dia.

Os desumidificadores permitem remover a humidade do ar, devido à elevada necessidade de desumidificação do ar ambiente da nave, pois o mesmo é essencialmente dominado pela elevada carga latente resultante da evaporação da água.

Os balneários têm aquecimento do ar ambiente através de insuflação de ar proveniente de uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN). Este equipamento é controlado por interruptor horário, que desliga nas horas de encerramento ao público. A UTAN é um equipamento que realiza o tratamento do ar novo (temperatura, humidade, filtragem) para climatização dos espaços, através da distribuição e insuflação de ar.

Segundo dados recolhidos no local, a parametrização da temperatura e humidade da nave das piscinas é de 30 °C, com 63 % de humidade relativa (HR).

Nas tabelas 7 e 8 é possível observar-se as características de alguns equipamentos aos quais se teve acesso, como é o caso da caldeiras e dos desumidificadores.

**Tabela 7 Caracterização das caldeiras**

Caldeiras		
Quantidade	6	unidades
Marca	BERETTA	
Modelo	PowerPlus 100S	
Pot. Térmica útil	88,3	kW
Pot. Térmica nominal	90	kW
Rendimento	98,7	%

**Tabela 8 Caracterização das Unidades de Tratamento de Ar**

Unidade de Tratamento de Ar			
<b>Quantidade</b>	2	1	unidades
<b>Marca</b>	CIATESA	CIATESA	
<b>Modelo</b>	BCP-230	BCP-180	
<b>Pot. Bateria Aquecimento</b>	105,6	90	kW
<b>Pot. Recuperação calor</b>	24,9	20,7	kW
<b>Capacidade de Desumidificação</b>	44,6	36,1	kg/h

As figuras 24, 25 e 26 são imagens dos principais equipamentos de climatização instalados na piscina.



**Figura 24 Caldeiras**



**Figura 25 Unidade de tratamento de ar**



**Figura 26** Unidade de expansão direta

#### **4.4.2. Produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS)**

A preparação das AQS é efetuada nas caldeiras, que posteriormente são distribuídas através do coletor até ao permutador de calor instalado à entrada do depósito de acumulação. O controlo da temperatura da água que se encontra nos balneários é efetuado por válvulas termoestáticas que permitem misturar a água que se encontra nos depósitos de acumulação com a água fornecida pela rede.

#### **4.4.3. Aquecimento da água da piscina**

O aquecimento da água da piscina é efetuado pelas caldeiras murais, que são igualmente responsáveis pela produção das AQS e do aquecimento ambiente. A água quente proveniente das caldeiras é distribuída através do coletor para a UTAN dos balneários, para os desumidificadores, para o lava-pés, para as AQS e para o aquecimento da piscina grande, da piscina de aprendizagem, da piscina chapinheiro ou infantil e hidromassagem.

As figuras 27 e 28 apresentam equipamentos que pertencem ao circuito de água da piscina em estudo.



**Figura 27** Permutador de calor da piscina



**Figura 28** Bomba de circulação

#### **4.4.4. Circulação de água das piscinas e filtragem**

A circulação da água das piscinas é realizada através de eletrobombas que permitem a circulação da água dos tanques de compensação até aos filtros, onde é realizada a filtragem da água, circulando posteriormente para as piscinas.

De acordo com os dados fornecidos, a tabela 9 apresenta as características das bombas de circulação instaladas no edifício.

**Tabela 9 Características das bombas de circulação da água das piscinas**

	Bomba Piscina Grande	Bomba Piscina Aprendizagem	Bomba Piscina Chapinheiro	Bomba Hidromassagem	
<b>Quantidade</b>	2	2	2	1	unidades
<b>Marca</b>	PSH	Lowara	Fiberpool	PSH	
<b>Modelo</b>	FD 20	FHS4	KP100T	ND	
<b>Pot. Absorvida</b>		2,2	0,75	0,75	kW
<b>Caudal</b>		30 a 78	14,5 a 17,5	-	m <sup>3</sup> /h
<b>Altura Manométrica</b>		12,2 a 6,5	12 a 8	-	m

A figura 29 evidencia uma das bombas instaladas no edifício em estudo.



**Figura 29 Bombas de tratamento**

#### **4.4.5. Sistemas de iluminação**

O edifício dispõe de uma área envidraçada elevada, o que permite um bom aproveitamento da luz natural. Assim, em dias que apresentem uma elevada luminosidade, é possível tirar proveito da luz natural, recorrendo à luz artificial unicamente ao final do dia. A iluminação é na sua maioria do tipo fluorescente tubular, compacta e iodetos metálicos. As lâmpadas estão equipadas com balastros ferromagnéticos ou eletromagnéticos.

Nas figuras 30, 31, 32 e 33 é possível observar-se o tipo de iluminação que está presente no edifício.



**Figura 30 Iluminação da nave**



**Figura 31 Iluminação dos balneários**



**Figura 32 Iluminação da nave**



**Figura 33 Iluminação na secretaria**

De modo a avaliar o consumo de energia relativo à iluminação, foram fornecidos dados relativos a um levantamento detalhado de toda a iluminação existente. As tabelas 10 e 11 apresentam o tipo e quantidade de lâmpadas existentes, no piso 1 e 0, respectivamente.

**Tabela 10 Levantamento da iluminação – Piso 1**

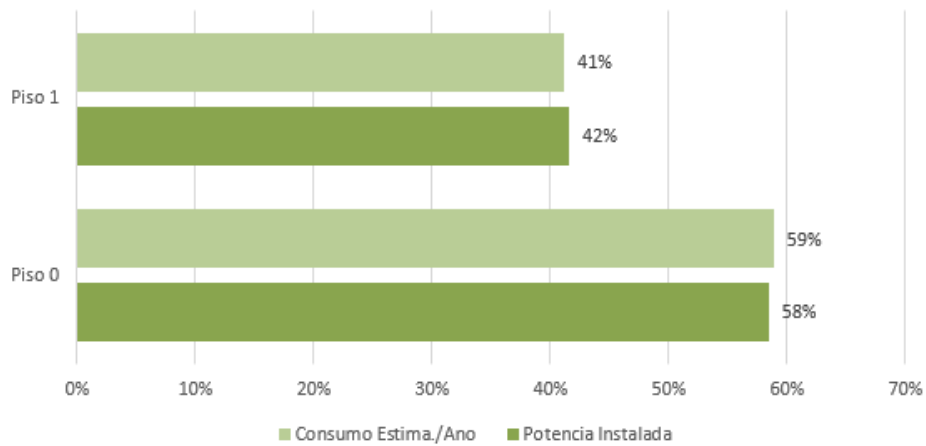
Tipo	Balastro	Qtd. Lum	Utilização [h]	Potência Tomada [W]			Consumo estimado/dia [kWh]	Consumo estimado/ano [kWh]
				Por Lampada	Por luminária	Total		
FT 1X36	F	6	1	36	46	276	0,276	75,9
FT 2X36	F	4	5	36	82	328	1,640	451,0
FT 2X18	F	1	5	18	44	44	0,220	60,5
FT 1X36	F	2	4	36	46	92	0,368	101,2
FT 1X18	F	2	4	18	26	52	0,208	57,2
FC 1X9	E	2	4	9	9	18	0,072	19,8
FT 1X36	F	4	4	36	46	184	0,736	202,4
FC 1X9	E	3	4	9	9	27	0,108	29,7
FT 1X36	F	2	14	36	46	92	1,242	341,6
IM 1X400	-	26	7	400	440	11.440	80,080	22.022,0
FC 1X9	E	22	5	9	9	198	0,990	272,3
FT 2X36	F	4	1	36	82	328	0,328	90,2
FT 1X36	F	3	1	36	46	138	0,138	38,0
FT 1X18	F	1	1	18	26	26	0,026	7,2
FC 1X9	E	1	1	9	9	9	0,009	2,5
FT 2X36	F	2	6	36	82	164	0,984	270,6
FT 4X36	F	4	14	36	154	616	8,316	2.286,9
<b>Total Piso 1</b>				<b>14.032</b>	<b>95,7</b>	<b>26.329</b>		

