



• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Estudo de viabilidade económico-financeira na implementação de medidas de melhoria de eficiência energética aplicadas a um caso prático – Estádio Universitário de Coimbra

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Autor

Bruno Miguel Ventura Rodrigues

Orientadores

Professor Doutor José Carlos Miranda Góis

Engenheiro José Ferreira Pimentão

Júri

Presidente Professor Doutor Pedro de Figueiredo Vieira Carvalheira
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor José Carlos Miranda Góis
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Professor Doutor José Manuel Baranda Moreira da Silva
Ribeiro
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Engenheiro José Ferreira Pimentão
CEO do Grupo SINERGIAE

Colaboração Institucional



Grupo SINERGIAE

Coimbra, Fevereiro, 2013

*But the real way to get happiness is by giving out happiness to other people.
Try and leave this world a little better than you found it and when your turn comes to die,
you can die happy in feeling that at any rate you have not wasted your time but have done
your best. "Be Prepared" in this way, to live happy and to die happy - stick to your Scout
Promise always when you have ceased to be a boy - and God help you to do it.*

Robert Baden-Powell, Baden-Powell's Last Message to Scouts

Aos meus pais.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais aos meus pais, pelo apoio incondicional que sempre me prestaram ao longo do meu percurso académico.

O meu mais sincero obrigado ao meu orientador Professor Doutor José Carlos Miranda Góis, que me guiou e esclareceu durante a elaboração da tese que ora se apresenta.

Ao Grupo SINERGIAE, na pessoa do Engenheiro José Ferreira Pimentão, meu orientador, que me recebeu, ajudou e iluminou com as suas ideias, contribuindo fortemente para o resultado da minha dissertação. Aos seus colaboradores agradeço a amizade, espírito de entajuda e transmissão de conhecimentos que permitiram o crescimento das minhas capacidades intelectuais e humanas.

Agradeço ainda ao Estádio Universitário de Coimbra, na pessoa da Sra. Engenheira Maria Morais, pela forma amável e atenciosa como fui recebido nas respectivas instalações.

E porque não teria sido possível empreender este caminho com a dedicação e o empenho necessários, nem teria tido o mesmo significado sem a sua presença agradeço à família e amigos o incentivo, a coragem e a calma que sempre me souberam dar no momento certo. Por todo o apoio e generosidade, muito obrigado.

O meu muito obrigado à Inês, por tornar tudo mais fácil, por todo o apoio, carinho e perseverança durante a elaboração deste trabalho e ao longo da nossa vida.

Por fim, uma palavra ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra pela honra que foi, é, e continuará a ser frequentar uma instituição de ensino tão prestigiada.

Resumo

O relatório que se apresenta de seguida foi desenvolvido em cooperação com a empresa SINERGIAE – Energias Renováveis, Lda. pertencente ao GRUPO SINERGIAE e o Estádio Universitário de Coimbra (EUC) de modo a otimizar e diminuir os consumos energéticos assim como o seu custo associado.

Os complexos desportivos representam um tipo de edifício com elevado potencial de poupança energética, sendo alvo de análise em alguns países da União Europeia por Empresas de Serviços Energéticos (ESCO).

Inicialmente realiza-se um estudo das necessidades energéticas permitindo identificar os sectores prioritários de atuação para implementação de medidas de melhoria da eficiência energética. Através da análise dos dados históricos de faturação e utilização determinam-se relações de consumo específico possibilitando a comparação do desempenho energético com edifícios semelhantes.

As medidas de melhoria apresentadas focam-se na transformação de energia térmica para a produção de Água Quente Sanitária (AQS), através da implementação de sistemas solares térmicos no Pavilhão I, Pavilhão II e Culturismo. A análise do investimento nestas medidas de melhoria realiza-se de duas formas, o investimento total pelo EUC por capitais próprios, ou partilhando o investimento com a intervenção de uma ESCO.

A intervenção por parte de uma ESCO permite reduzir o investimento inicial na implementação de medidas de melhoria por parte do EUC em 60%, proporcionando tempos de recuperação do investimento de 4 a 6 anos. Do ponto de vista da ESCO a rentabilização do investimento realiza-se através da remuneração da poupança energética obtida permitindo reduções significativas no consumo de energia destinada à produção de AQS.

Palavras-chave: Auditoria energética, *Benchmarking*, Eficiência energética, Serviços energéticos.

Abstract

The following report was developed in a cooperation between the SINERGIAE – Energias Renováveis, Lda company and the University of Coimbra Stadium (EUC) in order to optimize and decrease the energy consumptions as well as their associated cost.

The sports complexes represent a type of building with high potential in the energy savings, and they have been a target of analysis by energy service companies (ESCO) in some European countries.

Firstly is performed a study of the energy demand to identify the critical sectors where the energy efficiency should be improved. With the analysis of the historical data (energy bill and number of athletes) is estimated the specific thermal and electrical consumptions, and results compare with others obtained for similar buildings.

The solutions proposed to improve the efficiency and reduce energy bill are focused in the conversion of solar energy to thermal energy to produce domestic hot water (DHW) to supply the demand of the Sports Hall I, Sports Hall II and Bodybuilding. The investment analysis is carried out in two ways, the total investment by the EUC, or sharing the investment with an Energy Service Company (ESCO).

The connection of EUC with an ESCO allows to reduce the initial investment in 60% when compare to EUC alone and afford the investment in 4 to 6 years. The profit for the ESCO comes from the balance of energy payment from the EUC and the energy saving with addition of solar collector to produce DHW.

Keywords Energy Audit, Benchmarking, Energy Efficiency, Energy Services.

Índice

Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas.....	xiii
Simbologia e Siglas	xvii
Simbologia	xvii
Siglas	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento e objetivos	2
1.2. Estrutura da dissertação.....	4
2. O NOVO PARADIGMA ENERGÉTICO	5
2.1. O consumo energético e a qualidade ambiental	5
2.2. Política energética nacional – incentivos governamentais e cenários de exploração	9
2.3. Auditoria energética	10
3. CONSUMO ENERGÉTICO EM COMPLEXOS DESPORTIVOS E SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	15
3.1. Indicadores de consumo específico.....	15
3.2. Sistemas de produção de energia para produção de calor e energia elétrica.....	16
3.3. A empresa de serviços energéticos e o mercado europeu	18
4. AVALIAÇÃO DE PROJECTOS DE INVESTIMENTO.....	21
4.1. Indicadores de avaliação	21
4.2. Modelo para estimar o custo total da central solar térmica.....	23
5. CASO DE ESTUDO: COMPLEXO DO ESTÁDIO UNIVERSITÁRIO DE COIMBRA	25
5.1. Metodologia	26
5.2. Perfil mensal de ocupação dos espaços desportivos entre 2006 e 2011	27
5.3. Infraestrutura de produção de AQS.....	30
5.4. Consumos de água, gás propano e energia elétrica.....	33
5.5. Consumos específicos por edifício.....	40
5.6. Avaliação económico-financeira da implementação de novas soluções para a produção de AQS	52
5.7. Estudo de viabilidade económica com intervenção da ESCO	57
6. CONCLUSÕES.....	63
6.1. Perspectivas de desenvolvimento futuro	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXO A – Distribuição mensal de utilizadores do EUC	69
ANEXO B – Número médio mensal do utilizadores	81
ANEXO C – Planta do EUC	85

ANEXO D – Consumo e despesas com energia e cálculo das necessidades de AQS	87
ANEXO E – Relatórios de simulação solar térmica	103
ANEXO F – <i>Cash flow</i> dos investimentos	109
ANEXO G - <i>Cash flow</i> dos investimentos com intervenção da ESCO	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Evolução do preço (USD) do barril de petróleo entre 1861 e 2011 (Fonte: <i>BP statistical review of world energy, 2012</i>).....	5
Figura 2.2 – Comparação entre o consumo mundial de energia primária em 1973 e 2010 (Fonte: <i>International Energy Agency, 2012</i>). Mtoe – Milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).....	6
Figura 2.3 – Evolução do consumo mundial de energia primária (em Mtep) desde 1971 a 2010 (Fonte: <i>International Energy Agency, 2012</i>).	6
Figura 2.4 – Emissões de CO _{2(eq)} na UE-27 por sectores de atividade em 2007 (Fonte: <i>International Energy Agency, 2012</i>).....	7
Figura 2.5 - Comparação da evolução da média do valor de intensidade energética na EU-27 e em Portugal (Fonte: Eurostat, 2012).	8
Figura 2.6 – Evolução da taxa de dependência energética de Portugal entre 2000 e 2010 (Fonte: DGEG, 2012).....	9
Figura 5.1 - Vista aérea de satélite do EUC (Fonte: Google Earth©).....	25
Figura 5.2 – Evolução do número anual de utilizadores dos espaços desportivos do EUC de 2006 a 2011.....	28
Figura 5.3 – Perfil de utilização mensal de todos os espaços desportivos do EUC desde 2006 a 2011.....	28
Figura 5.4 - Distribuição anual de utilizadores do EUC por espaço desportivo em 2011..	30
Figura 5.5 - Termoacumuladores a gás para preparação de AQS no pavilhão I.....	31
Figura 5.6 – Esquentador <i>Vulcano</i> WR 400 (a) e termoacumulador a gás <i>Junkers</i> (b) para preparação de AQS no pavilhão II.....	32
Figura 5.7 – Caldeiras <i>Roca tecno</i> para preparação de AQS e climatização do pavilhão III.	32
Figura 5.8 – Esquentador para preparação de AQS no Culturismo.	33
Figura 5.9 – Consumo e custo anual de energia elétrica do EUC entre 2006 e 2011.	34
Figura 5.10 – Consumo e custo anual de gás propano (a granel) do EUC entre 2006 e 2011.	34
Figura 5.11 – Consumo e respetivo custo médio mensal de energia elétrica entre 2006 e 2011.....	37
Figura 5.12 – Consumo médio mensal de gás propano no EUC entre 2006 e 2011.....	38
Figura 5.13 – Variação do custo específico de gás propano desde 2006 a 2011 e equação de tendência (C_{ep} –custo específico de gás propano, A–ano).	39

Figura 5.14 – Consumo específico de energia por utilizador e equação de tendência, se se mantiverem as infraestruturas e equipamentos atuais (E_p – Energia primária por utilizador, A–ano).	40
Figura 5.15 – Representação das estimativas médias de consumo de gás propano no EUC.	41
Figura 5.16 – Perfil de ocupação mensal do pavilhão I de 2009 a 2011	43
Figura 5.17 – Fração de ocupação horária do pavilhão I incluindo fins de semana.	43
Figura 5.18 – Perfil anual da média mensal do consumo diário de AQS no pavilhão I.	46
Figura 5.19 – Perfil anual da média mensal do consumo diário de AQS no pavilhão II.	48
Figura 5.20 – Consumo médio diário mensal de AQS no culturismo.	50
Figura 5.23 – <i>Cash flows</i> acumulado e atualizado para a intervenção no pavilhão I.	60
Figura 5.24 – <i>Cash flow</i> acumulado e atualizado para a intervenção no pavilhão II.	61
Figura 5.25 - <i>Cash flow</i> acumulado e atualizado para a intervenção no culturismo.	61
Figura A.1 – Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2006 e respetiva equação de correlação.	70
Figura A.2 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2006 e respetiva equação de correlação.	70
Figura A.3 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2007 e respetiva equação de correlação.	71
Figura A.4 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2007 e respetiva equação de correlação.	72
Figura A.5 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2008 e respetiva equação de correlação.	73
Figura A.6 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2008 e respetiva equação de correlação.	73
Figura A.7 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2009 e respetiva equação de correlação.	74
Figura A.8 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2009 e respetiva equação de correlação.	75
Figura A.9 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2010 e respetiva equação de correlação.	76
Figura A.10 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2010 e respetiva equação de correlação.	76
Figura A.11 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2011 e respetiva equação de correlação.	77
Figura A.12 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2011 e respetiva equação de correlação.	78

Figura B.1 – Perfil de ocupação mensal do pavilhão II de 2009 a 2011.....	82
Figura B.2 – Perfil de ocupação mensal do culturismo de 2009 a 2011	83
Figura C.1 – Planta de implantação do EUC.	85
Figura D.1 - Consumo médio diário mensal de AQS no pavilhão II.....	95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1 – Modalidades por espaço desportivo (Fonte: www.uc.pt/estadiouniversitario).	26
Tabela 5.2 – Número de utilizadores médios anuais em cada espaço desportivo do EUC.	29
Tabela 5.3 - Potência térmica total instalada em cada edifício desportivo do EUC.	33
Tabela 5.4 – Consumos anuais de água, energia elétrica e gás propano da cantina do EUC de 2006 a 2010.	35
Tabela 5.5 – Número médio de refeições diárias servidas em 2010.	36
Tabela 5.6 – Consumo específico de água, energia elétrica e gás na cantina do EUC em 2010.	36
Tabela 5.7 – Consumos totais e parciais de água, energia elétrica e gás do EUC de 2006 a 2010.	41
Tabela 5.8 – Desagregação do consumo de gás propano por espaço do EUC.	42
Tabela 5.9 – Estimativa dos valores da energia consumida e energia disponível em 2009 e 2010 no pavilhão I.	44
Tabela 5.10 – Valores do consumo de AQS por utilizador em 2009 e 2010 no pavilhão I.	45
Tabela 5.11 – Estimativa do número efetivo de utilizadores de AQS no pavilhão I.	45
Tabela 5.12 – Procedimento do cálculo do consumo médio de AQS diário mensal no pavilhão I.	46
Tabela 5.13 – Estimativa dos valores da energia consumida e energia disponível em 2009 e 2010 no pavilhão II.	47
Tabela 5.14 – Valores do consumo de AQS por utilizador em 2009 e 2010 no pavilhão II.	47
Tabela 5.15 – Estimativa do número efetivo de utilizadores de AQS no pavilhão II entre 2009 e 2010.	47
Tabela 5.16 – Procedimento do cálculo do consumo médio de AQS diário mensal no pavilhão II.	48
Tabela 5.17 – Estimativa dos valores da energia consumida e energia disponível em 2009 e 2010 no culturismo.	49
Tabela 5.18 – Valores do consumo de AQS por utilizador em 2009 e 2010 no culturismo.	49
Tabela 5.19 – Estimativa do número efetivo de utilizadores de AQS no culturismo entre 2009 e 2010 no culturismo.	49
Tabela 5.20 – Procedimento do cálculo do consumo médio de AQS diário mensal no culturismo.	50
Tabela 5.21 – Consumos de referência por espaço desportivo do EUC em 2010.	51