**Tabela 11 Levantamento da iluminação – Piso 0**

Tipo	Balastro	Qtd. Lum	Utilização [h]	Potência Tomada [W]			Consumo estimado/dia [kWh]	Consumo estimado/ano [kWh]
				Por Lampada	Por luminária	Total		
FT 1X36	F	3	13,5	36	46	138	1,863	512
FT 1X36	F	2	1	36	46	92	0,092	25
FT 2X58	F	1	1	58	128	128	0,128	35
FC 1X9	E	16	5	9	9	144	0,720	198
IM 1X400	-	14	5	400	440	6.160	30,800	8.470
FT 1X36	F	2	5	36	46	92	0,460	127
FT 1X36	F	2	5	36	46	92	0,460	127
FC 1X9	E	2	5	9	9	18	0,090	25
FT 1X36	F	2	5	36	46	92	0,460	127
FT 1X36	F	16	6	36	46	736	4,416	1.214
FC 1X9	E	2	5	9	9	18	0,090	25
FT 1X36	F	18	13,5	36	46	828	11,178	3.074
FT 1X18	F	4	5	18	26	104	0,520	143
FT 1X36	F	16	13,5	36	46	736	9,936	2.732
FT 1X18	F	4	5	18	26	104	0,520	143
FT 1X36	F	10	13,5	36	46	460	6,210	1.708
FT 1X18	F	1	5	18	26	26	0,130	36
FC 1X18	E	1	5	18	18	18	0,090	24,8
<b>Total Piso 0</b>						<b>9.986</b>	<b>68,2</b>	<b>18.745</b>

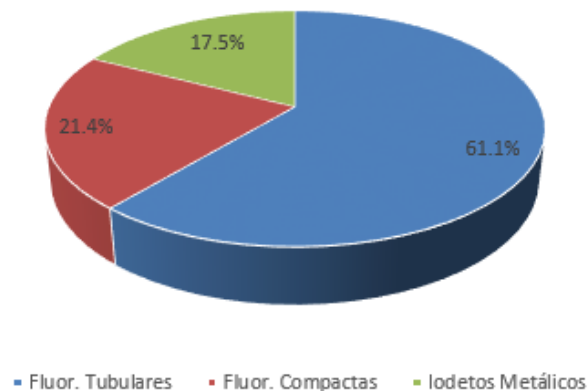
Perante o levantamento que foi realizado e a fatura da energia elétrica, pode concluir-se que os 45,07 MWh de consumo anual de 2013 corresponderam a 14,40 % do total de energia elétrica do edifício nesse ano.

Em resumo, a figura 34 demonstra a repartição do consumo e da potência instalada, por piso.

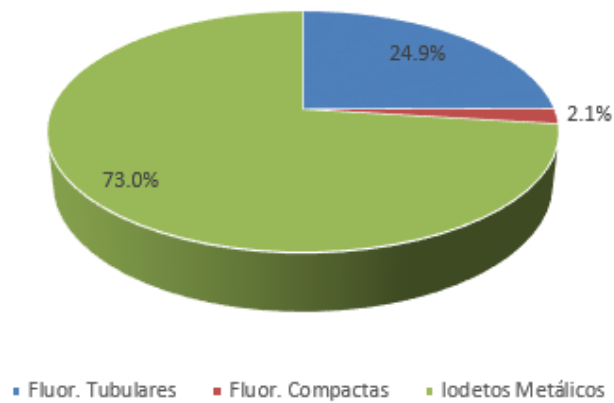


**Figura 34** Repartição do consumo de energia e potência instalada por piso

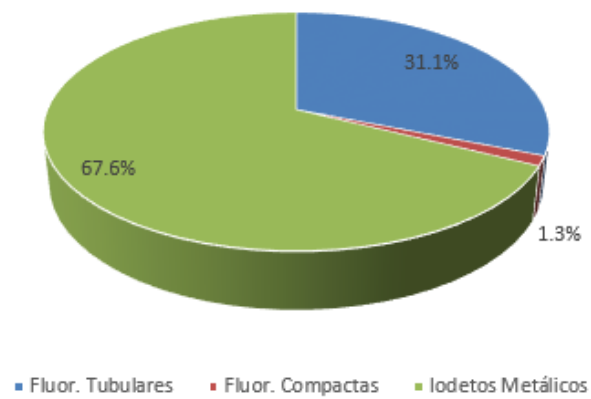
As figuras 35, 36 e 37 demonstram a desagregação da distribuição por tipo de lâmpada, potência instalada e consumo energético estimado da piscina municipal. Perante estes dados pode-se concluir que os projetores de iodetos metálicos são responsáveis pela maior parte do consumo de iluminação da nave.



**Figura 35** Quantidade instalada por tipo de lâmpada



**Figura 36 Potência instalada por tipo de lâmpada**



**Figura 37 Consumo anual estimado por tipo de lâmpada**

#### **4.4.6. Outros equipamentos**

Os restantes equipamentos consumidores de energia elétrica não foram mencionados anteriormente, uma vez que representam uma parcela muito pequena dos custos energéticos do edifício.

## 4.5. Resultado do Exame Energético

### 4.5.1. Consumos de Energia Elétrica

Durante o período da auditoria realizaram-se diversas monitorizações elétricas na instalação, com o objetivo de avaliar o perfil de funcionamento dos diversos equipamentos e desagregar os consumos energéticos pelos mesmos. A tabela 12 apresenta o resumo das medições mais importantes que deram origem aos diagramas de carga representados nas figuras 38, 39 e 40. As medições foram realizadas entre o dia 16 Julho de 2014 e 21 Julho de 2014 e permitiram obter dados relativos aos dias da semana e de fim-de-semana.

Tabela 12 Resumo dos resultados das medições elétricas

Alimentação	Início		Fim		Potência Ativa			Energia Ativa	% kWh <sub>TOTAL</sub>
	Data	Hora	Data	Hora	(kW <sub>MAX</sub> )	(kW <sub>MED</sub> )	(kW <sub>MIN</sub> )	(kWh)	
Geral	16-Jul-14	14:20	21-Jul-14	12:41	53,2	37,9	29,9	4.490	-
Q. Mecânica	16-Jul-14	14:58	21-Jul-14	13:00	18,6	16,8	13,1	1.987	44,3 %
Q. Ar Condicionado	16-Jul-14	14:58	21-Jul-14	12:57	28,8	14,6	10	1.726	38,4 %

### 4.5.2. Quadro Geral

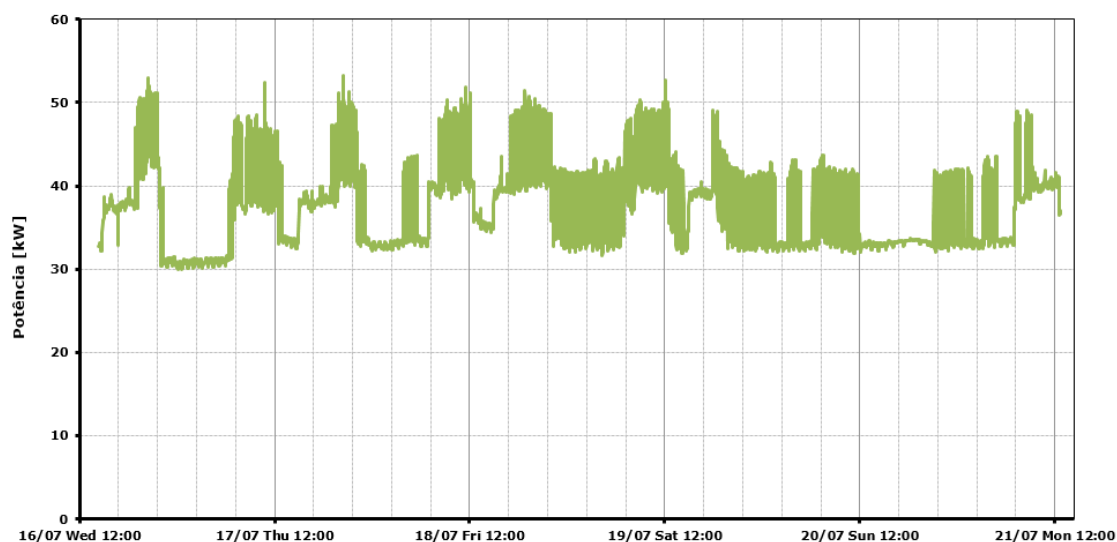
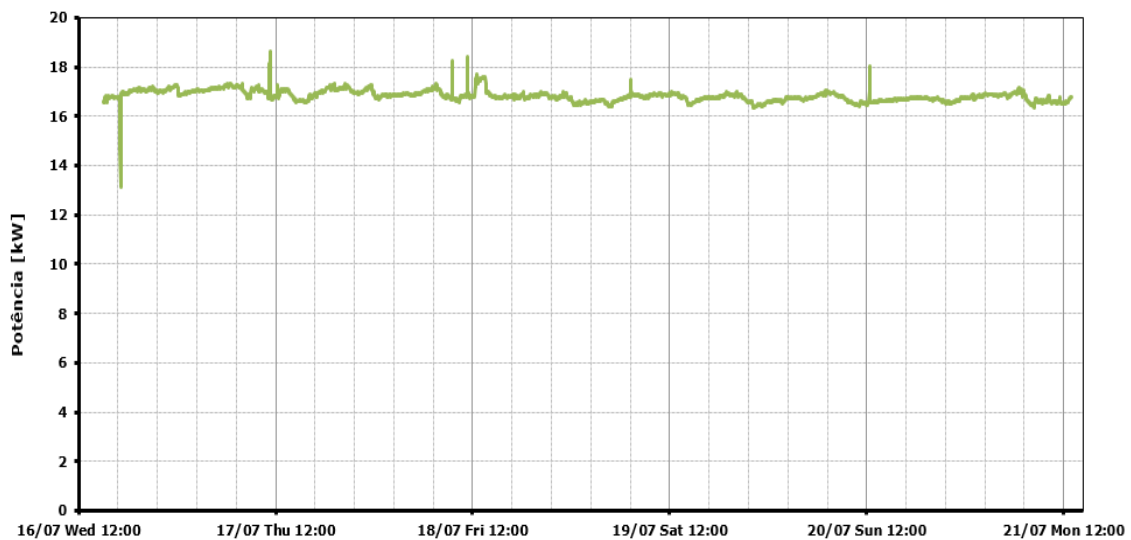


Figura 38 Diagrama de cargas do Quadro Geral

Da análise da figura 38 verificam-se os seguintes aspetos:

- O valor de potência média absorvida à rede, nestes dias, variou entre 29,9 kW e 53,2 kW, apresentando um valor médio global de 37,9 kW;
- Pela análise do diagrama de carga verifica-se que existe uma potência base de utilização que se deve aos ventiladores das Unidades de Tratamento de Ar (UTA). Os picos de potência devem-se ao funcionamento dos compressores dos desumidificadores e ao funcionamento da UTA dos balneários.

#### 4.5.3. Quadro da Mecânica



**Figura 39 Diagrama de cargas do Quadro da Mecânica**

Da análise da figura 39 verificam-se os seguintes aspetos:

- O valor de potência média absorvida à rede, nestes dias, variou entre 13,1 kW e 18,6 kW, apresentando um valor médio global de 16,8 kW;
- O Quadro da Mecânica está localizado na Central Térmica e é responsável pela alimentação elétrica das bombas de tratamento das piscinas, das bombas circuladoras dos diversos sistemas, etc. Os equipamentos alimentados por este quadro elétrico funcionam 24 h/dia, pelo que o diagrama de cargas é muito regular.

#### 4.5.4. Quadro Elétrico Ar Condicionado

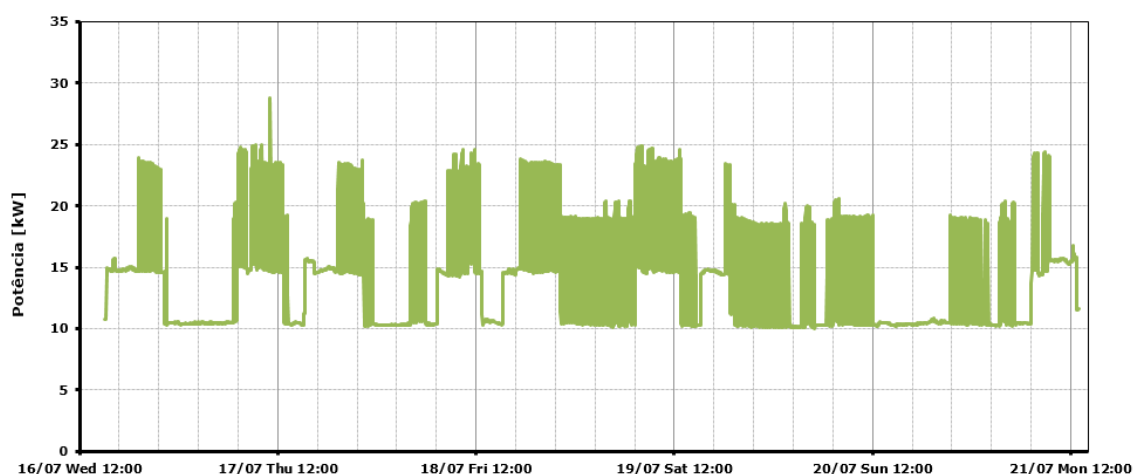


Figura 40 Diagrama de cargas do Quadro Elétrico Ar Condicionado

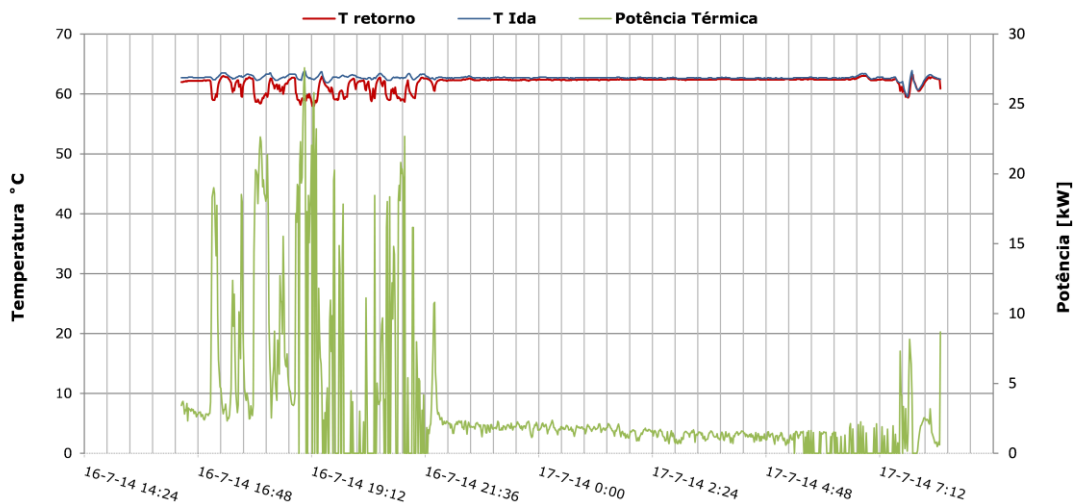
Da análise da figura 40 verificam-se os seguintes aspetos:

- O valor de potência média absorvida à rede, nestes dias, variou entre 10,05 kW e 15 kW, apresentando um valor médio global de 16,6 kW;
- O Quadro Elétrico Ar Condicionado alimenta as três UTAs e os equipamentos de ar condicionado. Pela análise do diagrama de cargas verifica-se que existe uma potência base de utilização que se deve aos ventiladores das UTAs, sendo que os picos de potência devem-se ao funcionamento dos compressores dos desumidificadores e ao funcionamento da UTA dos balneários.