Tabela 5.22 – Valores adotados para a análise económica.	53
Tabela 5.23 – Custos de funcionamento na situação atual sem instalação de sistema solar térmico – pavilhão I.	54
Tabela 5.24 – Poupança média obtida com a instalação do sistema solar térmico – pavilhão I.	54
Tabela 5.25 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um sistema solar térmico para o pavilhão I.	54
Tabela 5.26 – Custos de funcionamento na situação atual sem instalação de sistema solar térmico – pavilhão II.	55
Tabela 5.27 – Poupança média obtida com a instalação de sistema solar térmico – pavilhão II.	55
Tabela 5.28 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um sistema solar térmico para o pavilhão II.	56
Tabela 5.29 – Custos de funcionamento na situação atual sem instalação de sistema solar térmico - culturismo.	56
Tabela 5.30 – Poupança média obtida com a instalação de sistema solar térmico - culturismo.	57
Tabela 5.31 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um sistema solar térmico para o culturismo.	57
Tabela 5.32 – Custos de funcionamento na situação atual sem instalação de sistema solar térmico – pavilhão I.	58
Tabela 5.33 – Custos associados ao fornecedor de gás propano após implementação do sistema solar térmico – pavilhão I.	58
Tabela 5.34 – Custos relativos ao fornecimento de energia térmica pela ESCO através do sistema solar térmico no pavilhão I.	58
Tabela 5.35 – Custos totais de operação do pavilhão I para o EUC associados ao 1º ano de exploração do sistema.	59
Tabela 5.36 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um contrato de desempenho energético do ponto de vista do EUC.	59
Tabela 5.37 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um contrato de desempenho energético do ponto de vista da ESCO.	60
Tabela A.1 - Número de utilizadores mensais em 2006 do EUC.	69
Tabela A.2 - Número de utilizadores mensais em 2007 do EUC.	71
Tabela A.3 - Número de utilizadores mensais em 2008 do EUC.	72
Tabela A.4 - Número de utilizadores mensais em 2009 do EUC.	74
Tabela A.5 - Número de utilizadores mensais em 2010 do EUC.	75
Tabela A.6 - Número de utilizadores mensais em 2011 do EUC.	77

Tabela A.7 – Cálculo do número de utilizadores médios através das equações de aproximação.	78
Tabela A.8 – Distribuição média mensal de utilizadores do EUC de 2006 a 2011.	79
Tabela B.1 – Número anual de utilizadores do pavilhão I.	81
Tabela B.2 – Cálculo do número médio mensal de utilizadores do pavilhão I.	81
Tabela B.3 – Número anual de utilizadores do pavilhão II.	82
Tabela B.4 – Cálculo do número médio mensal de utilizadores do pavilhão II.	82
Tabela B.5 – Número anual de utilizadores do culturismo.	83
Tabela B.6 – Cálculo do número médio mensal de utilizadores do culturismo.	83
Tabela D.1 – Representação do consumo e o custo associado de gás propano de 2006 a 2011.	87
Tabela D.2 – Representação do consumo e o custo associado de gás propano ponderado pela utilização média mensal de 2006 a 2011.	88
Tabela D.3 – Representação do consumo e o custo associado ao fornecimento de energia elétrica de 2006 a 2011.	89
Tabela D.44 – Número anual de utilizadores do pavilhão I.	99
Tabela F.1 – <i>Cash flow</i> do investimento do pavilhão I.	109
Tabela F.2 – <i>Cash flow</i> do investimento do pavilhão II.	110
Tabela F.3 – <i>Cash flow</i> do investimento do culturismo.	111
Tabela G.1 – <i>Cash flow</i> do investimento do pavilhão I do ponto de vista do EUC.	113
Tabela G.2 – <i>Cash flow</i> do investimento do pavilhão I do ponto de vista da ESCO.	114
Tabela G.3 – <i>Cash flow</i> do investimento do pavilhão II do ponto de vista do EUC.	115
Tabela G.4 – <i>Cash flow</i> do investimento do pavilhão II do ponto de vista da ESCO.	116
Tabela G.5 – <i>Cash flow</i> do investimento do culturismo do ponto de vista do EUC.	117
Tabela G.6 – <i>Cash flow</i> do investimento do culturismo do ponto de vista da ESCO.	118

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

A_C – área de coletores solares [m^2]

C_B – Custo da caldeira de apoio [€]

C_C – Custo dos coletores solares térmicos [€/m²]

C_D – Custo dependente da área de colectores [€/m²]

C_{ep} – Custo específico do gás propano [€/kg]

C_f – Coeficiente do custo de combustível [€/MJ] ou [€/kWh]

CF_t – *Cash flow* de exploração no ano t [€]

C_{gc} – Consumo de gás propano excluindo a cantina [kg]

C_{HX} – Custo associado ao permutador de calor [€/m²]

C_I – Custo independente da área de colectores [€]

C_{IC} – Custo com instrumentação e controlo [€/m²]

C_O – Relação entre a área de transmissão térmica do permutador e a área dos colectores solares térmicos

c_p – Calor específico [kJ/(kg°C)]

C_{PS} – Custo com bombas de circulação e estruturas de suporte [€/m²]

C_S – Custo total da central solar térmica [€]

C_T – Custo dependente do volume de acumulação [€/m³]

e – taxa de inflação do combustível

E_{GP} – Energia fornecida pela combustão de gás propano [MJ] ou [MWh]

F_o – Fração da ocupação global

F_{solar} – Fração de energia fornecida pelo sistema solar térmico

i – taxa de atualização

I_t – Capital a investir no instante t [€]

j – taxa de inflação

m – Massa [kg]

n – ciclo de vida dos equipamentos [anos]

PCI – Poder Calorífico Inferior [MJ/kg]

$Q_{\text{útil}}$ – Energia térmica útil [MJ]

T_1 – Temperatura da água à entrada dos equipamentos térmicos [°C]

T_2 – Temperatura da água à saída dos equipamentos térmicos [°C]

V – Volume [m³]

V_T – Volume de acumulação do depósito solar térmico [m³]

ρ – Massa volúmica [kg/m³]

η – Eficiência dos equipamentos

Siglas

ADENE – Agência para a Energia

AQS – Água Quente Sanitária

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CO₂ – Dióxido de Carbono

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia

EAESCO – Associação Europeia de Empresas de Serviços Energéticos

ENE 2020 – Estratégia Nacional para Energia

EPC – *Energy Performance Contracting*

ESCO – *Energy Services Company*

EUC – Estádio Universitário de Coimbra

IEA – *International Energy Agency*

INE – Instituto Nacional de Estatística

PIB – Produto Interno Bruto

PNAEE – Plano Nacional de Acção para Eficiência Energética

SEP – Sistema Eléctrico Público

TIR – Taxa Interna de Rendibilidade

TPF – *Third Party Financing*

UE – União Europeia

USD – *United States Dollar*

VAL – Valor Atual Líquido

VR – Valor Residual

1. INTRODUÇÃO

O consumo crescente de energia primária a nível mundial e os consequentes impactes ambientais associados às emissões de CO₂ tem motivado um amplo debate na sociedade, materializado em diversos fóruns e conferências internacionais. Os resultados desses encontros têm conduzido a fixação de sucessivas metas para atingir uma maior eficiência energética, redução do consumo de combustíveis fósseis e um menor impacte ambiental, dando lugar ao estabelecimento de vários protocolos.

A União Europeia (UE) tem estado na vanguarda da definição de políticas para reduzir o consumo energético de energia primária e melhorar a qualidade do ambiente. A Diretiva 2006/32/CE, de 5 de Abril, surgiu assim da necessidade de melhoria da eficiência na utilização final de energia e da procura e promoção da produção de energia a partir de fontes renováveis. Por força desta diretiva os Estados-Membros deverão adoptar objectivos nacionais indicativos destinados a promover a eficiência na utilização final de energia e a garantir a viabilidade e crescimento contínuo do mercado de serviços energéticos.

O conceito de Empresa de Serviços Energéticos (ESCO¹), como empresa fornecedora de serviços de energia e/ou serviços de eficiência energética numa dada instalação ou processo, assumindo parte do risco financeiro que daí advém, é definida nesta Diretiva, e procura incentivar a implementação de medidas de eficiência energética, com base em alterações tecnológicas, comportamentais e/ou económicas.

De acordo com esta Diretiva, Portugal deve procurar atingir um objectivo global nacional indicativo de economias de energia de 9 % para 2016, a alcançar através de serviços energéticos e de outras medidas de melhoria da eficiência energética. De uma forma mais ambiciosa, o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) — Portugal Eficiência 2015, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de Maio, prevê uma melhoria da eficiência energética equivalente a 10 % do consumo final de energia até 2015.

¹ ESCO – designação para *Energy Services Company*, corresponde a Empresa de Serviços Energéticos.

1.1. Enquadramento e objetivos

O enquadramento deste trabalho está diretamente relacionado com o Grupo SINERGIAE e a sua preocupação em promover a eficiência energética e a redução de consumos energéticos. Através da estreita ligação do Grupo SINERGIAE com o ambiente universitário surgiu o contacto por parte do Estádio Universitário de Coimbra (EUC). Este contacto tinha como principais objetivos as preocupações energéticas e financeiras que resultam da subida acentuada dos preços dos combustíveis. Após uma primeira abordagem propus-me, em parceria com o Grupo SINERGIAE, em fornecer soluções através deste relatório.

O EUC dispõe de uma infraestrutura composta por vários edifícios e espaços exteriores para a prática desportiva. Estima-se que cerca de 700 praticantes utilizem a infraestrutura e recorram aos balneários para no final de cada treino tomar banho. Os balneários encontram-se repartidos por vários edifícios e dispõem de equipamentos de produção de águas quentes sanitárias (AQS) antiquados e a funcionar longe da sua máxima eficiência, não permitindo baixar os custos com a fatura energética.

Segundo Trianti-Stourna, *et al.*, (1998), os custos com o consumo energético em complexos desportivos representam cerca de 30 % do custo total operacional do complexo. No caso de complexos desportivos, situados em Atenas, de média dimensão (1500 a 2000 m²), com mais de 20 anos de idade e sem sistemas de climatização, o consumo total de energia por unidade de área está compreendido entre 40 e 75 kWh/m² (Trianti-Stourna, *et al.*, (1998)).

A melhoria da eficiência energética dos equipamentos de produção de AQS e dos consumidores de energia eléctrica é atualmente considerada prioritária para baixar a fatura de energia nas empresas. Nesse sentido foi publicado o Decreto-Lei n.º 29/2011, de 28 de Fevereiro, que estabelece o regime jurídico aplicável à formação e execução dos contratos de desempenho energético que revistam a natureza de contratos de gestão de eficiência energética, a celebrar entre os serviços e organismos da Administração Pública direta, indireta e autónoma e as ESCOs, com vista à implementação de medidas de melhoria da eficiência energética nos edifícios públicos e equipamentos afectos à prestação de serviços públicos.

Atualmente, em Portugal as energias renováveis contribuem com cerca de 3,2 milhões de euros para o Produto Interno Bruto (PIB) nacional e empregam cerca de 50 mil pessoas. Mesmo com estes números, o sector parece estar a abrandar o seu ritmo ou mesmo a parar. Em 2008 a utilização de energias renováveis em Portugal chegou ao 5º lugar, entre países europeus EU-27 (Eurostat, 2010). Em 2010, 23,2 % da energia produzida era proveniente de fontes de energia renovável. Com os cortes de subsídios, ausência de financiamento bancário e a inevitável falência de muitas empresas, muito se alterou e o cenário favorável para a implementação de sistemas de energias renováveis, como colectores solares térmicos e painéis solares fotovoltaicos, não é o mesmo e exige que sejam apresentadas soluções técnicas adequadas, acompanhadas por um estudo económico-financeiro, que possa potenciar a realização de contratos entre ESCOs e serviços públicos ou privados.

Ainda que seja possível estudar várias soluções em termos de fontes de energia renováveis, este estudo dará preferência ao estudo da viabilidade técnica e económico-financeira da instalação de colectores solares para a produção de AQS.

Os objetivos deste estudo passam por:

- numa primeira fase, identificação e caracterização das edificações do complexo desportivo (EUC), levantamento dos equipamentos de produção de AQS existentes, análise histórica dos consumos de combustível e de energia elétrica e taxa de ocupação;
- numa segunda fase, conhecer quais as imposições legais, decorrentes da transposição da Diretiva 2006/32/CE e outros diplomas que se apliquem à gestão energética de complexos desportivos e quais os indicadores de referência para os gastos de energia térmica e elétrica;
- numa terceira fase, apresentar soluções técnicas e análise da viabilidade económico-financeira dessas soluções, numa perspectiva de alcançar uma maior eficiência em termos de gestão de energia e de poder atrair uma ESCO para, em regime de partilha de riscos financeiro, celebrar um contrato de prestação de serviços energéticos a partir das instalações do EUC.

1.2. Estrutura da dissertação

No capítulo 1 é feita uma contextualização da necessidade de reduzir a fatura energética em edifícios públicos e privados, através do uso de energias renováveis e o aumento da eficiência energética e é apresentado o problema do complexo desportivo do EUC em termos de infraestruturas e eficiência para a produção de energia térmica.

No capítulo 2 são apresentados alguns indicadores do consumo mundial de energia e das emissões de CO₂, e a situação de Portugal no contexto da EU-27 e quais as estratégias à médio-prazo para reduzir a dependência exterior do país para satisfazer o consumo energético. São descritas as etapas principais que uma auditoria energética envolve e apresentados alguns estudos sobre os consumos energéticos em complexos desportivos.

No capítulo 3 são apresentados alguns indicadores relativos ao consumo específico de energia em complexos desportivos, são enunciadas as principais formas de melhoria da eficiência energética em complexos desportivos e o mercado das ESCOs na UE-27 e em Portugal.

No capítulo 4 são apresentados os principais indicadores adotados para a avaliação de projetos de investimento. É ainda apresentado um modelo matemático para estimar o custo de sistemas solares térmicos.

No capítulo 5, dedicado ao caso de estudo, são apresentados a metodologia adotada para o levantamento e tratamentos dos resultados da auditoria energética, estabelecidas comparações com indicadores de referência e apresentado um estudo de viabilidade económico-financeira para a implementação de novas soluções para a produção de AQS e a intervenção de uma ESCO.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões e discutidas algumas propostas de estudo complementar, para a obtenção de resultados mais fiáveis ao nível da auditoria e de exploração de outras possíveis soluções técnicas e respetiva viabilidade económico-financeira.

Nos anexos são apresentados resultados do levantamento sobre a ocupação dos espaços, os consumos energéticos, os cálculos das necessidades AQS e a análise de viabilidade económica das medidas de melhoria a implementar em cada espaço.

2. O NOVO PARADIGMA ENERGÉTICO

2.1. O consumo energético e a qualidade ambiental

Devido à crise energética mundial, desde há vários anos que o preço do petróleo apresenta uma grande instabilidade, e tanto a energia como a procura da sua utilização eficiente despertaram um grande interesse público. Na Figura 2.1 estão representados os dados históricos do preço do petróleo e a sua evolução ao longo do tempo. A preços constantes de 2011 passámos de cerca de 10USD para mais de 100USD por barril desde 1970 a 2010. Vários acontecimentos revelaram a fragilidade na dependência energética dos países desenvolvidos face aos países produtores em regiões politicamente instáveis.