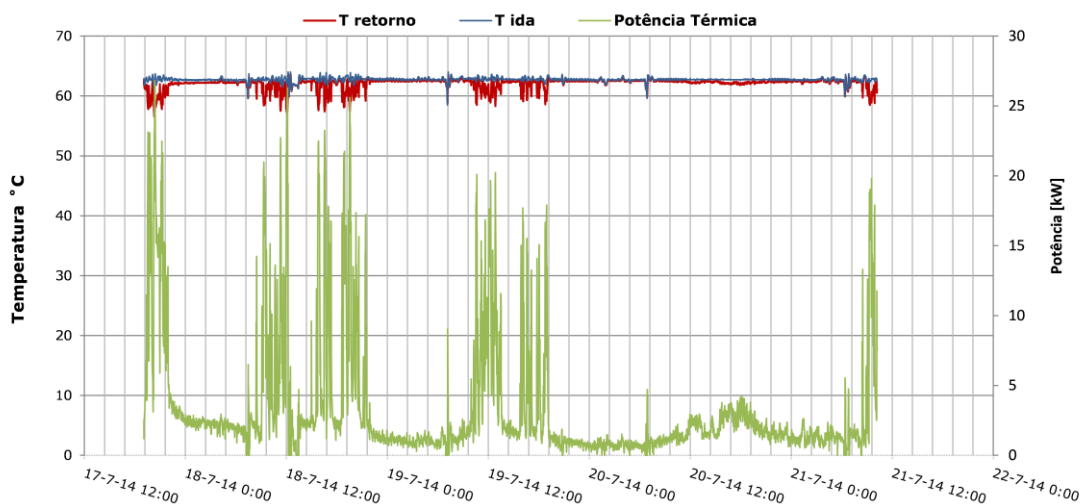
#### 4.5.5. Consumos de energia térmica

Durante o período da auditoria realizaram-se monitorizações térmicas na instalação, com o objetivo de avaliar o consumo e o perfil de funcionamento dos diversos sistemas que utilizam água quente.

Com o objetivo de avaliar o consumo de energia térmica para as AQS realizaram-se medições de temperatura de ida e retorno e medição do caudal de água em circulação. A primeira medição decorreu entre o dia 16 e o dia 17 de Julho, e a segunda medição entre os dias 17 e 21 de Julho. As figuras 41 e 42 apresentam os valores obtidos.



**Figura 41 Potência térmica do circuito de AQS – 1ª medição**



**Figura 42 Potência térmica do circuito de AQS – 2ª medição**

Pela análise dos gráficos anteriores pode constatar-se que durante o período de encerramento das piscinas existe um consumo base de energia térmica devido às perdas de circulação das AQS. É possível observar, ainda, que no dia 20, domingo, a piscina encontra-se encerrada pelo que não existem os picos de utilização que se verificam nos outros dias.

#### 4.5.6. Avaliação das condições de temperatura ambiente

Conforme referido anteriormente, a piscina está parametrizada para uma temperatura do ar da nave de 30 °C, com uma humidade relativa de 63 %.

As figuras 43 e 44 apresentam os valores obtidos das medições de temperatura e humidade realizadas na nave da piscina.

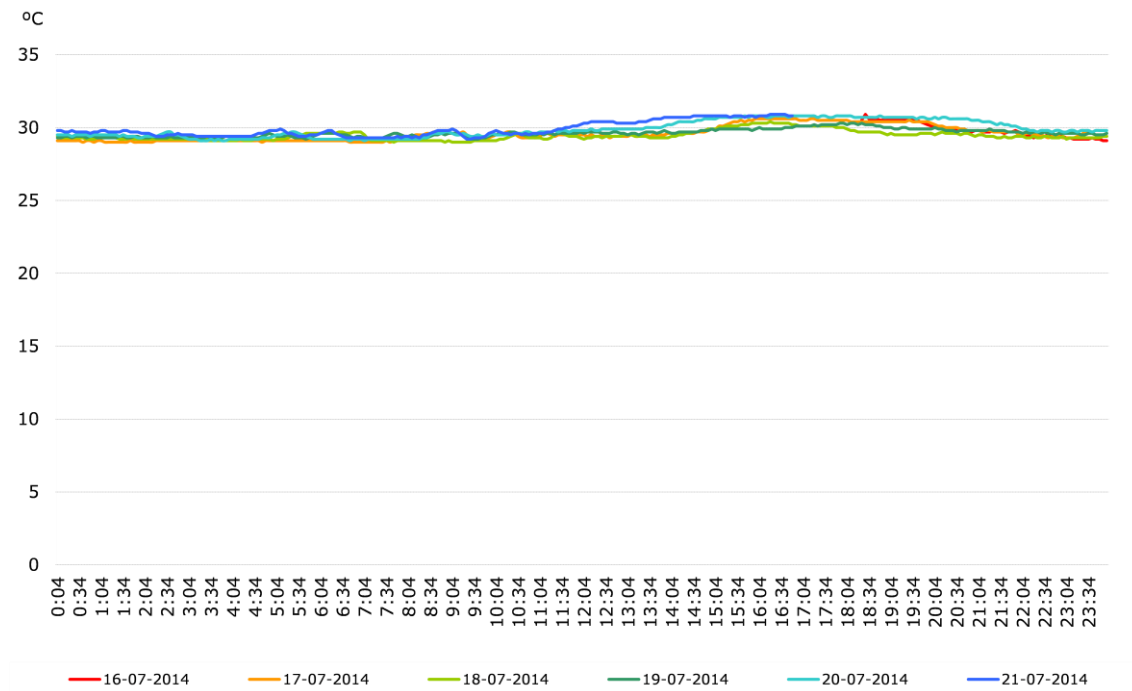
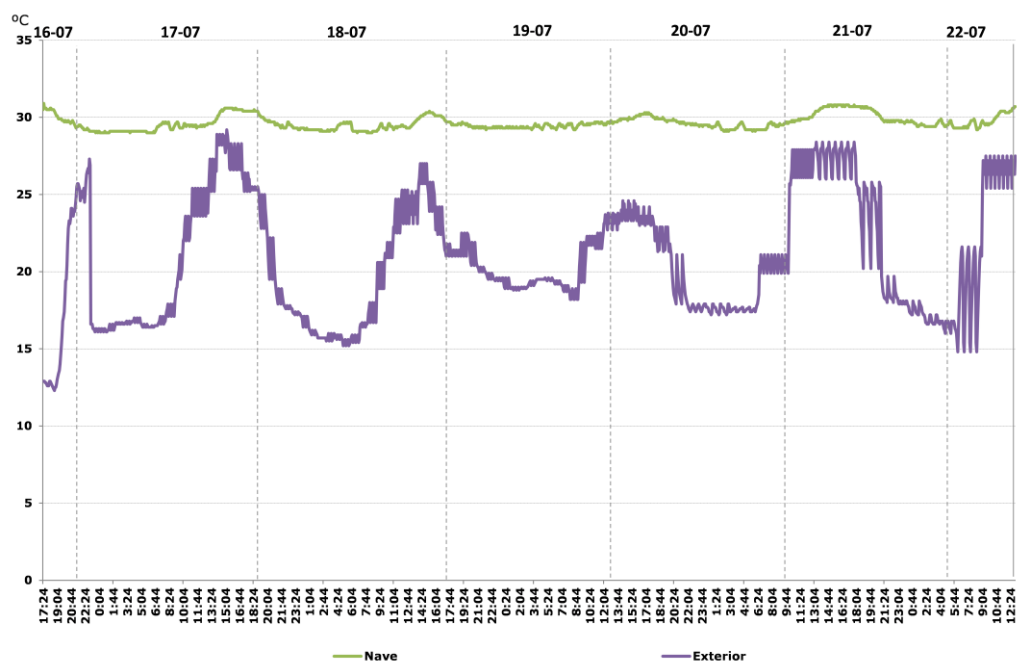


Figura 43 Temperatura na nave



**Figura 44 Temperatura na Nave e no Exterior**

Da análise das figuras anteriores conclui-se que a temperatura no interior da nave da piscina é constante e é sensivelmente 30 °C.

As tabelas 13 e 14 apresentam os valores registados de temperatura e humidade da nave da piscina e do ar exterior durante o período de monitorização.

**Tabela 13 Resumo dos resultados das medições de temperatura**

	TEMP. (°C)	16/jul/14 (Qua.)	17/jul/14 (Qui.)	18/jul/14 (Sex.)	19/jul/14 (Sáb.)	20/jul/14 (Dom.)	21/jul/14 (Seg.)	22/jul/14 (Ter.)
<b>Nave</b>	<b>MÍN.</b>	29,0	29,0	29,0	29,2	29,1	25,6	25,3
	<b>MÁX.</b>	30,9	30,6	30,4	30,3	30,8	31,8	29,7
	<b>MÉD.</b>	29,7	29,6	29,5	29,6	29,9	29,6	27,1
<b>Exterior</b>	<b>MÍN.</b>	12,3	16,1	15,2	17,4	17,2	14,8	14,8
	<b>MÁX.</b>	27,3	29,2	27,0	24,6	28,4	18,1	29,8
	<b>MÉD.</b>	19,4	20,6	19,9	20,6	22,1	17,5	21,2

**Tabela 14 Resumo dos resultados das medições da humidade**

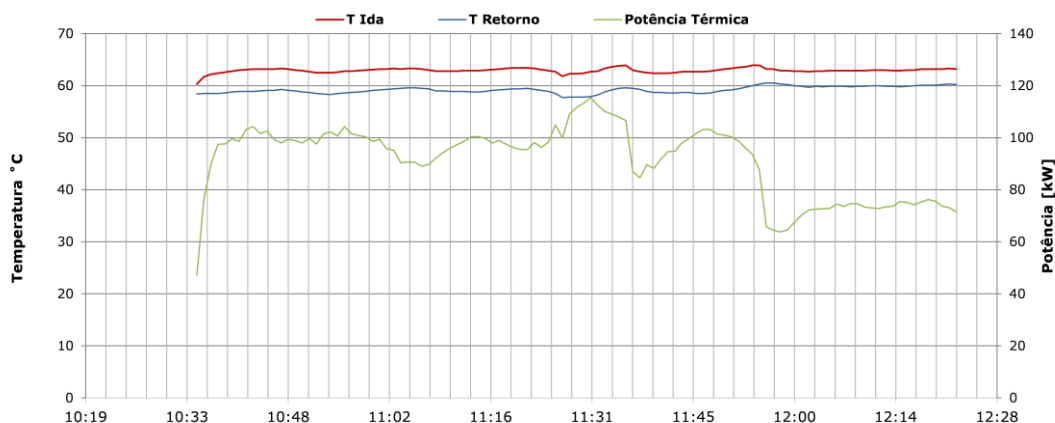
	HR (%)	16/jul/14 (Qua.)	17/jul/14 (Qui.)	18/jul/14 (Sex.)	19/jul/14 (Sáb.)	20/jul/14 (Dom.)	21/jul/14 (Seg.)	22/jul/14 (Ter.)
Nave	MÍN.	62,6	63,0	62,7	64,5	63,3	33,3	36,7
	MÁX.	70,3	67,1	68,0	66,9	66,8	67,6	56,5
	MÉD.	64,9	65,5	65,5	65,6	65,4	57,5	43,5
Exterior	MÍN.	52,0	47,0	50,0	67,0	53,0	48,0	48,0
	MÁX.	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
	MÉD.	80,0	81,7	84,2	87,2	78,3	97,2	78,9

De acordo com a Diretiva CNQ 23/93, que apresenta os requisitos de conforto termo-higrométrico, a temperatura do ar deve ser superior ou igual à da água do tanque, que pode variar de acordo com a tua tipologia. Uma vez que se trata de tanques desportivos, em geral e chapinheiros/infantis, esta deve situar-se entre 24 °C/ 26 °C e 28 °C/ 30 °C, respetivamente. [23]. A humidade relativa deve situar-se entre 55 % e 75 %. Pode afirmar-se que, perante os valores obtidos da medição, a piscina em estudo respeita os requisitos da Diretiva.

#### **4.5.7. Avaliação do rendimento da caldeira**

Com o objetivo de analisar o rendimento das caldeiras existentes no edifício e calcular a potência térmica, foi realizada uma monitorização ao caudal de água quente e às temperaturas de ida e retorno do circuito primário de água da caldeira. Simultaneamente foram efetuadas leituras do contador de gás natural, durante o período de medição.

Na figura 45 são apresentadas a potência térmica e outras variáveis obtidas pela monitorização.



**Figura 45 Potência térmica produzida pela caldeira**

Uma vez realizada a monitorização é possível determinar a eficiência da caldeira. Esta consiste na divisão entre a produção de energia térmica e a energia que consumiu, apresentando um rendimento de 83,9 % como é possível observar na tabela 15.

**Tabela 15 Cálculo da Eficiência da Caldeira**

<b>Gás Natural</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>kWh</b>
21-07-2014 10:40	466.578	4.913,066
22-07-2014 12:25	466.596	4.913,256
<b>Consumo de Energia</b>	<b>18</b>	<b>190</b>
<b>Energia Térmica Produzida</b>		
21-07-2014 10:40	-	0
22-07-2014 12:25	-	159,4
<b>Total</b>		<b>159,4</b>
<b>Eficiência</b>		<b>83,9 %</b>

Pela análise dos dados recolhidos verifica-se que a temperatura de retorno à caldeira é de sensivelmente 60 °C, o que impede que as caldeiras funcionem no modo de condensação, reduzindo, portanto, o seu rendimento. Para uma melhor eficiência em caldeiras de condensação, a temperatura de retorno deverá ser, no máximo, de 50 °C. O rendimento, que engloba as seis caldeiras, é de 83,9 %, sendo, assim, significativamente mais baixo que os 98 % de valor de referência [24].

#### 4.5.8. Desagregação dos consumos

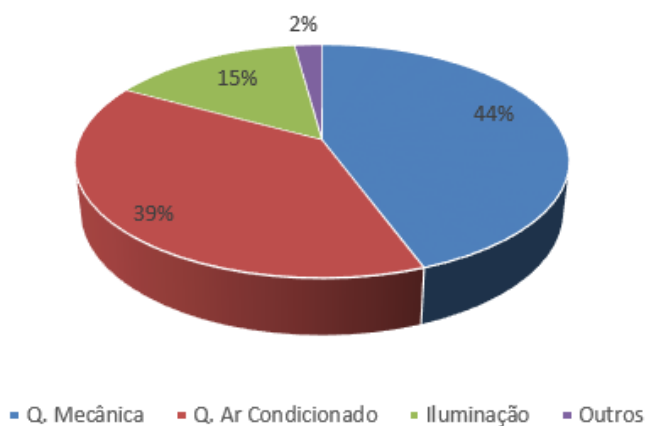
A partir das monitorizações efetuadas e das percentagens relativas a cada setor analisado, determinou-se a desagregação dos consumos de energia elétrica em 2014.

A tabela 16 apresenta os dados da repartição encontrada para o consumo de energia por setor. Entre eles destacam-se as percentagens referentes ao consumo de energia elétrica da tabela da mecânica e ar condicionado.

**Tabela 16 Desagregação dos consumos elétricos**

	Energia Elétrica	
	[kWh/ano]	[%]
Q. Mecânica	138.827	44 %
Q. Ar Condicionado	120.686	39 %
Iluminação	46.701	15 %
Outros	6.710	2 %
<b>Total</b>	<b>312.924</b>	<b>100 %</b>

De seguida são apresentados, em percentagem, os dados do quadro anterior, como pode verificar-se na figura 46.



**Figura 46 Desagregação dos consumos**

#### 4.6. Conclusões

Ao longo deste capítulo foi realizada uma caracterização do edifício alvo de estudo e apresentados dados referentes à utilização da energia elétrica e do gás natural. Também foi

realizada uma breve análise dos principais consumidores de energia, como por exemplo os sistemas de aquecimento e ventilação, AQS e sistemas de iluminação.

Foi apresentado um diagrama de cargas referente ao consumo elétrico e ao consumo térmico, sendo estes obtidos através de diversas monitorizações elétricas realizadas durante a auditoria energética.



## 5. Medidas e recomendações de eficiência energética

Depois de realizado o trabalho de campo, os dados obtidos são submetidos a análise, tornando possível, assim, a identificação de algumas oportunidades de aumento da eficiência energética. Desta forma, neste capítulo, são apresentadas algumas propostas de melhoria.

O preço da energia eléctrica, utilizado no cálculo da poupança energética para as medidas propostas, foi com base nas faturas energéticas referentes a 2013. Os valores praticados no preço da energia são os apresentados na tabela 17, sem o IVA aplicado.

**Tabela 17 Tarifa de venda**

Tarifa de Venda		
Horas de Ponta	0,2124	€/kWh
Horas de Cheias	0,1173	€/kWh
Horas de Vazio Normal	0,0808	€/kWh
Horas de Super Vazio	0,0727	€/kWh

No que diz respeito ao gás natural, foi utilizada a mesma filosofia, ou seja, foi considerado o valor de 0,043 €/kWh, de acordo com as faturas de 2013.