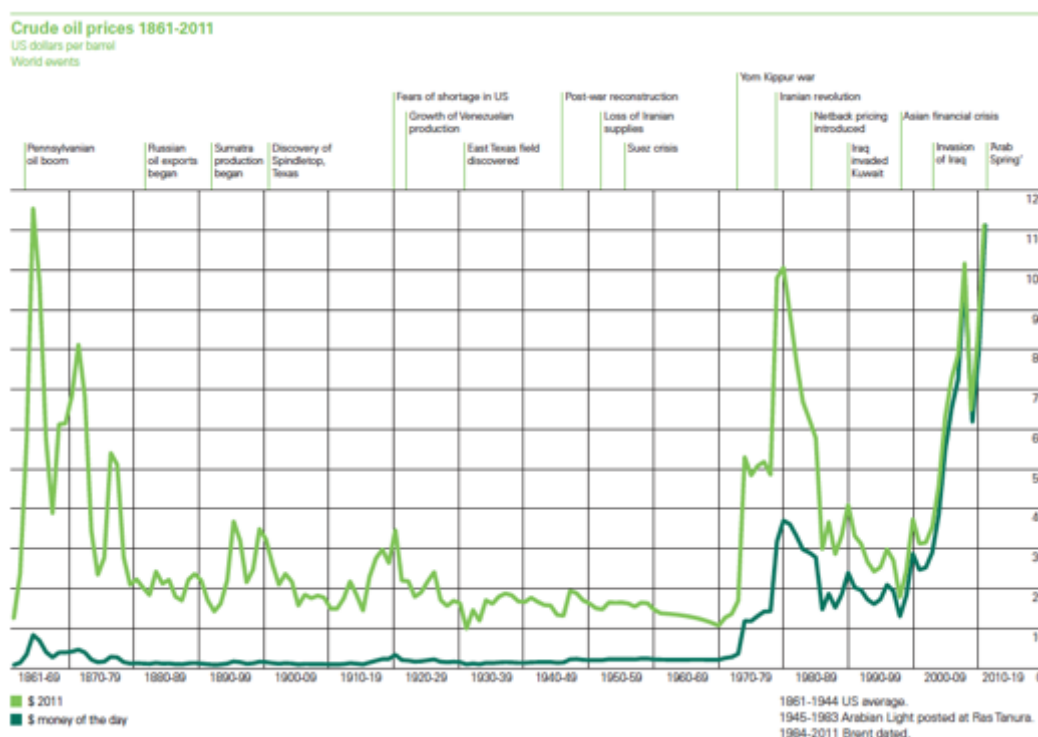


Figura 2.1 – Evolução do preço (USD) do barril de petróleo entre 1861 e 2011 (Fonte: *BP statistical review of world energy, 2012*).

A *International Energy Agency* (IEA) faz uma comparação entre o consumo mundial de energia primária em 1973 e 2010, como se pode observar na Figura 2.2. Este

aumento de utilização de energia está relacionado com a triplicação da população mundial após a II Guerra Mundial e a duplicação do consumo *per capita* no mesmo período, resultado da melhoria das condições de vida das populações, expansão da industrialização e do crescimento rápido de regiões muito populosas do extremo oriente (IEA, *Key World Energy Statistics*, 2012).

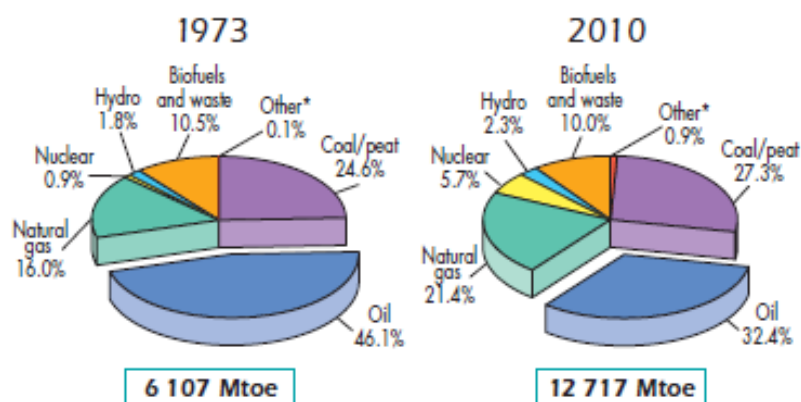


Figura 2.2 – Comparação entre o consumo mundial de energia primária em 1973 e 2010 (Fonte: *International Energy Agency*, 2012). Mtoe – Milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).

Segundo o relatório *Key World Energy Statistics 2012* da IEA, a utilização de energia fóssil ao nível mundial tem vindo a aumentar e a tendência mantém-se crescente como se verifica na Figura 2.3.

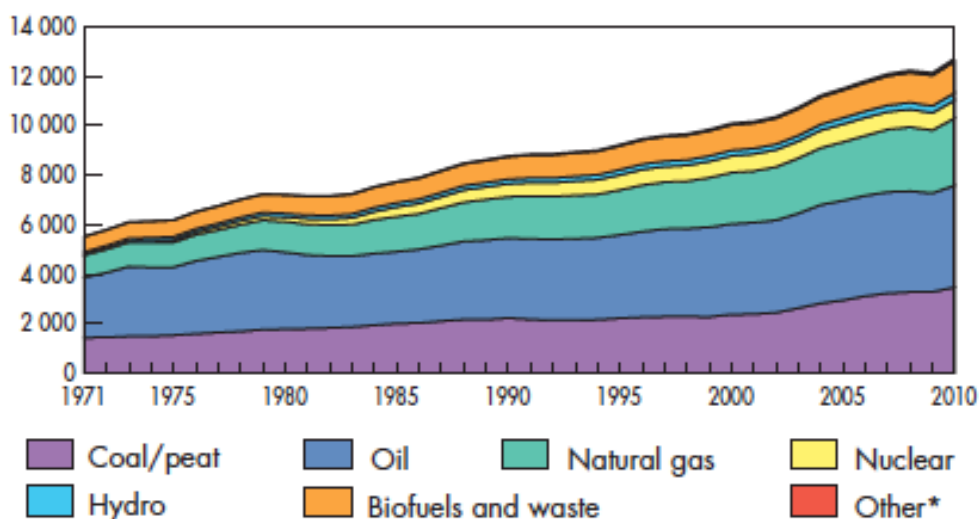


Figura 2.3 – Evolução do consumo mundial de energia primária (em Mtep) desde 1971 a 2010 (Fonte: *International Energy Agency*, 2012).

Ao nível ambiental, as emissões de gases de efeito de estufa acompanham esta tendência, em que os principais responsáveis são a indústria de produção de energia, os transportes e a indústria em geral (Figura 2.4).

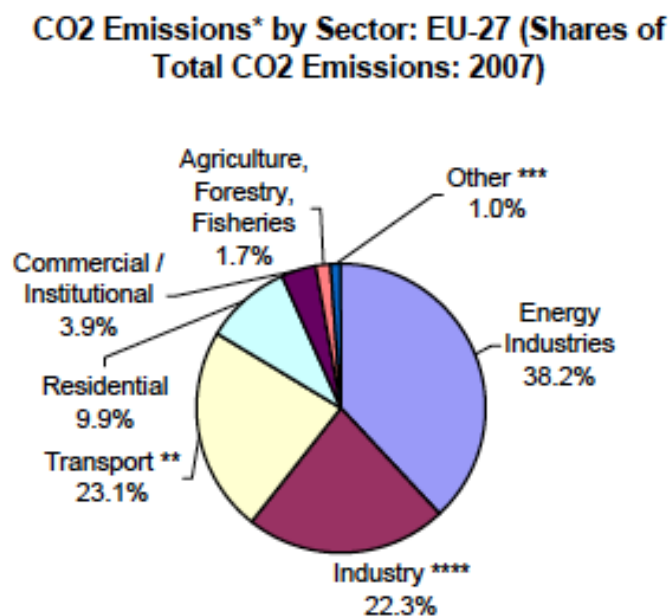


Figura 2.4 – Emissões de CO_{2(eq)} na UE-27 por sectores de atividade em 2007 (Fonte: *International Energy Agency, 2012*).

O aumento do consumo energético e de emissões de CO₂ levaram ao desenvolvimento prioritário de estratégias de eficiência energética, que através de iniciativas privadas em conjunto com os governos da União Europeia, permitem promover a eficiência energética, novas tecnologias para produção energética, imposição de limites de consumo de energia e o aumento da responsabilidade social na utilização racional de energia de modo a tornar possível um futuro mais sustentável (Pérez-Lombard, *et al.*, (2008)).

Para melhorar a sustentabilidade económica e contrariar esta tendência, garantindo a sustentabilidade energética e económica na UE, é necessário atuar de modo a garantir um futuro sustentável às gerações vindouras. A implementação de medidas de melhoria em instalações e equipamentos existentes, de modo a garantir um aumento na eficiência energética, assim como a instalação de novos equipamentos de elevada eficiência energética e a utilização de energias renováveis são os aspectos que terão de ser implementados de modo a atenuar esta dependência energética.

Deste modo, a estratégia energética da UE está focada em políticas que aumentem a parcela de energia renovável e a diversificação das fontes energéticas, de modo a aumentar a independência do fornecimento de energia e a diminuição na emissão de gases com efeito de estufa (Krajacic, *et al.*, (2011)).

A Figura 2.5 mostra a evolução da média do valor de intensidade energética dos 27 países da UE. Este indicador é a relação entre o consumo de energia e o PIB para um determinado ano, mostrando a evolução do consumo energético de uma economia e a sua eficiência global.

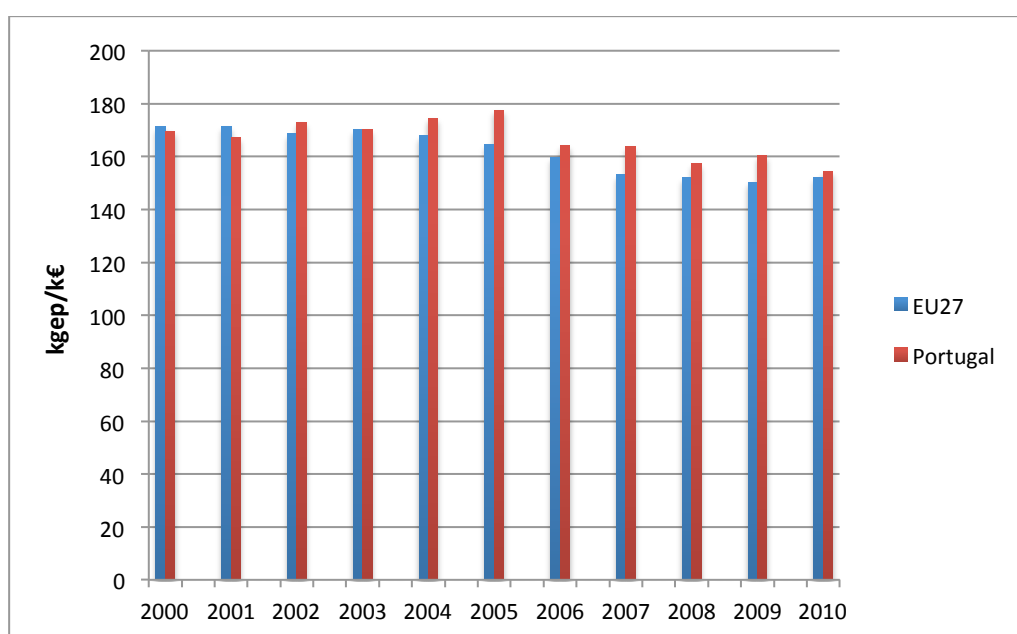


Figura 2.5 - Comparação da evolução da média do valor de intensidade energética na EU-27 e em Portugal (Fonte: Eurostat, 2012).

De acordo com a Diretiva europeia 2012/27/UE que veio substituir a Diretiva 2006/32/EC, a UE não está no bom caminho para atingir os objetivos de eficiência energética e redução do consumo de energia projetados para 2020. As administrações públicas dos estados membros da UE devem desempenhar o papel principal na implementação de medidas de melhoria da eficiência energética, incentivando boas práticas direcionadas para o uso racional de energia, sendo que o valor global de despesas públicas com energia representam 19 % do PIB da UE.

Segundo Fiaschi, *et al.*, (2012) a imposição de uma gestão eficiente dos consumos energéticos em serviços e edifícios públicos obriga as administrações a desempenhar o papel principal em projetos energéticos com especial atenção na redução

dos custos energéticos e a utilização racional de energia por parte dos cidadãos, permitindo com a redução do consumo de energia libertar recursos financeiros para outros fins.

As principais medidas de melhoria para redução do consumo energético aplicadas a municípios italianos, relativamente a escolas e ginásios, foram a instalação de sistemas fotovoltaicos, melhoria dos sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) e aplicação de coletores solares térmicos que são soluções de melhoria bem aceites pelas administrações públicas pois apresentam uma boa fiabilidade e representam um risco baixo na sua intervenção (Fiaschi, *et al.*, (2012)).

2.2. Política energética nacional – incentivos governamentais e cenários de exploração

Portugal enquadra-se na realidade europeia, ao nível da dependência energética nomeadamente nos recursos que asseguram a maioria das necessidades, como o petróleo, carvão e gás natural. A taxa de dependência energética tem vindo a decrescer desde 2005, mas mesmo assim, como mostra a Figura 2.6, situa-se em 76,7% em 2010.

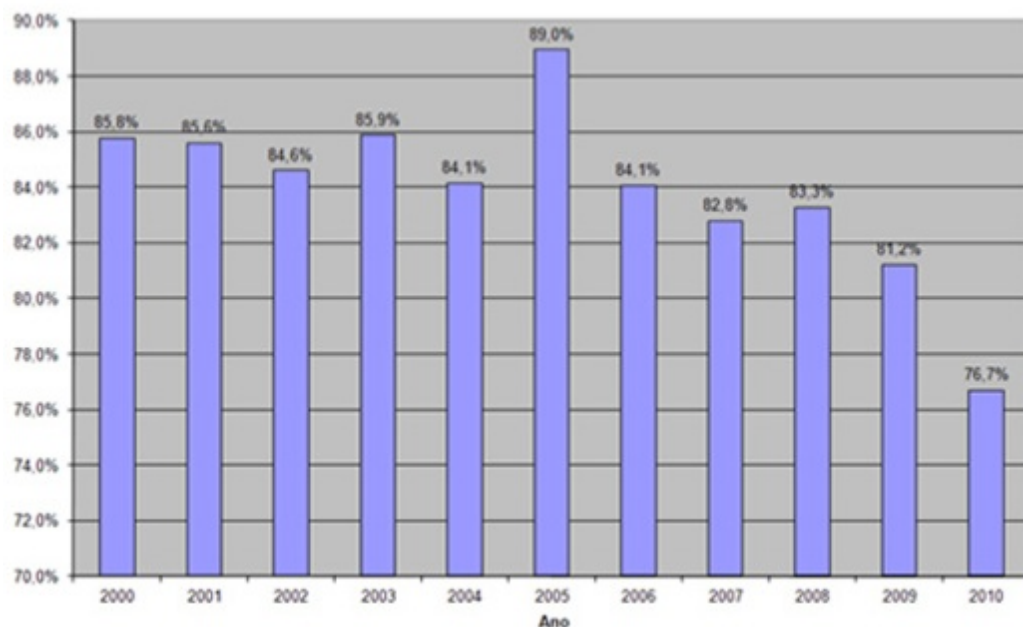


Figura 2.6 – Evolução da taxa de dependência energética de Portugal entre 2000 e 2010 (Fonte: DGEG, 2012).

De modo a atenuar a dependência energética externa, reduzir as emissões de CO₂ e aumentar a eficiência energética, o Governo português definiu a Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020). A ENE 2020 rege-se em cinco linhas de orientação

promovendo uma forte aposta nas energias renováveis e na promoção da eficiência energética.