Para a determinação das poupanças económicas das medidas propostas foi usado um preço médio da energia paga em 2013 tendo em conta o peso, em percentagem, das diferentes horas de uso da energia ativa, como pode observar-se na equação 4. O número de dias de funcionamento tido em conta foram 275 dias.

$$\begin{aligned} \epsilon_{m\u00e9dio} = \%H_P \times \epsilon_{H_P} + \%H_{CH} \times \epsilon_{H_{CH}} + \%H_{VZ} \times \epsilon_{H_{VZ}} \\ + \%H_{SV} \times \epsilon_{H_{SV}} \quad [€] \end{aligned} \quad (4)$$

Onde,

$H_P$  = Horas de ponta;

$H_{CH}$  = Horas de cheias;

$H_{VZ}$  = Horas de vazio;

$H_{SV}$  = Horas de super vazio.

## **5.1. Medidas de eficiência energética**

### **5.1.1. Medida 1 – Substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 por lâmpadas tubulares LED**

Parte significativa da iluminação interior da piscina municipal é garantida através de luminárias com lâmpadas T8 com balastos ferromagnéticos. Dessa forma, é recomendada a sua substituição para lâmpadas tubulares de tecnologia LED.

A utilização de LEDs em iluminação permite uma redução significativa da potência absorvida, já que esta tecnologia possui uma eficiência muito elevada, na ordem dos 100 lumen/W. Outra vantagem a assinalar é o facto de não necessitar de balastos e apresentar expectativas de vida muito superiores às outras tecnologias, podendo atingir 50.000 horas.

A tabela 18 apresenta as economias inerentes a esta medida e uma estimativa do investimento.

**Tabela 18 Tabela resumo da medida 1**

Sistema	Poupança Anual Eletricidade		Investimento €	Retorno Simples Anos
	kWh	€		
<b>Substituição das lâmpadas T8 por LEDs</b>	7.090	861,19	2.480,00	2,9

NOTA:

O investimento indicado contempla, apenas, o fornecimento para a substituição de todas as lâmpadas do tipo ferromagnético tubulares de 36W, sendo também as que apresentam maior utilização.

### **5.1.2. Medida 2 – Instalação de sensores de movimento nos balneários**

A iluminação presente nos balneários permanece ligada durante o período de funcionamento das piscinas ao público, sendo muitas das vezes desnecessário. De forma a otimizar os consumos energéticos é proposta a instalação de sensores de movimento, economizando o consumo de energia elétrica.

Uma vez que não foram facultados dados referentes às áreas dos balneários, considerar-se-á, para esta proposta, a instalação de 3 a 5 sensores de movimento por balneário. As luminárias presentes nos balneários são as que apresentam maior utilização, contando com cerca de 5 a 13,5 horas por dia. Estima-se que a implementação desta medida contribuirá para a redução da utilização das luminárias para um período de 3 a 6 horas por dia.

Estima-se que a mesma medida contribuirá para uma redução do consumo de energia de cerca 4.313,1 kWh/ano de eletricidade. Esta poupança traduzir-se-á numa redução do custo anual de energia de cerca de 528,88 €. Na tabela 19 pode observar-se o estudo técnico-económico da medida apresentada.

**Tabela 19 Tabela resumo da medida 2**

Sistema	Poupança Anual Eletricidade		Investimento €	Retorno Simples Anos
	kWh	€		
<b>Instalação de sensores de movimento nos balneários</b>	4.313	523,88	270,00	0,52

NOTA:

Segundo as especificações do sensor, a distância e ângulo de deteção são de 8 metros e entre 340-360°, respetivamente. A instalação do sensor é no teto.

### 5.1.3. Medida 3 – Instalação de caldeira a Pellets

A produção de água quente é realizada pelas caldeiras a gás natural. No ano 2013 o consumo correspondeu a cerca de 1.527,2 MWh de gás natural, o que representou um custo de 73.766€ em gás natural.

De forma a otimizar os custos energéticos associados à produção de água quente, quer para aquecimento da piscina AQS quer para aquecimento ambiente, é sugerida a implementação de uma caldeira a pellets com uma potência de 580 kW.

Com a implementação desta medida não se verificará uma redução do consumo, mas sim uma redução do custo energético, uma vez que os pellets são uma solução mais económica. Desta forma, estima-se uma redução anual do custo energético em 17.259,8 €. Na tabela 20 pode observar-se o estudo técnico-económico da medida apresentada.

**Tabela 20 Tabela resumo da medida 3**

Sistema	Custo Anual		Investimento	Retorno Simples
	Gás Natural	Pellets		
	€	€	€	Anos
<b>Instalação da caldeira a pellets de madeira</b>	73.767,00	56.507,18	68.634,00	3,98

NOTA:

O investimento considerado teve em conta, unicamente, os valores fornecidos por catálogo de uma caldeira de 580 kW, de modelo Pasqualicchio CS Marina 500. O investimento não incluiu trabalhos, transportes e instalação. O preço dos pellets refere-se ao ano 2013, custando, nessa época, cerca de 185€/Tonelada.

### 5.1.4. Medida 4 – Instalação de sistema solar térmico para aquecimento das AQS

Para analisar e compreender se a implementação de um sistema solar térmico para aquecimento das AQS é interessante em termos técnico-económicos foi utilizado o *software Solterm V5.0*. Através desta ferramenta é possível efetuar o balanço energético através da

análise económica e concluir, posteriormente, se o sistema é interessante, otimizando, desta forma, os consumos energéticos associados à produção de AQS.

De acordo com dados relativos ao consumo de AQS, o consumo diário de segunda a sexta foi de cerca de 8000 litros, e no fim-de-semana cerca de 1800 litros. Uma vez que a piscina esteve encerrada no mês de Agosto, não foi contabilizado consumo nesse mesmo mês.

No *Solterm* foram inseridos os consumos de AQS, tal como a localização devida à irradiação solar, que varia de zona para zona. Os coletores usados para a análise são os presentes no *software* para ensaios. Na análise energética procurou-se uma optimização que se focasse na redução da utilização de energia de apoio, ou seja, na redução da energia obtida da caldeira a gás natural. Perante a otimização realizada na parte energética e na análise económica percebeu-se que a melhor configuração do sistema era cerca de 22,5 m<sup>2</sup> de área de captação, correspondente a 15 coletores.

No Anexo A e B estão presentes os relatórios gerados pelo *Solterm*, relativos ao desempenho energético e à análise económica. Na tabela 21 pode observar-se o estudo técnico-económico da medida apresentada.

**Tabela 21 Tabela resumo da medida 4**

Sistema	Poupança Anual Gás Natural		Investimento €	Retorno Simples Anos
	kWh	€		
<b>Instalação de sistema solar térmico para aquecimento das AQS</b>	21.592	924,15	10.750	11,6

NOTA:

O investimento desta medida foi de acordo com os parâmetros padrão do *software Solterm*.

### **5.1.5. Medida 5 – Instalação de Painéis Fotovoltaicos**

Uma vez que a legislação atual incentiva o autoconsumo, uma das medidas propostas é a instalação de painéis fotovoltaicos. O local da piscina não é conhecido de forma aprofundada e, por isso, admiti-se que este reúne as condições ideais para a operacionalização desta medida.

As principais vantagens desta medida são dispor de produção de energia próxima do ponto de consumo, minimizando, assim, as perdas no transporte da energia e reduzir as necessidades energéticas nas horas de ponta.

No pré estudo foi considerada a instalação de uma central com 10 kW, com sobredimensionamento de 10 %.

**Tabela 22 Tabela resumo da medida 5**

Sistema	Poupança Anual Eletricidade		Investimento €	Retorno Simples Anos
	kWh	€		
<b>Instalação de painéis fotovoltaicos</b>	11.385	2.418,17 €	25.275,00	10,5

NOTA:

Foi considerado, unicamente, um inversor da marca SMA, modelo SUNNY TRIPOWER 10000TL e Painéis do tipo monocristalino, X21 354 Wp da Sunpower.

A tabela 23 demonstra um resumo geral das medidas de eficiência energética sugeridas, bem como os respectivos aspetos económicos.

**Tabela 23 Resumo das medidas de eficiência energética identificadas**

	Medida	Economia Anual				Investimento €	Retorno Simples Anos
		Eletricidade		Gás Natural			
		kWh	€	kWh	€		
1	<b>Substituição das lâmpadas T8 por LEDs</b>	7.090	861,19	-	-	2.480,00	2,9
2	<b>Instalação de sensores de movimento nos balneários</b>	4.313	523,88	-	-	270,00	0,5
3	<b>Instalação da caldeira a pellets de madeira</b>	-	-	-	17.259,82	68.634,00	3,98
4	<b>Instalação de sistema solar térmico para aquecimento das AQS</b>	-	-	21.592,22	924,15	10.750,00	11,6
5	<b>Instalação de painéis fotovoltaicos</b>	11.385	2.418,17	-	-	25.275,00	10,5

## **5.2. Recomendações de eficiência energética**

### **5.2.1. Recomendação 1 – Colocação de cobertura isotérmica nas piscinas durante os períodos de encerramento das piscinas ao público**

Perante as informações que foram fornecidas, foi possível reparar que não é utilizada nenhuma cobertura isotérmica para redução das perdas térmicas para a envolvente durante os períodos de inatividade das piscinas.

Desta forma, tendo como objetivo a diminuição do consumo de energia relativo ao aquecimento da piscina e à desumidificação do ar, recomenda-se a instalação de uma cobertura em cada piscina.

Uma vez que não existem dados suficientes para determinar a redução anual do consumo de energia e o benefício económico, estima-se que a implementação de uma cobertura isotérmica traduzir-se-á numa redução significativa, principalmente a nível de consumo de gás natural. Contudo, esta medida acarreta um investimento considerável.

### **5.2.2. Recomendação 2 – Revisão das bombas de circulação da piscina**

Durante os levantamentos obteram-se dados referentes às bombas de circulação que, no entanto, não permitem conhecer o consumo das mesmas. Assim sendo, não foi possível determinar a viabilidade económica da sua substituição.

Recomenda-se uma análise ao estado das bombas, sendo que, caso sejam equipamentos com algum tempo, devem ser substituídas por equipamentos recentes e com altos rendimentos, visto que algumas das bombas funcionam 24h por dia.

### **5.2.3. Recomendação 3 – Substituição e colocação de isolamentos térmicos nas tubagens**

Perante as informações e os dados obtidos no trabalho de campo foi possível verificar que, como demonstram as figuras 47 e 48, em alguns casos o isolamento das tubagens está visivelmente em mau estado, sendo que noutros casos não existe sequer isolamento térmico.



**Figura 47 Exemplo de tubagens sem isolamento térmico**



**Figura 48 Exemplo de tubagens com isolamento térmico degradado**

De modo a otimizar os consumos energéticos e reduzir as perdas térmicas devido à circulação de água quente nas tubagens, é aconselhada a colocação de isolamentos e a reparação/substituição dos que estão em mau estado.

#### **5.2.4. Recomendação 4 – Revisão e renegociação dos contratos de fornecimentos de energia**

Uma vez que, no que diz respeito à energia elétrica, estamos perante um mercado liberalizado, é aconselhado que seja feita uma análise dos preços praticados no mercado e escolher o fornecedor que possibilite obter um melhor contrato, visando, desta forma, uma redução de custos energéticos.

### **5.3. Conclusões**

O presente capítulo está dividido em duas partes: uma faz referência às medidas propostas e a outra às recomendações de eficiência energética. Enquanto as medidas propostas apresentam a componente económica, não foi possível apresentar o mesmo nas recomendações visto que não existem dados suficientes para a sua determinação.

Apesar de não ser apresentada a componente económica das recomendações, não significa que estas devem ser colocadas de parte ou questionar a sua importância. Quer as medidas quer as recomendações são *inputs* importantes para implementar uma filosofia de gestão de energia, que certamente irá obter impactos positivos, quer a nível económico quer a nível ambiental.



## 6. Conclusão

A presente dissertação tinha como principal objetivo estudar e analisar as medidas que permitissem melhorar o desempenho energético da piscina municipal em estudo. O presente relatório reforça a importância da metodologia utilizada com o intuito de encontrar oportunidades de racionalização de energia e implementação de medidas de eficiência energética. Estas oportunidades e medidas dão a conhecer o impacto significativo que a eficiência energética apresenta no consumo da eletricidade em Portugal.

Todos os dados foram fornecidos, sob anonimato, por uma empresa prestadora de serviços que realizou uma auditoria energética a uma piscina municipal em 2014. Através das faturas disponibilizadas de energia elétrica e do gás natural foi perceptível a diferença do consumo de energia entre ambas, bem como os custos que trouxeram no ano 2013. Face aos encargos que apresentaram, foi necessário estudar e analisar a instalação e encontrar oportunidades de racionalização de energia.

Os dados fornecidos só permitiram realizar uma caracterização energética parcial do edifício, uma vez que só foram apresentadas medições de energia elétrica e térmica. Não foi possível estudar o desempenho energético da componente térmica da envolvente da piscina. Foi possível conhecer os principais consumidores de energia e os respectivos perfis de consumo, através dos resultados de exame energético.

Uma vez que não havia acesso a toda a informação, não foi possível analisar os custos nem avaliar as vantagens associadas à implementação de todas as medidas de eficiência energética. As medidas apresentadas focaram-se na central térmica, iluminação e energias renováveis e foi realizada uma análise de custos e proveitos. Estas medidas são apresentadas juntamente com um quadro resumo que apresenta a poupança, o investimento e o *payback*, onde é possível perceber e reforçar, de uma forma clara, as respectivas vantagens económicas. Assim sendo, as cinco medidas apresentadas juntamente com as recomendações podem levar a uma poupança anual de cerca de 20%.

Após a realização da dissertação é possível verificar que existem algumas lacunas, nomeadamente a falta de uma caracterização energética mais profunda da piscina municipal, que englobe todas as componentes. Assim sendo, algumas recomendações para futuros trabalhos são:

- Realizar-se uma auditoria energética com emissão de certificado energético;
- Realizar-se uma auditoria à qualidade de ar interior e;
- Realizar-se uma auditoria à qualidade térmica da envolvente do edifício.

## Referências Documentais

- [1] International Energy Agency, “2014 Key World Energy STATISTICS,” 2014.
- [2] International Energy Agency, “World Energy Outlook,” *Int. Energy Agency*, 2011.
- [3] Eurostat, “Eurostat - Energy Dependence, Tables, Graphs and Maps Interface (TGM) table,” 2013. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=tsdcc310>.
- [4] DGEG, “Direção Geral de Energia e Geologia,” *Energia Elétrica*. 2013.
- [5] DGEG, “Renováveis, Estatísticas Rápidas,” 2015.
- [6] Parlamento Europeu e do Conselho, “Directiva 2002/91/CE,” *J. Of. das Comunidades Eur.*, 2002.
- [7] Ministério da Economia e Inovação e do Desenvolvimento, “Decreto-Lei n.º 80/2006,” *Diário da República*, 2006.
- [8] Ministério da Economia e do Emprego, “Decreto-Lei n.º 118/2013,” *Diário da República*, 2013.
- [9] R. Fragoso, “Encontro 2013 ADENE -Agências Regionais e Municipais de Energia,” 2013.
- [10] Assembleia da República, “Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética - Portugal Eficiência 2015,” *Diário da República*, vol. 1ª serie, 2008.
- [11] Ministério da Economia e Inovação e do Desenvolvimento, “Despacho n.º 6001/2011 (PNAEE),” *Diário da República*, 2011.
- [12] Presidência do Conselho de Ministros, “Resolução do Conselho de Ministros n.º 37/2001 de 3 de Abril,” *Diário da República - I, Série B, nº 79, 3 Abril*, 2001.

- [13] P. Cabral, “O PNAEE 2016 e PNAER 2013-2020 : Estratégias para a Eficiência Energética e Energias Renováveis,” *Assoc. Port. da Energ.*, 2013.
- [14] Presidência do Conselho de Ministros, “PNAEE e PNAER,” *Diário da República*, 2013.
- [15] P. E. Albert Thumann and W. J. Younger, *Handbook of Energy Audits*, Seventh Ed. 2008.
- [16] H. Fonte, “Auditorias Energéticas,” 2012.
- [17] Diário da Republica, “Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril,” *Act.Gov.Pt*, pp. 2222–2226, 2008.
- [18] C. Gaspar, “Eficiência Energética na Industria,” 2004.
- [19] Adene, “SGCIE - Metas.” [Online]. Available: <http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SGCIE/SGCIE/Metas/Paginas/welcome.aspx>.
- [20] Ministério da Educação e Ciência, “3.º Suplemento - Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013,” *Diário da República*. p. 35088–(13), 2013.
- [21] Ministérios do ambiente ordenamento do território e energia e da solidariedade emprego e segurança social, “Portaria n.º 349-D/2013,” 2013.
- [22] Ministério da Economia e da Inovação, “Despacho 17313/2008,” 2008.
- [23] Instituto Português da Qualidade, “Directiva CNQ 23/93.” 1993.
- [24] Beretta Power Plus Intelligent, “Power Plus High Efficiency Condensing Boilers.” 2015.