As linhas de orientação da ENE 2020 são:

- Dinamização da economia para a criação de emprego através da aposta em projetos inovadores nas áreas da eficiência energética e das energias renováveis;
- Aposta nas energias renováveis de modo a atingir as metas nacionais de produção de energia renovável (segundo o Decreto-lei nº 141/2010 de 31 de dezembro será de 31% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de Portugal), reduzindo a dependência externa;
- Promoção da eficiência energética através da aposta no veículo elétrico e nas redes inteligentes, produção descentralizada de energia elétrica de base renovável e otimização dos modelos de iluminação pública e de gestão energética dos edifícios públicos, residenciais e de serviços;
- Garantir a segurança de abastecimento de energia através da diversificação das fontes de abastecimento e reforço nas infraestruturas de transporte.
- Promoção da sustentabilidade económica, ambiental e técnica de modo a criar um fundo de equilíbrio tarifário que permita continuar o crescimento das energias renováveis.

2.3. Auditoria energética

A auditoria energética é o primeiro passo para compreender como é feita a gestão da energia numa dada instalação. A execução da auditoria energética consiste no levantamento das instalações e equipamentos existentes, na recolha de dados históricos de consumo de energia, na monitorização e medição de consumos e identificação das oportunidades e prioridades de melhoria da eficiência energética, tendo por objetivo a melhoria da eficiência energética e a consequente redução da fatura energética no futuro.

Uma auditoria energética é a chave para o desenvolvimento de um programa de gestão de energia e podem ser distinguidas em quatro tipos, de acordo com os dados recolhidos e o seu custo inerente (Thumann, *et al.*, (2012)). Os quatro tipos de auditorias energéticas são:

1. Auditoria de *benchmarking* em que é realizada uma análise preliminar dos consumos específicos com base em faturas e informações que possam ser comparados com valores médios para um tipo de atividade semelhante.
2. Auditoria deambulatória que é elaborada no seguimento da anterior e consiste em visitar as instalações permitindo aferir o estado da tecnologia e dos processos utilizados relacionados com a utilização de energia. Permite identificar os processos responsáveis pela transformação de energia e detetar as oportunidades de melhoria mais evidentes. Caso não existam contadores parciais em cada processo de transformação de energia, esta deve ser calculada por estimativa comparando com o consumo total de energia.
3. Auditoria *standard* em que consiste numa visita mais detalhada das instalações determinando o fluxo de processos, monitorização e medições pontuais. As atividades associadas a este tipo de auditoria são as seguintes:
 - a. Descrição das instalações, complementada com plantas, dos processos de fabrico e respectivos regimes de funcionamento;
 - b. Produções da instalação: capacidades instaladas, níveis de produção verificados no período da auditoria e previsões para anos futuros;
 - c. Consumos de energia eléctrica, térmica e outras formas de energia: consumos de cada instalação, diagramas de consumos, consumos específicos, facturas;
 - d. Descrição dos principais sectores, com indicação do tipo de energias utilizadas e os principais equipamentos nesses sectores;
 - e. Principais infra-estruturas energéticas existentes:
 - i. Geradores de energia existentes: capacidade, pressões, temperaturas, eficiências, consumos de combustíveis no período da auditoria;
 - ii. Redes de fluidos de transporte de energia térmica: diagrama simplificado, níveis de pressão, temperaturas, consumidores principais;

- iii. Centrais de Ar Comprimido, rede de distribuição e consumidores principais;
- iv. Sistemas de despoejamento/exaustão, fornos, atomizadores, secadores, entre outros.
- v. Instalações eléctricas: diagrama simplificado, transformadores (tensões e capacidades), consumidores principais.
- f. Análise e tratamento dos elementos recolhidos - com base na informação obtida, realizar-se-ão as seguintes tarefas:
 - i. Análise das condições de funcionamento dos equipamentos de conversão e de utilização de energia. Análise das redes de transporte e distribuição de energia;
 - ii. Estabelecimento de balanços de massa e de energia nos equipamentos principais;
 - iii. Determinação dos consumos específicos de energia por tipo ou famílias de produto acabado, bem como das intensidades energética e carbónica;
 - iv. Identificação de eventuais medidas de racionalização e de economia de energia viáveis do ponto de vista técnico e económico;
 - v. Estimativa do potencial de economia de energia correspondente às medidas e aos investimentos identificados;
 - vi. Descrição das medidas e dos investimentos necessários para obter eventuais economias potenciais, com identificação dos custos estimados (incluindo custos de investimento e custos de exploração) e avaliação da viabilidade económica dessas medidas e investimentos. Procurar-se-á aferir os custos de investimento através da realização de consultas ao mercado, baseadas em especificações sumárias dos sistemas e equipamentos;
 - vii. Elaboração de um relatório da auditoria contendo toda a informação e documentação produzida nesta fase.
- 4. Auditoria através da simulação dinâmica em *software* com base no modelo atual e as variáveis do processo a avaliar.

Em resumo, a auditoria é projetada para identificar onde, quando, porquê e como é que a energia está a ser transformada. Esta informação pode então ser usada para identificar oportunidades para melhorar a eficiência, reduzir os custos de energia e reduzir as emissões de gases de efeito estufa que contribuem para as alterações climáticas. As auditorias energéticas permitem também verificar a eficácia das medidas de melhoria depois de terem sido implementadas.

3. CONSUMO ENERGÉTICO EM COMPLEXOS DESPORTIVOS E SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

3.1. Indicadores de consumo específico

Os complexos desportivos são caracterizados por terem necessidades energéticas diferentes de qualquer outro tipo de edifício, não podendo ser comparadas com os consumos típicos de outros utilizadores de energia. Segundo Artuso e Santiangeli (2008) a tendência da necessidade energética é diferente e muito dependente do tipo de atividade desportiva praticada, do horário de funcionamento, da época do ano e dos níveis de atividade desportiva.

A importância da implementação de medidas de eficiência energética em complexos desportivos torna-se um aspeto relevante. Estudos efetuados para o Reino Unido estimaram que os consumos com complexos desportivos representam até 10% do consumo anual energético do país e apresentam um potencial de redução de consumo de 30% e de 61Mt de CO₂(eq) (SPORTE², 2010).

Segundo Trianti-Stourna, *et al.*, (1998) os custos energéticos representam 30% do custo operacional total num complexo desportivo em Itália, em que o consumo energético se refere à produção de energia térmica (AQS, aquecimento e arrefecimento) e energia elétrica (Ar condicionado, ventilação, iluminação e restantes equipamentos).

Para complexos desportivos situados em Atenas, de média dimensão (1500 a 2000 m²), com mais de 20 anos de idade e sem sistemas de climatização, o consumo total de energia por unidade de área ronda entre os 40 e os 75 kWh/m² (Trianti-Stourna, *et al.*, 1998).

Ao nível nacional neste campo de estudo não existem estudos efetuados de modo a poder realizar uma comparação. Devido a este facto as estimativas e comparação de consumos são efectuadas com outros países onde estes estudos são elaborados.

De acordo com o SPORTE² (2010), as principais medidas de melhoria implementadas nos complexos desportivos em estudo foram as seguintes:

- Cobertura do plano de água da piscina;
- Instalação de uma unidade de cogeração;
- Otimização da utilização da iluminação;
- Sistema de energia renovável para produção de AQS;
- Limpeza e substituição de luminárias;
- Campanha de sensibilização para poupança energética;
- Sensores de movimento e interruptores temporizados para iluminação.

3.2. Sistemas de produção de energia para produção de calor e energia elétrica

Microgeração

O Decreto-Lei n.º 23/2010 de 25 de março, que transpõe a Diretiva 2004/8/CE, estabelece que as instalações de cogeração com uma capacidade instalada inferior a 1 MW são designadas por cogeração de pequena dimensão. Quando a capacidade máxima seja inferior a 50 kW denomina-se microcogeração. Segundo este diploma legal considera-se elevada eficiência a produção em cogeração realizada em:

- a) Instalações de cogeração com uma potência elétrica instalada superior a 25 MW que tenham uma eficiência global superior a 70 % e uma poupança de energia primária relativamente à produção separada de energia elétrica e calor de pelo menos 10 %;
- b) Instalações de cogeração com potência eléctrica instalada entre 1 MW e 25 MW e de que resulte uma poupança de energia primária relativamente à produção separada de energia elétrica e calor de pelo menos 10 %;
- c) Instalações de cogeração de pequena dimensão de que resulte uma poupança de energia primária relativamente à produção separada de energia elétrica e calor.

A rentabilidade dos sistemas de cogeração tem, em geral, vindo a diminuir nos últimos anos, devido essencialmente à subida de preço dos combustíveis. A viabilidade económica dos projetos de cogeração depende fortemente da diferença entre o preço dos combustíveis e da eletricidade, da sua estabilidade e também do preço de aquisição dos excedentes de produção por parte do SEP – Sistema Eléctrico Público.

O Decreto-lei n.º 118-A/2010, de 25 de outubro, que altera dois anteriores decretos-lei, o n.º 312/2001 e o n.º 363/2007 veio definir, entre outros:

- as condições para ser produtor de energia elétrica;
- os direitos e os deveres dos produtores;
- as competências da DGEG - entidade que gere esta área;
- que empresas podem instalar as unidades de microprodução;
- o preço que é pago pela energia elétrica produzida;
- as situações em que é pago um valor mais elevado (regime bonificado).

Passam a poder ser instalados através de microprodução 25 MW por ano, em vez dos atuais 14 MW por ano. Passa a ser obrigatório o fornecedor comprar a eletricidade produzida, ligar a sua unidade de microprodução à rede eléctrica de serviço público e vender ao seu fornecedor de eletricidade toda a eletricidade gerada. A produção de eletricidade por serviços de interesse público é incentivada e continua a ser mais favorável a produção a partir de fontes de energia renováveis. A portaria n.º 325-a/2012 de 16 de outubro veio alterar o decreto-lei n.º 23/2010 de 25 de março e fixar que os valores da tarifa de referência são estabelecidos por despacho do Diretor-geral da DGEG, publicitados no sítio na internet da DGEG, até ao final do 1.º mês de cada trimestre.

As principais tecnologias de microcogeração incluem os convencionais motores de combustão interna, as microturbinas a gás e as pilhas de combustível. Também desempenham papéis importantes no contexto da descentralização da produção de energia elétrica todos os pequenos sistemas baseados em energias renováveis, tais como a energia solar, a eólica, geotérmica e biomassa.

3.3. A empresa de serviços energéticos e o mercado europeu

Segundo Bertoldi, *et al.*, (2006) o conceito de Empresa de Serviços Energéticos (ESCO) começou na Europa há mais de 100 anos e, neste momento, nota-se um reaparecimento do referido conceito na União Europeia. O mercado para serviços de eficiência energética foi estimado em 150 milhões de Euros por ano em 2000 e segundo Marino, *et al.*, (2010) o potencial de mercado europeu foi estimado entre 6,7 a 8,5 mil milhões de Euros por ano.

As empresas de serviços energéticos e os contratos de prestação de serviços energéticos são ferramentas usuais para alcançar o uso sustentável de energia promovendo a eficiência energética e a utilização de fontes de energia renovável (Bertoldi *et al.*, 2007).

O conceito ESCO tem diferentes interpretações de país para país, e por vezes é utilizada de formas diferentes pelos peritos dentro do mesmo país. Isto reforça a importância da utilização de definições comuns que abranjam toda a diversidade dos mercados de serviços energéticos nos diferentes países.

De acordo com a Diretiva 2006/32/CE de 5 de Abril de 2006, a Comissão Europeia define os seguintes termos:

- *Energy Service Company* (ESCO) trata-se de uma pessoa singular ou colectiva que fornece serviços energéticos e/ou outras medidas de melhoria da eficiência energética nas instalações de um utilizador e que, ao fazê-lo, aceita um certo grau de risco financeiro. O pagamento dos serviços prestados deve basear-se (quer total, quer parcialmente) na obtenção da melhoria da eficiência energética e na satisfação dos outros critérios de desempenho acordados.

- *Energy Performance Contracting* (EPC) é um acordo contratual celebrado entre o beneficiário e o fornecedor (geralmente, uma empresa de serviços energéticos) relativo a uma medida de melhoria da eficiência energética em que os investimentos nessa medida são pagos por contrapartida de um nível de melhoria da eficiência energética, definido contratualmente.

- *Third-party Financing* (TPF) é um acordo contratual que envolve um terceiro - para além do fornecedor de energia e do beneficiário da medida de melhoria da eficiência energética - que fornece o capital para aquela medida e que cobra ao beneficiário uma taxa equivalente a parte das economias de energia conseguidas em resultado da medida de

melhoria da eficiência energética. Os terceiros podem ou não ser empresas de serviços energéticos.

Segundo Bertoldi *et al.*, (2003) os serviços energéticos incluem uma variedade de atividades, tais como análises e auditorias energéticas, gestão de energia, monitorização e avaliação de poupança e fornecimento de equipamentos.

Das inúmeras ESCOs existentes na Europa verificam-se que as nomenclaturas, funções e atividades variam muito. Apenas um número limitado de ESCOs têm capacidade e vontade de financiar projetos de eficiência energética e receber os pagamentos exclusivamente das poupanças conseguidas.

Para instituir um “verdadeiro” mercado ESCO, a Comissão Europeia planeou uma série de iniciativas neste âmbito, tais como:

- Introduzir uma clara e única definição de ESCO ao nível europeu;
- Elaborar um código de conduta da UE para as ESCOs, de modo a desenvolver uma acreditação para as ESCOs;
- Elaborar uma lista de ESCOs qualificadas;
- Fundar a Associação Europeia de Empresas de Serviços Energéticos (EAESCO);
- Propor uma diretiva acerca de serviços energéticos.

Apesar do mercado português de empresas de serviços energéticos ser recente, no âmbito da ENE 2020, com o objetivo de impulsionar a redução do consumo de energia nos edifícios e equipamentos públicos, foi publicado o Decreto-lei nº 29/2011 de 28 de fevereiro que estabelece o regime jurídico da execução de contratos de desempenho energético celebrados com organismos da Administração Pública por forma a motivar os restantes sectores de atividades.

Apesar do mercado de serviços energéticos no nosso país ser reduzido, não está a ser aproveitada a totalidade do seu potencial e os seus principais clientes são indústrias de média e grande dimensão e grandes edifícios de serviços (hospitais, centros comerciais e hotéis), sendo que atualmente poucas empresas estão creditadas pela DGEG para prestação deste tipo de serviço, fator que demonstra a reduzida penetração do mercado ESCO no nosso país. As razões para este facto podem estar na falta de um quadro

legislativo sólido, já que as garantias desse tipo de contratos, são no cenário atual, altamente incertas.

Bertoldi, *et al.*, (2007) afirmam que apesar da estimativa de que 30% dos custos municipais italianos associados à energia podem ser poupados, existem diversos fatores financeiros, que se tornam barreiras à criação de contratos de desempenho energético. Estes factores de carácter financeiro também se transportam para o nosso país, notando-se uma reduzida introdução do mercado ESCO em Portugal onde poucas empresas são creditadas para a prestação deste tipo de serviço (DGEG, 2012).

4. AVALIAÇÃO DE PROJECTOS DE INVESTIMENTO

4.1. Indicadores de avaliação

Atualmente, qualquer decisão estratégica em ambiente empresarial requer investimento por forma a dar resposta às mudanças de mercado onde estas atuam. Os estudos de viabilidade económica e financeira permitem analisar, avaliar e demonstrar a capacidade de um projeto gerar valor para os seus promotores.

Segundo Gomes (2011) a rentabilidade de um investimento está relacionada com o seu potencial em garantir a recuperação total dos capitais investidos, assim como conceder um rendimento adicional suficiente para liquidar juros relativos a financiamento de capital alheio, resultando numa análise direta entre o montante de capital investido e os fluxos financeiros decorrentes da exploração, durante a sua vida útil.