# Anexo A. Análise do desempenho energético

Neste anexo está descrito a estimativa de desempenho energético de um sistema solar térmico, gerado pelo *software Solterm*.

-----  
SolTerm 5.0

Licenciado a Formadores do SCE  
(Módulo RCCTE)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico com depósito pressurizado  
-----

Painel  
-----

Modelo de colector: plano 1,5 m<sup>2</sup> (para ensaios)  
Tipo: Plano  
(15 módulos) 22,5 m<sup>2</sup>  
Rendimento óptico: 70,00%  
Coeficiente de perdas térmicas a1: 5,000 W/m<sup>2</sup>/K  
Coeficiente de perdas térmicas a2: 0,050 W/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>  
Modificador de ângulo a 50°: 0,90

Caudal no grupo painel/permutador: 86,2 l/m<sup>2</sup> por hora (=0,54 l/s)  
-----

Permutador  
-----

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 75%  
(factor de penalização: 97%)  
-----

Depósito  
-----

Modelo: 2 x 2000 l \_Piscinas\_2  
Volume: 2000 l  
Área externa: 11,35 m<sup>2</sup>  
Material: Inox  
Posição vertical  
Deflectores interiores  
Coeficiente de perdas térmicas: 11,75 W/°C  
-----

Cargas térmicas  
-----

Consumo de água nova, sem recuperação de calor.  
Temperatura nominal: 60°C  
Temperatura mínima aceite: °C  
(Existem válvulas misturadoras.)

Perfis de consumo de segunda a sexta (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10	564	564	564	564	564	564	564		564	564	564	564
11	652	652	652	652	652	652	652		652	652	652	652
12	456	456	456	456	456	456	456		456	456	456	456
13	512	512	512	512	512	512	512		512	512	512	512
14												
15												
16	356	356	356	356	356	356	356		356	356	356	356
17	336	336	336	336	336	336	336		336	336	336	336
18	464	464	464	464	464	464	464		464	464	464	464
19	1644	1644	1644	1644	1644	1644	1644		1644	1644	1644	1644
20	1104	1104	1104	1104	1104	1104	1104		1104	1104	1104	1104
21	956	956	956	956	956	956	956		956	956	956	956
22	968	968	968	968	968	968	968		968	968	968	968
23												
24												
diário	8012	8012	8012	8012	8012	8012	8012		8012	8012	8012	8012

Perfis de consumo ao fim-de-semana (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460
12	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460
13	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
14												
15												
16												
17	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
18	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
19	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
20												
21												
22												
23												
24												
diário	1780	1780	1780	1780	1780	1780	1780	1780	1780	1780	1780	1780

-----  
Localização, posição e envolvente do sistema  
-----

Concelho de Vila Nova de Gaia

Latitude 41,1°N (nominal)

Longitude 8,6°W (nominal)

TRY SNCE 2006

-

Inclinação do painel: 36°

Azimute do painel: 0°

Obstruções do horizonte: 3° (por defeito)

-----  
Balanço energético mensal e anual  
-----

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	52	85	,	1128	9867	8739
Fevereiro	69	102	,	1260	8455	7195
Março	105	128	,	1499	8952	7453
Abril	143	156	,	1930	8705	6775
Maio	170	169	,	2059	9230	7171
Junho	180	172	,	2039	7896	5857
Julho	200	195	,	2482	8441	5958
Agosto	182	193	19,	1012	1170	157
Setembro	129	151	,	1926	7847	5921
Outubro	95	133	,	1770	9183	7413
Novembro	62	100	,	1229	8821	7592
Dezembro	49	84	,	1098	9140	8042
Anual	1435	1668	19,	19433	97707	78273

Fracção solar: 19,9%

Produtividade: 864 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

## Anexo B. Análise económica de um sistema solar.

Neste anexo está presente um relatório de análise do interesse num investimento em energia solar, gerado pelo *software Solterm*.

---

SolTerm 5.0

Licenciado a Formadores do SCE  
(Módulo RCCTE)

Análise do interesse num investimento em energia solar  
vs. um outro investimento financeiro seguro.

---

Parâmetros operacionais e económicos do sistema

---

Área de captação: 22,5 m<sup>2</sup>

Tempo de vida da instalação: 20 anos  
Renovação de componentes: no 11<sup>o</sup> ano

Componente fixa do preço: 600 €  
Componente variável do preço: 450 €/m<sup>2</sup> de colector  
Preço total do sistema: 10725 €

Valor das renovações: 5,0 % do preço do sistema  
Manutenção anual: 1,0 % do preço do sistema  
Valor residual em fim de vida: 5,0 % do preço do sistema

Fonte de energia convencional: Gás Natural  
Poder Calorífico Inferior: 12,79 kWh/l  
Rendimento da transformação: 30 %  
Preço da energia convencional: 0,170 €/l (0,044 €/kWh)  
Energia convencional deslocada: 19434 kWh/ano

---

Cenário financeiro sobre 20 anos

---

Taxa de inflação média: 2,5 % ao ano  
Deriva média do preço da energia: 2,0 % ao ano (acima da inflação)  
Rendimento seguro de aplicação alternativa: 4,5 % ao ano

---

Síntese de resultados da análise

---

Opção: aplicação num sistema solar

---

Investimento:	-10725 €
Custos energéticos evitados:	27011 €
Valor residual em fim-de-vida:	879 €
Reinvestimentos:	10948 €
Manutenção:	-2808 €
Reparações:	-704 €
Benefícios totais:	24601 €

Opção: aplicação financeira segura alternativa

---

Investimento:	-10725 €
Restituição do capital:	10725 €
Rendimento:	15141 €
Benefícios totais:	25866 €

N.B. Valores a preços correntes (i.e. incluindo inflação); quaisquer poupanças líquidas obtidas com o sistema solar são de imediato reinvestidas com o rendimento seguro da aplicação alternativa.

Análise de rentabilidade

	Valor actualizado líquido	Rentabilidade média anual
Sistema solar:	4288 €	4,1%
Aplicação alternativa:	5060 €	4,5%

Avaliação: Investimento em energia solar compensador nestas condições

ANEXO: tabela de cash-flow anual a preços correntes para a operação do sistema solar

Ano	Preço do sistema	Incentivos	Manutenção	Reparações	Energia evitada	Salvados	Balanço anual	Balanço acumulado simples (**)
0	-10725 €						-10725 €	-10725 €
1			-110 €		861 €		751 €(*)	-9974 €
2			-113 €		900 €		787 €(*)	-9187 €
3			-115 €		940 €		825 €(*)	-8362 €
4			-118 €		983 €		864 €(*)	-7498 €
5			-121 €		1027 €		905 €(*)	-6592 €
6			-124 €		1073 €		949 €(*)	-5644 €
7			-127 €		1121 €		994 €(*)	-4650 €
8			-131 €		1172 €		1041 €(*)	-3609 €
9			-134 €		1224 €		1091 €(*)	-2518 €
10			-137 €		1280 €		1142 €(*)	-1376 €
11			-141 €	-704 €	1337 €		493 €(*)	-883 €
12			-144 €		1397 €		1253 €(*)	370 €
13			-148 €		1460 €		1312 €(*)	1682 €
14			-152 €		1526 €		1374 €(*)	3056 €
15			-155 €		1595 €		1439 €(*)	4496 €
16			-159 €		1666 €		1507 €(*)	6003 €
17			-163 €		1741 €		1578 €(*)	7581 €
18			-167 €		1820 €		1652 €(*)	9233 €
19			-171 €		1902 €		1730 €(*)	10963 €
20			-176 €		1987 €	879 €	2690 €	13653 €(***)

(\*) disponível para reinvestimentos a receber no final do período em análise

(\*\*) i.e. balanço excluindo os reinvestimentos

(\*\*\*) adicionar 10948 € resultado de reinvestimentos

Valor final do investimento no sistema solar a preços correntes: 24601 €

Valor actualizado líquido (VAL): 4288 €