Segundo Sousa (1990) para proceder à análise de um projeto de investimento é necessário quantificar as seguintes variáveis:

- Capital investido;
- Receitas e despesas da exploração;
- Período de vida útil;
- Valor residual;
- Custo de capital.

O **capital investido** deve conter e quantificar todos os ativos que resultam da implementação do projeto, classificados por natureza e origem interna ou externa. As **receitas e despesas de exploração** são todas aquelas que decorrem diretamente do projeto, durante o seu período de vida útil. O **período de vida útil** é uma aproximação do tempo em que o projeto de investimento está em funcionamento, podendo ser determinado a partir da durabilidade dos principais componentes ou desclassificação tecnológica. O **valor residual** representa o valor atribuído ao projeto no final do período de vida útil, podendo ser positivo ou negativo, dependendo da sua tipologia. O **custo de capital** corresponde a uma estimativa da taxa de juro do capital necessário para o financiamento do projeto.

Segundo Sousa (1990), Gomes (2011) e Kim, *et al.* (2012), para proceder à avaliação económica de projetos de investimento utilizam-se diversos indicadores, sendo que os mais utilizados e abordados neste trabalho são:

- Período de retorno simples (PRS);
- Valor atual líquido (VAL);
- Taxa interna de rentabilidade (TIR);

O *período de retorno simples* é definido como o tempo de funcionamento do projeto de investimento em que o somatório das receitas de exploração iguala os investimentos e os custos do projeto. Determina-se o valor de r através da verificação da equação (4.1),

$$\sum_{t=0}^{t=r} \frac{CF_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^{t=r} \frac{I_t}{(1+i)^t} \quad (4.1)$$

Em que CF_t é o *cash flow* de exploração do projeto no ano t , I_t o capital a investir no instante t e o valor de i a taxa de atualização desejada para o projeto.

Este indicador é bastante simples e é necessário algum cuidado na comparação de projetos de investimento através deste indicador, principalmente os que tenham fluxos financeiros muito diferentes ao longo do tempo.

O *valor atual líquido* é dos indicadores mais utilizados na análise de projetos de investimento. Este representa o somatório de todas as receitas, custos de exploração e investimentos atualizados, assim, o VAL determina-se através da equação (4.2),

$$VAL = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t - I_t}{(1+i)^t} + \frac{VR}{(1+i)^t} \quad (4.2)$$

Em que VR é o valor residual do projeto, que neste caso $VR = 0$ para o tempo de vida útil $n = 25$.

Através deste indicador é possível definir o critério de aceitação dos projetos de investimento. A regra de aceitação, segundo Sousa (1990), será quando $VAL \geq 0$ e em termos comparativos o que apresentar um VAL superior, ou seja, projetos em que o investimento, a estrutura do *cash flow* e o período de vida útil sejam idênticos.

A *taxa interna de rentabilidade* está diretamente relacionada com o *VAL*, e pode ser calculada ao igualar a expressão do $VAL = 0$. A *TIR* representa a taxa de juro que os capitais do projeto são remunerados, por isso, o seu valor pode ser determinado através da seguinte equação (4.3),

$$VAL = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t - I_t}{(1 + TIR)^t} + \frac{VR}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (4.3)$$

Sousa (1990) refere que a *TIR* não é influenciada pela taxa de atualização mas, para se tomar uma decisão a partir deste indicador é necessário definir uma taxa de juro de referência para o custo do capital a investir.

4.2. Modelo para estimar o custo total da central solar térmica

Para avaliar o benefício económico entre a poupança energética e o capital investido, Kim *et al.* (2012) utiliza um sistema de análise simplificado em que assume o custo total da central solar térmica C_S repartido em duas parcelas C_D e C_I . A parcela C_D refere-se a um custo relacionado com a área de coletores solares A_C e C_I a um custo independente da área de coletores solares.

$$C_S = C_D A_C + C_I = (C_C + C_{IC} + C_{PS} + C_{HX} C_O) A_C + C_T V_T + C_B \quad (4.4)$$

Kim *et al.* (2012) assume que os custos com instrumentação e controlo C_{IC} e o custo com bombas de circulação e estruturas de suporte C_{PS} representam 10% do custo dos coletores C_C . C_{HX} representa o custo associado ao permutador de calor, C_O é a relação entre a área de transmissão térmica do permutador e a área de colectores solares térmicos, C_T o custo relacionado com o volume de acumulação V_T e C_B o custo associado à caldeira de apoio. Assim C_S vem,

$$C_S = (1,2C_C + C_{HX} C_O) A_C + C_T V_T + C_B \quad (4.5)$$

O custo inerente à mão de obra está intrínseco a cada parcela que compõe o custo relacionado com área de coletores solares térmicos C_D .

5. CASO DE ESTUDO: COMPLEXO DO ESTÁDIO UNIVERSITÁRIO DE COIMBRA

O Estádio Universitário de Coimbra (EUC) integrado na Fundação Cultural da Universidade de Coimbra, apresenta-se como um complexo desportivo que, desde 1963, proporciona a prática desportiva à comunidade universitária e à população em geral nas mais diversas áreas do desporto, desde a iniciação a áreas específicas de formação e especialização.

O complexo desportivo está localizado na margem esquerda do rio Mondego, na freguesia de Santa Clara, em Coimbra, com uma área total de implementação de 129000m².



Figura 5.1 - Vista aérea de satélite do EUC (Fonte: Google Earth®).

O EUC está dividido em vários espaços desportivos, onde se praticam diversas modalidades desportivas representadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Modalidades por espaço desportivo (Fonte: www.uc.pt/estadiouniversitario).

Espaço desportivo	Modalidades
1 – Pavilhão I	Patinagem, badminton, beisebol, <i>taekwondo</i> , boxe, parede de escalada, halterofilia;
2 – Pavilhão II	Ginástica, voleibol, <i>badminton</i> , andebol, ténis em campo, judo, cultura física;
3 – Pavilhão III	Voleibol, <i>badminton</i> , andebol, basquetebol, futsal;
4 – Mini pavilhão	<i>Karate</i> , tiro com arco;
5 – Culturismo	Cultura física;
6 – Campo pelado	Futebol, beisebol, <i>rugby</i> ;
7 – Campo de <i>rugby</i>	<i>Rugby</i> ;
8 – Campo principal e pista de atletismo	Futebol, atletismo;
9 – Campos de ténis (piso sintético)	Ténis em campo;
10 – Polidesportivo	Futsal
11 – Pista de rádio modelismo	Rádio modelismo automóvel

5.1. Metodologia

Para a realização de uma auditoria é necessário uma preparação e planeamento adequado de modo a concentrar as atenções no campo de ação e definir o tipo e a dimensão das instalações a analisar.

Numa primeira fase foi necessário estabelecer contacto com os responsáveis do EUC que estejam familiarizados com todos os equipamentos e processos da instalação, procedendo à recolha e análise de informação documental fornecida, nomeadamente, faturas energéticas e perfis de utilização de modo a posteriormente poder desagregar os consumos de energia em cada espaço desportivo e permitir identificar medidas de melhoria da eficiência energética.

Numa segunda fase foi necessário tratar e analisar os dados fornecidos, tentando caracterizar o mais detalhadamente possível o comportamento das instalações do EUC, identificando os pontos críticos da instalação de modo a propor medidas de melhoria tecnicamente e economicamente viáveis.

Para efetuar o estudo energético no EUC optou-se por realizar uma auditoria deambulatória que teve como objetivo a familiarização com as instalações através de visitas técnicas a todos os equipamentos de transformação de energia, espaços, processos e formas de transformação e consumo de energia.

Neste caso de estudo não foi utilizado qualquer equipamento de monitorização, devendo os valores calculados serem alvo de verificação posterior, de modo a poder tornar válidos os valores calculados através desta metodologia. Esta verificação é realizada através da colocação de contadores parciais de energia nos vários espaços desportivos, sendo expectável o início dessa implementação a partir de janeiro de 2013.

5.2. Perfil mensal de ocupação dos espaços desportivos entre 2006 e 2011

A informação fornecida pelos responsáveis do EUC baseia-se em registos manuais, por parte dos seus funcionários em cada espaço desportivo, contendo as seguintes informações:

- Espaço desportivo;
- Horário de utilização;
- Número de utilizadores;
- Modalidade.

De acordo com os dados fornecidos pelos responsáveis das instalações, de 2006 a 2011, em média, o EUC é anualmente frequentado, por mais de 190000 pessoas. A Figura 5.2 representa a evolução global da utilização do EUC de 2006 a 2011, estando assinalado o valor médio anual de utilizadores.

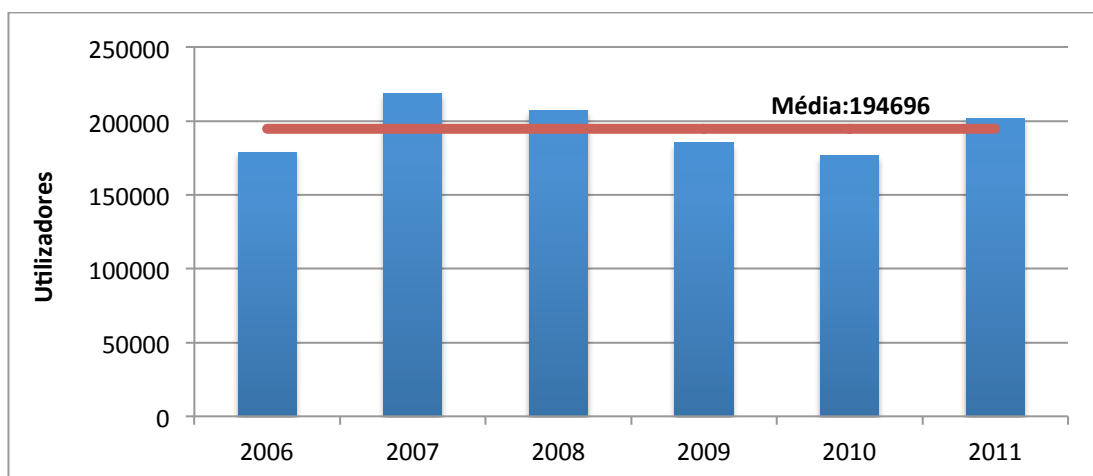


Figura 5.2 – Evolução do número anual de utilizadores dos espaços desportivos do EUC de 2006 a 2011.

A Figura 5.3 representa a distribuição dos utilizadores mensais de todos os espaços desportivos do EUC desde 2006 a 2011. O perfil médio de ocupação do EUC está representado a vermelho tendo por base uma média entre 2006 e 2011.

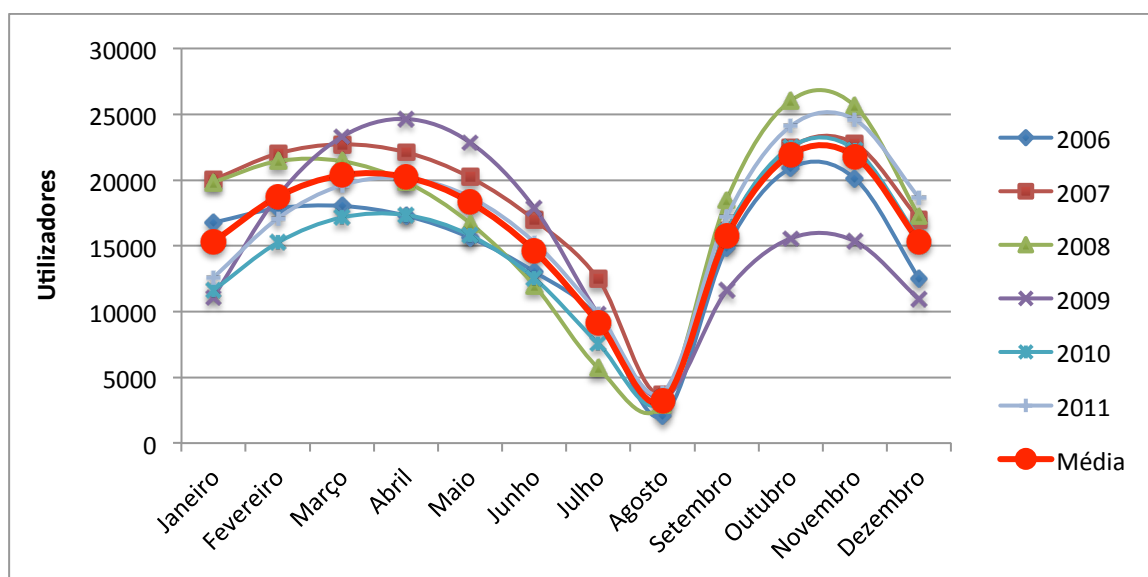


Figura 5.3 – Perfil de utilização mensal de todos os espaços desportivos do EUC desde 2006 a 2011.

Como se trata de uma compilação extensiva de dados, de modo a não sobrecarregar a leitura do documento, apenas se representam os valores médios, de 2006 a 2011, estando os restantes dados representados no Anexo A.

A diferenciação do nível de utilização dos espaços desportivos apenas é possível a partir de 2009, nos anos precedentes os dados relativos aos utilizadores do EUC não incluíam o número de utilizadores por tipo de espaço desportivo.

A Tabela 5.2 mostra a percentagem de utilização em cada espaço desportivo, desde o ano de 2009 até 2011, permitindo identificar quais os edifícios do complexo desportivo com maior utilização. A agregação de utilizadores a cada espaço desportivo está diretamente associado à utilização dos balneários. No Anexo B são apresentados os resultados mensais por espaço.

Tabela 5.2 – Número de utilizadores médios anuais em cada espaço desportivo do EUC.

	2009		2010		2011		Média
	Utilizadores	[%]	Utilizadores	[%]	Utilizadores	[%]	[%]
Pavilhão I	40202	25,03	33860	23,54	44193	26,81	25,13
Campo pelado	6140		7766		10136		
Pavilhão II	54590	34,08	54755	35,64	60299	34,24	34,65
Campos de ténis	8520		8250		9085		
Pavilhão III	6848	3,70	6479	3,66	9362	4,62	3,99
Tribuna	5422	10,18	4265	8,76	5089	9,12	9,35
Campo principal	7326		6279		7492		
Pista de atletismo	6097		4944		5899		
Culturismo	37022	25,50	39346	27,78	38079	23,46	25,58
Mini pavilhão	10198		9775		9460		
TOTAL	182364	98,48	175719	99,39	199096	98,25	98,71

Como se verifica na Figura 5.4 o pavilhão I, pavilhão II e o culturismo são os espaços do EUC com mais utilizadores, representando no conjunto mais de 85% do total. Devido à sua utilização intensiva serão os espaços onde o estudo terá maior incidência.

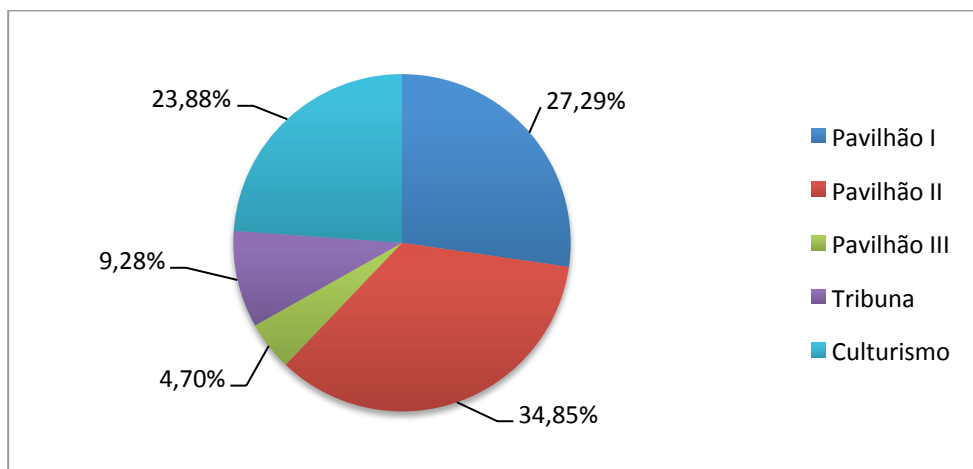


Figura 5.4 - Distribuição anual de utilizadores do EUC por espaço desportivo em 2011.

Admitindo que a repartição dos utilizadores ao longo dos meses do ano acompanha as percentagens referidas na Tabela A.8 do Anexo A estima-se o perfil mensal de utilização de cada espaço desportivo.

5.3. Infraestrutura de produção de AQS

De modo a saber onde e como a energia elétrica e a energia térmica é utilizada no EUC realizou-se um levantamento dos equipamentos instalados nos complexos desportivos.

Relativamente aos sistemas consumidores de energia elétrica os mais relevantes são a iluminação e o circuito de bombagem de água do rio para um reservatório destinado à rega no EUC. Não foi possível o levantamento de equipamentos de iluminação devido a várias condicionantes existentes, nomeadamente, a instalação de luminárias de vários tipos e várias potências no mesmo espaço desportivo. Diversas luminárias encontram-se fundidas e sem um perfil de funcionamento perfeitamente definido. Para elaborar um estudo de iluminação minimamente confiável seria necessário colocar aparelhos de monitorização de modo a perceber o perfil de carga de iluminação ao longo do tempo em cada espaço do EUC.

Neste trabalho iremos fundamentalmente focar a análise nos equipamentos térmicos. No pavilhão III existe um sistema de climatização que segundo os responsáveis que acompanharam as visitas apenas funciona esporadicamente.

De forma a tornar mais perceptível esta identificação dos espaços e dos equipamentos encontra-se no Anexo C uma representação em planta de todo o complexo do EUC.

No pavilhão I encontram-se instalados:

- 2 termoacumuladores a gás *Saunier Duval* de 39,2 kW, (Figura 5.5), com ano de fabrico em 2007, em bom estado de funcionamento e tubagens de AQS sem isolamento;



Figura 5.5 - Termoacumuladores a gás para preparação de AQS no pavilhão I.

Relativamente ao pavilhão II existem seis pontos de produção de AQS distribuídos no edifício em cada secção desportiva que utiliza as instalações, sendo:

- 2 esquentadores *Vulcano* WR 400 com 27,9 kW (Figura 5.6a);
- 1 caldeira mural *Vulcano* ZSC 30-3 com 30 kW acoplada a um depósito de 500 l;
- 1 termoacumulador a gás *Junkers* S290 KP de 300 l com 17,4 kW (Figura 5.6b);
- 2 esquentadores *Vulcano* WRD 18 com 30 kW;
- 2 esquentadores *Vulcano* WR 400 com 27,9 kW;
- 1 termoacumulador a gás *Junkers* de 300 l com 17,4 kW.

Todas estas instalações não possuem qualquer tipo de isolamento térmico nas tubagens até aos pontos de consumo de AQS.



(a)



(b)

Figura 5.6 – Esquentador *Vulcano WR 400* (a) e termoacumulador a gás *Junkers* (b) para preparação de AQS no pavilhão II.

Os equipamentos presentes no pavilhão III, funcionando esporadicamente ao longo do ano, estão instalados na zona técnica do pavilhão apresentando um moderado estado de conservação, apenas necessitando que seja realizada manutenção apropriada. A zona técnica é constituída pelos seguintes equipamentos:

- 2 caldeiras *ROCA tecno* de 1996 com 186 kW (Figura 5.7) e um depósito de acumulação de 5000 l.



Figura 5.7 – Caldeiras *Roca tecno* para preparação de AQS e climatização do pavilhão III.

No culturismo os equipamentos instalados para produção de AQS são os seguintes:

- 2 esquentadores *Vulcano WRDB 18* de 30,5 kW (Figura 5.8).

Nesta instalação não existe qualquer tipo de isolamento térmico nas tubagens até aos pontos de consumo de AQS. Devido ao elevado número de utilizadores registam-se

queixas frequentes no que diz respeito ao fornecimento de AQS para os balneários, situação essa também verificada no pavilhão I e no pavilhão II.



Figura 5.8 – Esquentador para preparação de AQS no Culturismo.

De modo a sintetizar e comparar, a potência térmica total instalada em cada edifício são apresentados os valores na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Potência térmica total instalada em cada edifício desportivo do EUC.

Edifício	Potência térmica total instalada [kW]
Pavilhão I	78,4
Pavilhão II	236,4
Pavilhão III	372
Culturismo	61

5.4. Consumos de água, gás propano e energia eléctrica

As consultas e pedidos de esclarecimento, efectuados no local, permitiram conhecer as formas de energia envolvidas, que neste caso são o gás propano e energia eléctrica. Foram disponibilizadas cópias de faturas de gás propano, energia eléctrica e água.

Os dados de consumo disponibilizados pelos responsáveis do EUC referem-se apenas às leituras dos contadores gerais de água e energia eléctrica. O fornecimento de energia eléctrica ao EUC é efetuado em média tensão, com uma potência contratada de 270,81 kVA.

Relativamente ao gás propano o abastecimento é realizado através de um depósito, onde não existe contador. As únicas informações disponibilizadas são os valores das faturas da empresa de fornecimento de gás propano a granel.

Em todo o complexo desportivo apenas existem contadores parciais de energia eléctrica, gás e água para a cantina. Com a desagregação dos resultados da cantina é possível obter os resultados dos consumos dos espaços desportivos e a obtenção do consumo específico.

Nas Figura 5.9 e Figura 5.10 são apresentados os consumos e o seu custo associado relativamente ao fornecimento de energia eléctrica e gás propano ao EUC entre 2006 e 2011.

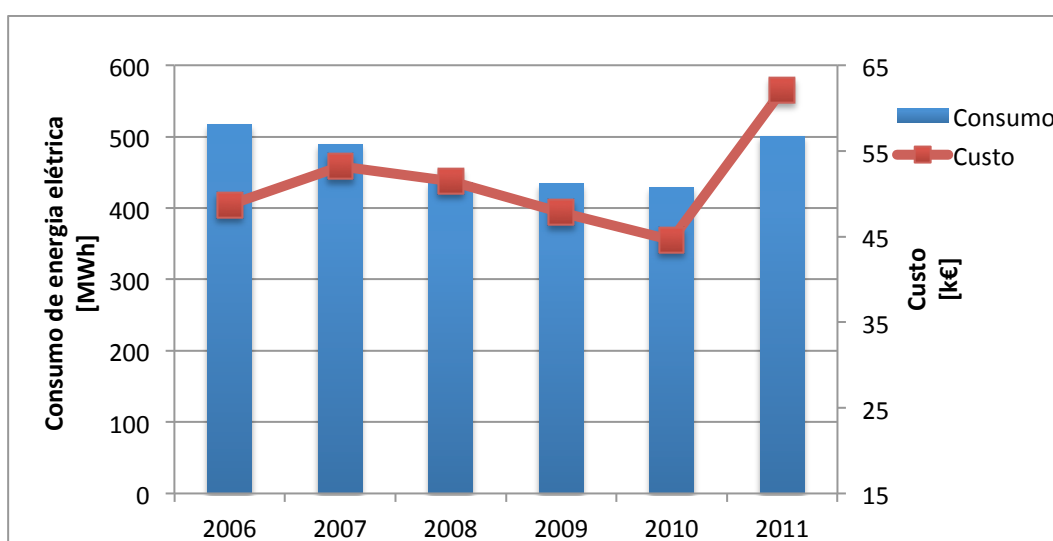


Figura 5.9 – Consumo e custo anual de energia eléctrica do EUC entre 2006 e 2011.

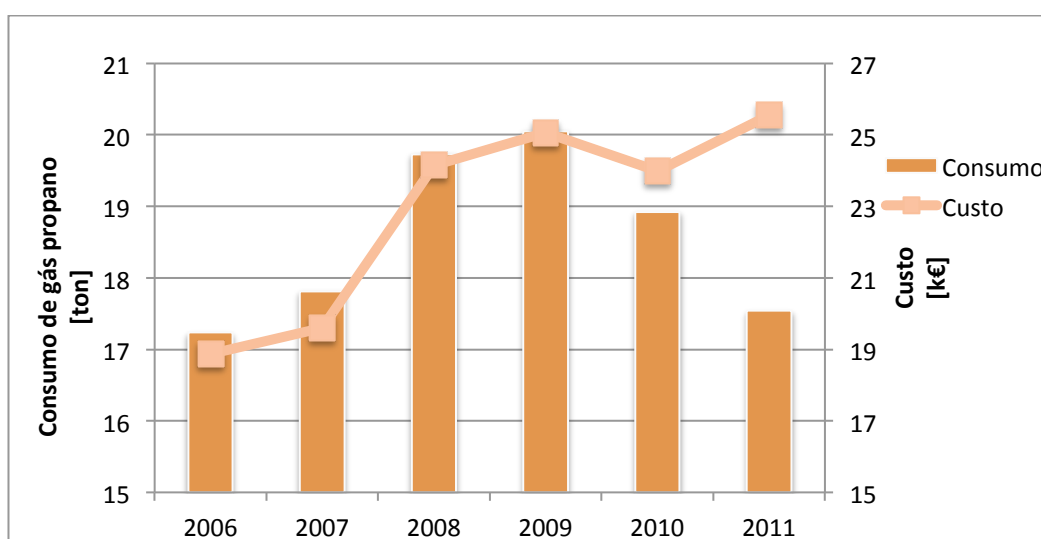


Figura 5.10 – Consumo e custo anual de gás propano (a granel) do EUC entre 2006 e 2011.

Da análise dos gráficos anteriores observa-se claramente uma tendência crescente no que diz respeito aos encargos financeiros com fornecimento de energia em 2011, muito por efeito do aumento das tarifas de energia elétrica e de gás.

Análise do consumo energético da cantina

A informação recolhida através do histórico de leituras dos contadores de água, energia elétrica e gás propano, torna-se muito importante na análise pois permite determinar e identificar o custo energético de cada fonte de energia associada à cantina. A Tabela 5.4 mostra os consumos anuais da cantina de 2006 a 2010.

A leitura do contador de gás propano na cantina é realizada em unidades de volume m^3 , enquanto a análise através da faturação é realizada em unidade de massa kg . Para efetuar a comparação é necessário realizar a conversão para unidade de massa de gás propano consumido, sabendo que a massa volúmica ρ do gás propano a $20^\circ C$ e à pressão de consumo $p = 1,02bar$ é de $\rho = 1,8774 kg/m^3$ (Lemmon, *et al.*, 2013).

Tabela 5.4 – Consumos anuais de água, energia elétrica e gás propano da cantina do EUC de 2006 a 2010.

Ano	Água [m ³]	Energia elétrica [kWh]	Gás propano [m ³]	Gás propano [kg]	Gás propano [tep]	Fracção do consumo total de água [%]	Fracção do consumo total de energia elétrica [%]	Fracção do consumo total de gás [%]
2006	1941	21885	3041	5709	6,32	33,13	4,23	19,38
2007	2576	20425	2909	5461	6,04	30,66	4,18	20,99
2008	1581	20760	2640	4956	5,49	25,12	4,76	15,47
2009	1498	18850	2226	4179	4,63	20,84	4,34	15,76
2010	1470	21110	2124	3987	4,41	21,07	4,93	12,30

Nota: 1 tep = 41868 MJ e PCI_{GP} = 46 MJ/kg (Fonte: Despacho 17313/2008 de 26 de junho de 2008).

Através desse controlo sabemos a quantidade de energia consumida na cantina e qual a sua relevância no consumo global do EUC. No que diz respeito ao consumo de gás propano, de 2008 a 2010, a cantina foi responsável pelo consumo de 12 a 15% do consumo total do EUC. A energia elétrica consumida representou, de forma constante, um valor de 4% relativamente ao consumo total de energia elétrica do EUC.

Na Tabela 5.5 são apresentados os números médios de refeições servidas diariamente no ano de 2010 - informação fornecida pelo responsável da cantina. Para efeitos de cálculo do número total de refeições anuais são considerados 238 dias úteis e 26 dias de fim de semana.

Tabela 5.5 – Número médio de refeições diárias servidas em 2010.

	Número médio de refeições diárias em 2010		Total
Dias úteis	Almoço	200	47600
	Jantar	50	11900
Fim de semana		50	1300
Total anual de refeições			60800

Segundo os estudos de Sousa (2011) e Saraiva (2010) em cantinas de ambiente universitário em Coimbra (UC) e no Porto (UP), respetivamente, o consumo médio de água é de 25 l/refeição, o consumo médio de energia elétrica por refeição varia entre 1,1 e 1,5 kWh/refeição e o consumo médio de gás por refeição varia entre 0,2 e 1,6 kWh/refeição. Esta diferença acentuada no valor de consumo de gás pode dever-se a diversos fatores como o número de refeições servidas, os equipamentos utilizados, bem como a existência de sistemas solares térmicos.

Neste caso de estudo, como se observa pela Tabela 5.6, o consumo específico de água tem vindo a decrescer, enquadrando-se nos valores de referência, demonstrando alguma preocupação quanto à utilização racional deste recurso. O valor elevado registado em 2007, na Tabela 5.4, deveu-se a uma fuga de água numa tubagem subterrânea da cantina.

Tabela 5.6 – Consumo específico de água, energia elétrica e gás na cantina do EUC em 2010.

Consumo específico por refeição				
	Volume de água	Energia elétrica	Volume de gás	Energia térmica
	[l]	[kWh]	[m ³]	[kWh]
2010	24,2	0,347	0,035	0,838

Relativamente ao consumo específico de energia elétrica o valor está abaixo das cantinas da UP e da UC. Isto deve-se a diversos fatores como a dimensão do edifício, equipamentos de climatização, equipamentos utilizados na confecção e o número de refeições. Quanto ao consumo específico de gás propano, a cantina do EUC encontra-se dentro dos valores de referência das cantinas da UP e da UC.

Consumo mensal de energia eléctrica

O perfil mensal de consumo de energia elétrica permite identificar as épocas do ano em que o consumo é maior. Na Figura 5.11 está representado o consumo médio mensal de energia elétrica entre 2006 e 2011 e o respetivo custo associado. Os meses com menor consumo referem-se ao período de verão, em que há menor utilização das instalações do EUC. Outro fator que influencia o perfil de consumo de energia elétrica é a variação do número de horas de sol durante o ano, visto que o principal consumidor de energia elétrica é a iluminação.

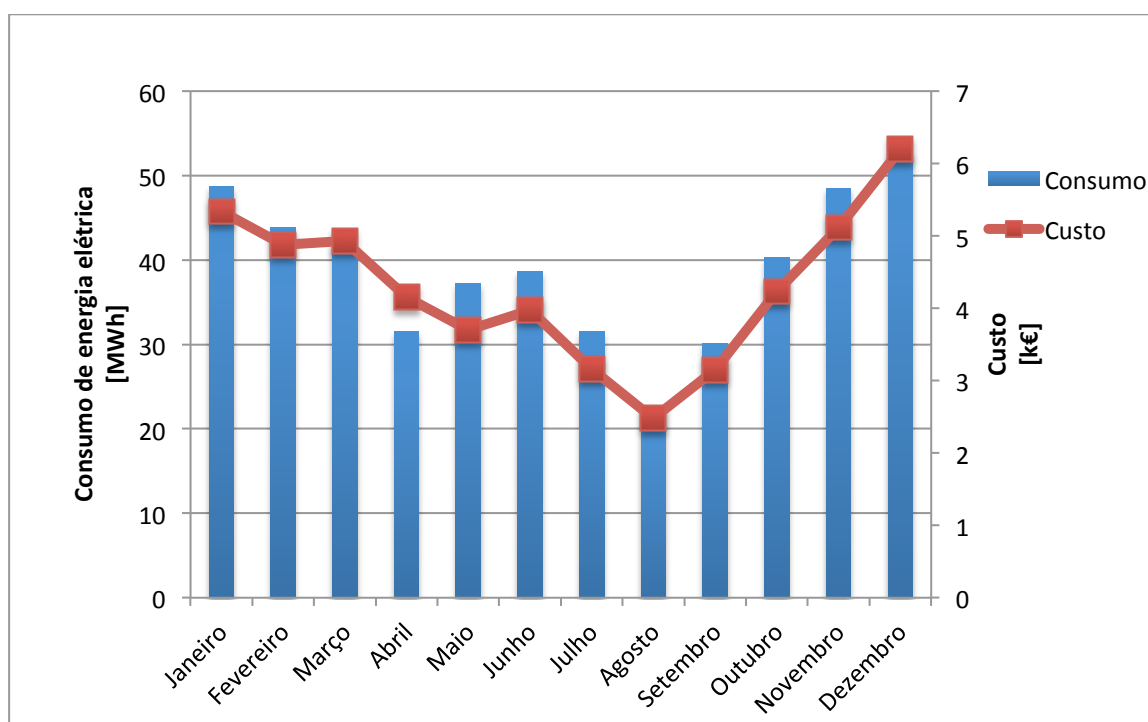


Figura 5.11 – Consumo e respetivo custo médio mensal de energia eléctrica entre 2006 e 2011.

Consumo mensal de gás propano

Relativamente ao consumo de gás propano, sendo o fornecimento a granel e apenas existindo um contador em todo o complexo desportivo, que se encontra instalado na cantina, é necessário criar uma metodologia para estimar os consumos nos outros complexos desportivos do EUC.

De modo a estimar o perfil mensal de consumo de gás propano (Figura 5.12) considera-se a desagregação desse consumo, ao longo dos meses do ano, tendo por base as fracções de ocupação dos vários espaços desportivos, apresentada na Tabela A.8. Adota-se esta metodologia porque o funcionamento dos principais equipamentos consumidores de gás propano, como caldeiras, esquentadores e termoacumuladores a gás, está diretamente relacionado com a ocupação.

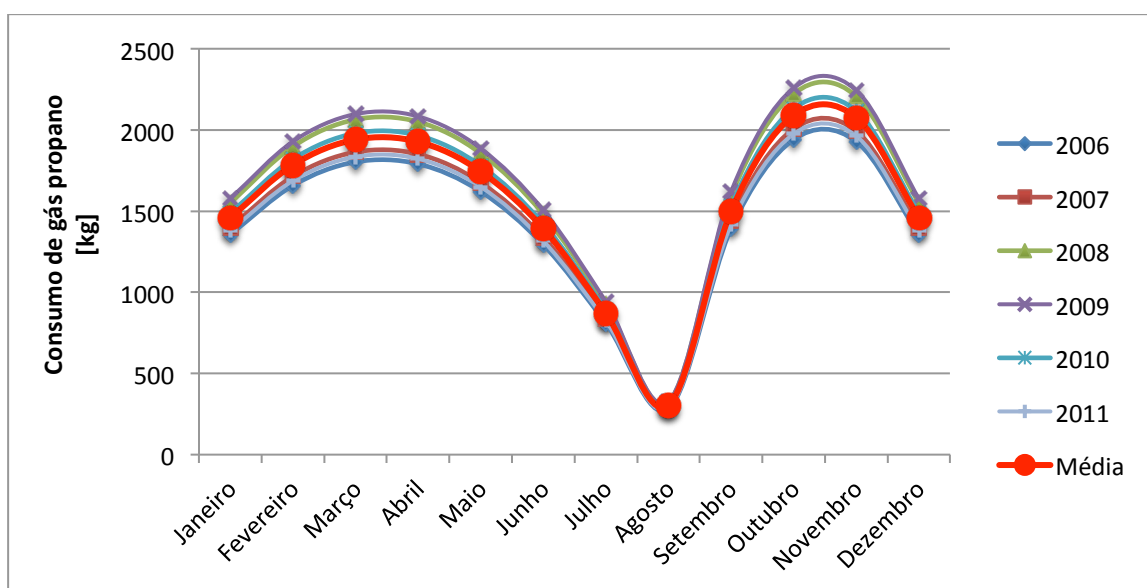


Figura 5.12 – Consumo médio mensal de gás propano no EUC entre 2006 e 2011.

Para determinar a tendência de variação do preço de energia do gás propano recorre-se à análise gráfica. A Figura 5.13 representa o custo específico de gás propano, em €/kg, ao longo dos últimos anos.

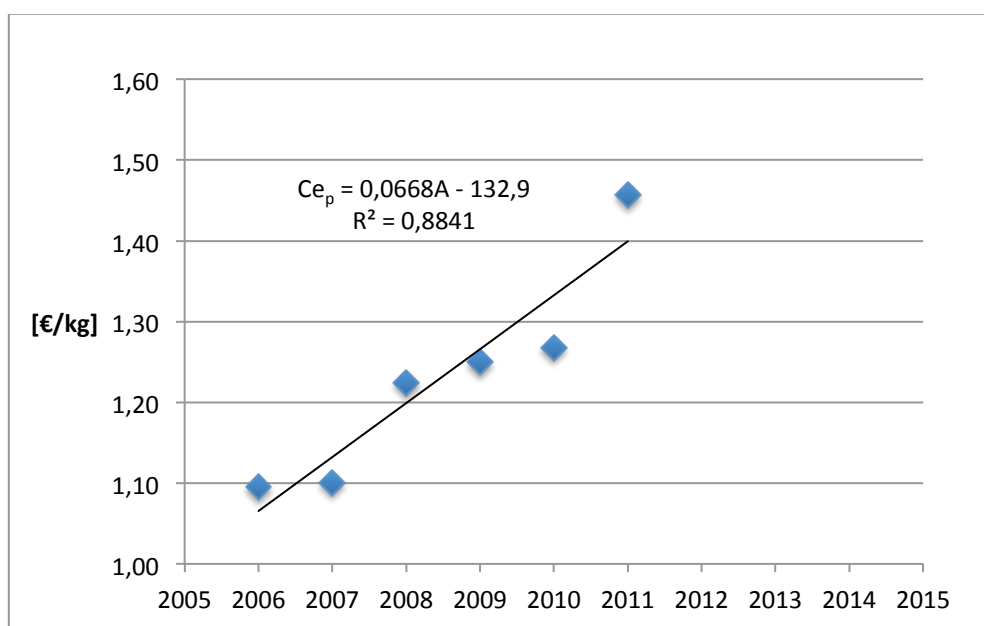


Figura 5.13 – Variação do custo específico de gás propano desde 2006 a 2011 e equação de tendência (Ce_p —custo específico de gás propano, A—ano).

Da análise da figura observa-se um aumento acentuado no custo específico de gás propano entre 2006 e 2011, de cerca de 6,68% por ano, conforme indica o declive da reta de regressão linear.

A Figura 5.14 exprime a tendência do consumo específico de energia (térmica e elétrica) por utilizador nos espaços do EUC. Estes valores de consumo específico servem para comparação com os previstos após a implementação das medidas de melhoria da eficiência energética.

Esta análise serve de referência para comparação após a implementação de medidas de melhoria da eficiência energética, contemplando as duas formas de energia envolvidas no EUC (energia elétrica e gás propano) em que os fatores de conversão para energia primária, segundo o Despacho nº 17313/2008 de 26 de junho, são:

- Energia elétrica: $1 \text{ kWh} = 0,215 \times 10^{-3} \text{ tep}$
- Gás propano: 1,099 a 1,130 tep/t

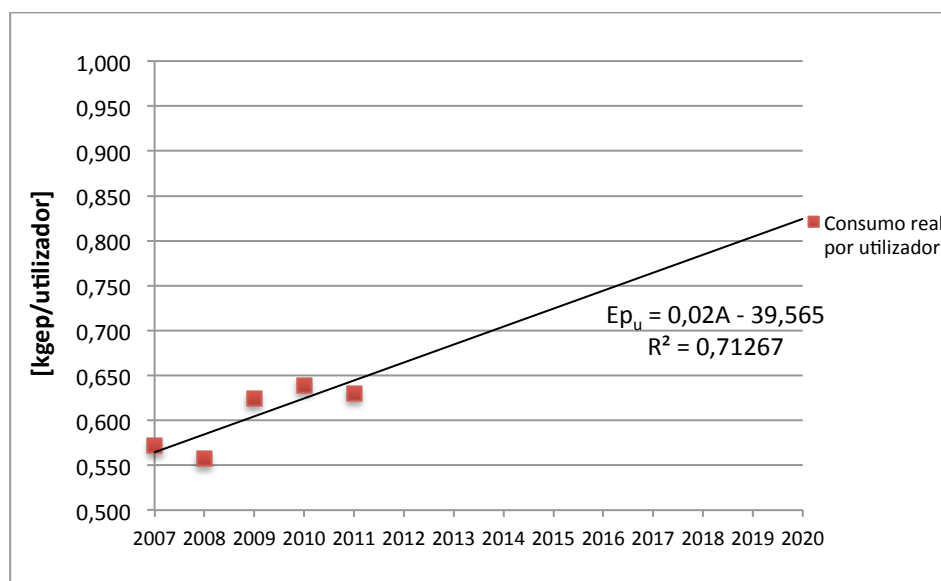


Figura 5.14 – Consumo específico de energia por utilizador e equação de tendência, se se mantiverem as infraestruturas e equipamentos atuais (E_{p_u} – Energia primária por utilizador, A–ano).

Nota: Os fatores de conversão para energia primária, segundo o Despacho nº 17313/2008 de 26 de junho, são:

- Energia elétrica: $1 \text{ kWh} = 0,215 \times 10^{-3} \text{ tep}$
- Gás propano: 1,099 a 1,130 tep/t

5.5. Consumos específicos por edifício

Para realizar a desagregação dos consumos por espaço desportivo, sabendo o consumo associado ao funcionamento da cantina, determina-se o restante consumo energético associado ao funcionamento dos outros espaços, conforme se mostra na Tabela 5.7.

Conforme referido anteriormente, os principais equipamentos que produzem AQS funcionam a gás propano. A metodologia utilizada para desagregar os consumos assume uma relação direta entre a percentagem de ocupação anual de um espaço, conforme a Tabela 5.2, com o consumo anual de gás propano associado a esse espaço, bem como no que diz respeito à percentagem de ocupação mensal e o consumo mensal de gás propano.

Não existem registos dos consumos energéticos na cantina no ano de 2011 de modo a apurar qual a parcela da energia destinada à cantina, pelo que para estimar o consumo de gás propano nos restantes espaços do EUC nos anos de 2009 e 2010, são usadas as percentagens de utilização apresentadas na Tabela 5.2. De acordo com esta aproximação, nos anos 2009 e 2010 admite-se que o pavilhão I consumiu 25,03% e 23,54% respetivamente do consumo de gás propano, o pavilhão II cerca de 34,08% e

35,64% respetivamente e o culturismo cerca de 25,50% e 27,78% respetivamente. Todas estas ponderações aplicam-se à parcela de gás propano restante da desagregação do consumo da cantina.

Tabela 5.7 – Consumos totais e parciais de água, energia elétrica e gás do EUC de 2006 a 2010.

	Consumo total do EUC			Consumo da cantina do EUC			Consumo dos restantes edifícios		
	Água	Energia elétrica	Gás	Água	Energia elétrica	Gás	Água	Energia elétrica	Gás
	[m ³]	[kWh]	[kg]	[m ³]	[kWh]	[kg]	[m ³]	[kWh]	[kg]
2006	10015	516989	17234	1941	4377	5709	8074	512612	11525
2007	12274	489123	17814	2576	4085	5461	9698	485038	12353
2008	10221	435900	19730	1581	4152	4956	8640	431748	14774
2009	9504	434252	20052	1498	3770	4179	8006	430482	15873
2010	11951	428 611	18921	1470	4222	3988	10481	424389	14933

A Figura 5.15 ilustra a distribuição do consumo de gás propano nos espaços do EUC.

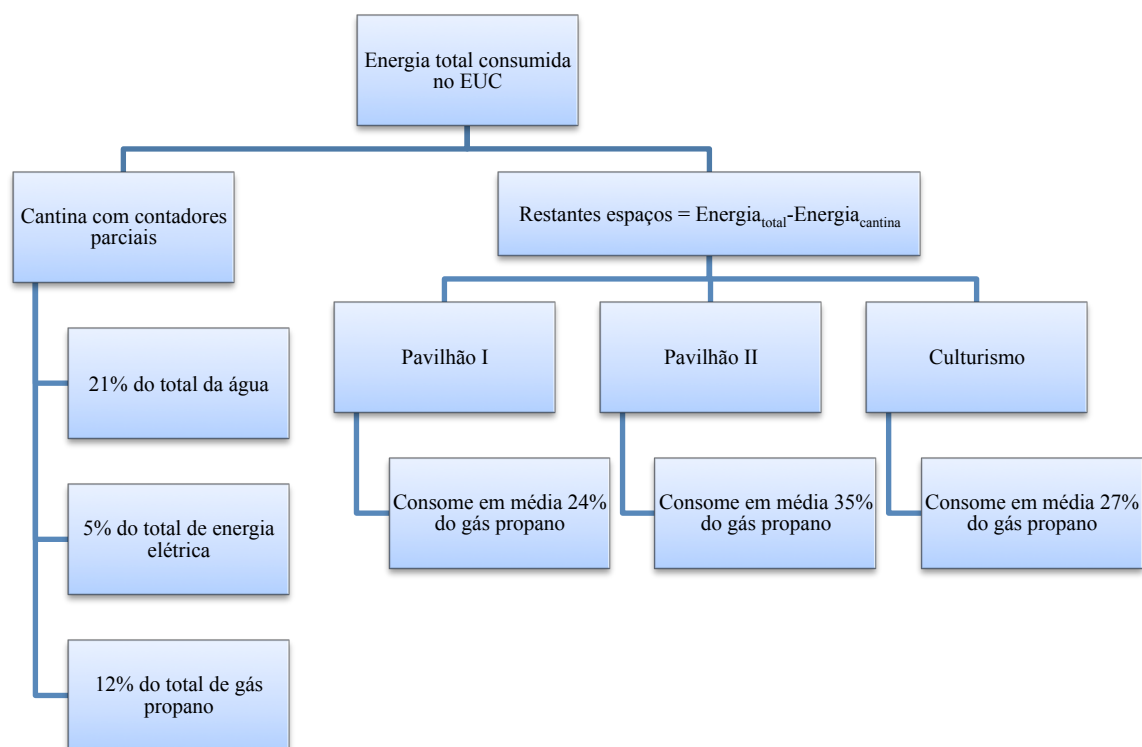


Figura 5.15 – Representação das estimativas médias de consumo de gás propano no EUC.

Na Tabela 5.8, representa-se a desagregação do consumo de gás propano no pavilhão I, pavilhão II e culturismo, que representam os espaços desportivos com maior utilização, e que no conjunto totalizam 84,61% e 86,96% do consumo de gás propano restante depois da desagregação do consumo da cantina em 2009 e 2010 respetivamente.

Tabela 5.8 – Desagregação do consumo de gás propano por espaço do EUC.

Ano	Consumo de gás propano (excepto cantina) C_{gc} [kg]	Espaço desportivo	Fração da ocupação global F_o [%]	$E_{GP} = PCI \cdot C_{gc} \cdot F_o$ [MJ]	E_{GP} [MWh]
2009	15873	Pavilhão I	25,03	184108	51,141
		Pavilhão II	34,08	250676	69,632
		Culturismo	25,50	187570	52,103
2010	14933	Pavilhão I	23,54	162900	45,250
		Pavilhão II	35,64	246634	68,509
		Culturismo	27,78	192262	53,406

Nota: Sabendo que 1 kWh = 3,6 MJ e $PCI_{GP} = 46$ MJ/kg (Fonte: Despacho 17313/2008 de 26 de junho de 2008).

Pavilhão I

Conforme os dados fornecidos pelos responsáveis do EUC e da metodologia adotada no tratamento desses dados, apresenta-se a estimativa do perfil de utilização mensal, o nível de utilização horário, assim como a estimativa do consumo de energia térmica útil resultante da sua transformação nos equipamentos térmicos existentes durante os anos de 2009 e 2010.

Segundo a Tabela A.8, onde se estima a percentagem média mensal de utilização do EUC, e a Tabela 5.2, em que se representa o número anual de utilizadores de cada espaço desportivo, ponderando a fracção da utilização mensal com a utilização anual de cada espaço determina-se a estimativa do perfil de utilização médio mensal do pavilhão I representado na Figura 5.16 e detalhada no Anexo B.

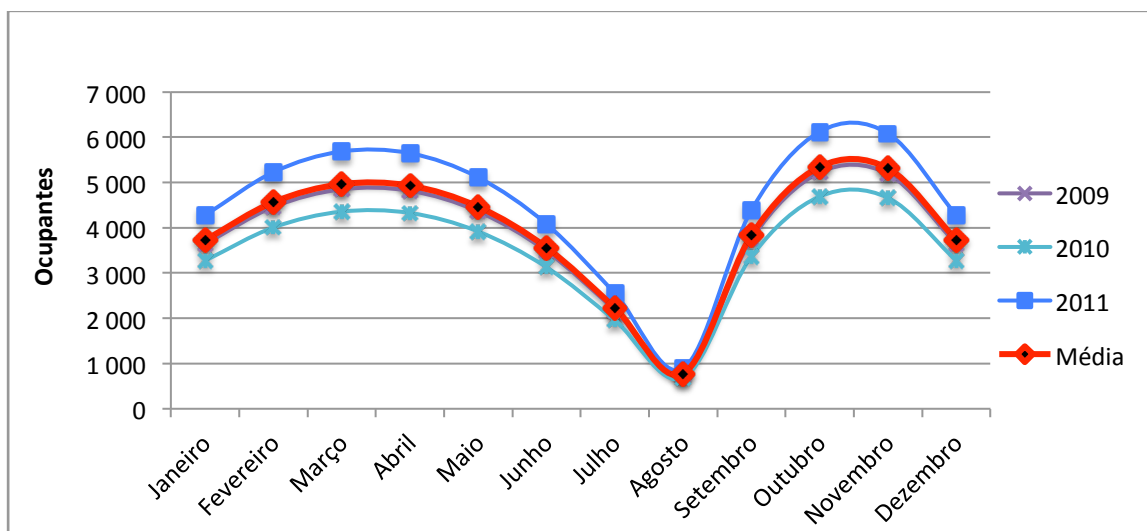


Figura 5.16 – Perfil de ocupação mensal do pavilhão I de 2009 a 2011

Analisando diariamente e considerando os fins de semana através dos dados fornecidos pelo responsável do EUC, a repartição do nível de utilização do pavilhão I ao longo do dia representa-se conforme a Figura 5.17.

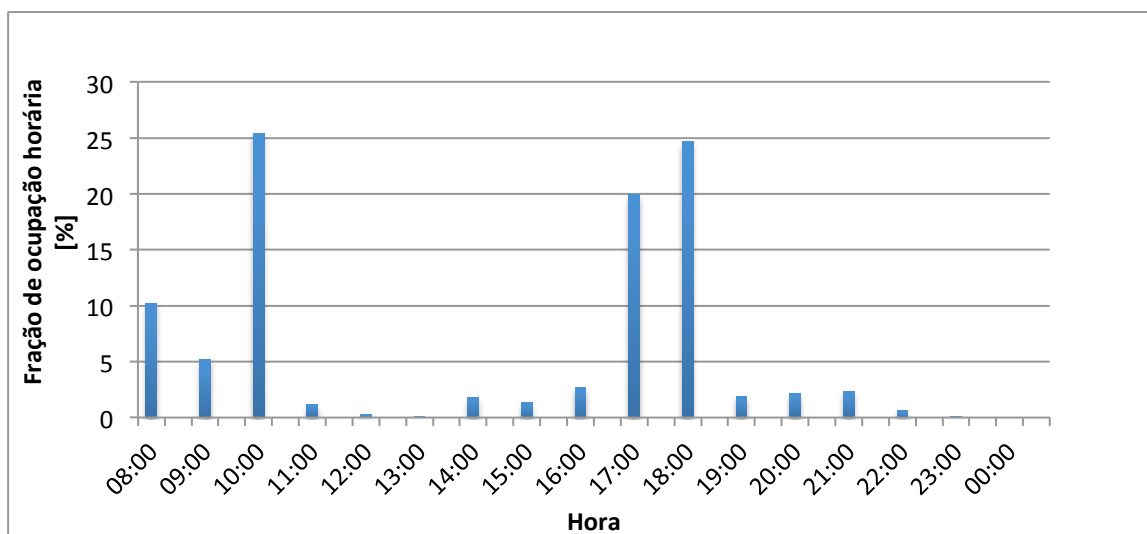


Figura 5.17 – Fração de ocupação horária do pavilhão I incluindo fins de semana.

Pela representação da Figura 5.17 verifica-se que os períodos de maior afluência de utilizadores ao pavilhão I são o início da manhã e o final da tarde.

Para avaliar a quantidade de energia térmica útil, ou seja, a quantidade de energia transformada que efetivamente é transmitida à água é necessário avaliar a eficiência dos equipamentos instalados. De acordo com o levantamento efetuado, os equipamentos consumidores de gás propano são 2 termoacumuladores a gás de 400 litros, com uma potência térmica útil de 39,2 kW.

Segundo o anexo VIII da nota técnica da ADENE NT-SCE-01, o valor da eficiência η para um sistema de produção de água quente sanitária por termoacumulador a gás é de $\eta_{TG} = 0,6$ para um equipamento com uma idade entre 0 e 9 anos.

Sabendo a estimativa de energia consumida, conforme a Tabela 5.8, e o rendimento dos equipamentos determina-se a energia térmica útil produzida, conforme a Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Estimativa dos valores da energia consumida e energia disponível em 2009 e 2010 no pavilhão I.

$\eta_{TG} = 0,6$			
Ano	Energia térmica consumida [MJ]	Energia térmica útil [MJ]	Energia térmica útil [MWh]
2009	184108	110465	30,685
2010	162900	97740	27,150

Sabendo que a energia térmica útil $Q_{\text{útil}}$ é a energia transmitida à água determina-se a massa de água m que poderá elevar-se da sua temperatura de entrada no equipamento T_1 para uma determinada temperatura desejada T_2 , conhecendo o seu calor específico c_p ,

$$Q_{\text{útil}} = mc_p(T_2 - T_1) \quad (5.1)$$

Sendo o calor específico médio da água $c_p = 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $T_2 = 60^\circ\text{C}$, $T_1 = 15^\circ\text{C}$ e $Q_{\text{útil}} = 110465 \text{ MJ}$ para o ano de 2009 (Tabela 5.9) a massa de água quente m é de,

$$m = \frac{110465 \times 10^3}{4,18 \times (60 - 15)} = 586705 \text{ kg} \quad (5.2)$$

A massa volúmica da água ρ a 60°C é de $\rho = 988 \text{ kg/m}^3$, o volume de água correspondente à massa de água aquecida no pavilhão I em 2009 é de,

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{586705}{988} = 593,8 \text{ m}^3 \quad (5.3)$$

Em 2010, $Q_{\text{útil}} = 97740$ MJ por isso mantendo as condições atrás descritas vem,

$$m = \frac{97740 \times 10^3}{4,18 \times (60 - 15)} = 519121 \text{ kg} \quad (5.4)$$

e o volume de água correspondente em 2010,

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{519121}{988} = 525,4 \text{ m}^3 \quad (5.5)$$

Com o volume de água consumido em AQS no pavilhão I de $V = 593,8 \text{ m}^3$ e $V = 525,4 \text{ m}^3$ em 2009 e 2010 respetivamente, e o número de utilizadores deste espaço também conhecido, de acordo com a Tabela 5.2, calcula-se o consumo de AQS por utilizador (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 – Valores do consumo de AQS por utilizador em 2009 e 2010 no pavilhão I.

Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número de utilizadores do pavilhão I	Consumo de AQS a 60°C por utilizador [l/utilizador]
2009	593,8	46342	12,81
2010	525,4	41626	12,62

Assumindo que todos os utilizadores do pavilhão I utilizam AQS, obtém-se um valor que ronda os 12 l/utilizador.

Considerando o valor de referência, segundo o Decreto-lei nº80/2006 de 4 de abril, relativo ao consumo de AQS que é de 40 l/pessoa a 60°C, estima-se o número efetivo anual de utilizadores de AQS (Tabela 5.11).

Tabela 5.11 – Estimativa do número efetivo de utilizadores de AQS no pavilhão I.

Consumo de referência de 40 l/pessoa a 60°C	Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número efetivo de utilizadores de AQS
	2009	593,8	14846
	2010	525,4	13136

Pela Tabela 5.11, assumindo o consumo de referência do RCCTE para cada utilizador de AQS, o número efetivo anual de utilizadores de AQS é de 14846 e de 13136 em 2009 e 2010, respetivamente.

Admitindo o perfil médio mensal de utilização do EUC da Tabela A.8 e o consumo mensal de AQS determina-se o número mensal efetivo de utilizadores de AQS, bem como perfil de consumo mensal e diário de AQS conforme a tabela seguinte.

Tabela 5.12 – Procedimento do cálculo do consumo médio de AQS diário mensal no pavilhão I.

	Fração média mensal de utilizadores [%]	Utilizadores efetivos de AQS 2009	Utilizadores efetivos de AQS 2010	Média mensal de utilizadores ^(*)	Consumo mensal de AQS [l]	Consumo diário de AQS [l/dia]
Janeiro	7,87	1168	1033	1100	44016	1420
Fevereiro	9,62	1428	1264	1346	53842	1923
Março	10,46	1553	1374	1464	58557	1889
Abril	10,39	1543	1365	1454	58160	1939
Mai	9,41	1397	1236	1316	52652	1698
Junho	7,51	1115	987	1051	42033	1401
Julho	4,70	698	617	658	26303	848
Agosto	1,64	243	215	229	9161	296
Setembro	8,08	1200	1061	1130	45217	1507
Outubro	11,27	1672	1480	1576	63044	2034
Novembro	11,19	1662	1470	1566	62639	2088
Dezembro	7,86	1167	1033	1100	44004	1419

^(*) – Média de utilizadores em 2009 e 2010.

Na Figura 5.18 é representado o perfil anual da média mensal do consumo diário de AQS no pavilhão I.

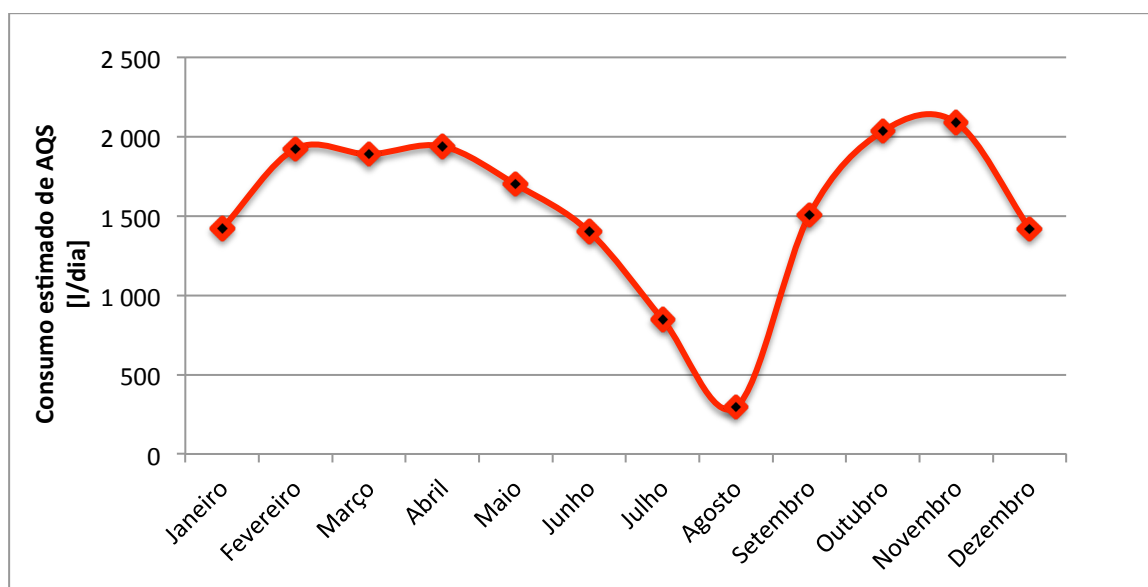


Figura 5.18 – Perfil anual da média mensal do consumo diário de AQS no pavilhão I.

Pavilhão II

A mesma metodologia foi aplicada para estimar a energia consumida e os consumos médios diários de AQS para o pavilhão II, encontrando os resultados nas Tabelas 5.13 a 5.15, remetendo para o Anexo D o cálculo.

Tabela 5.13 – Estimativa dos valores da energia consumida e energia disponível em 2009 e 2010 no pavilhão II.

$\eta_{eqII} = 0,52$			
Ano	Energia térmica consumida [MJ]	Energia térmica útil [MJ]	Energia térmica útil [MWh]
2009	250676	130351	36,209
2010	246634	128250	35,625

Tabela 5.14 – Valores do consumo de AQS por utilizador em 2009 e 2010 no pavilhão II.

Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número de utilizadores do pavilhão II	Consumo de AQS a 60°C por utilizador [l/utilizador]
2009	692,3	63109	10,97
2010	681,2	63005	10,81

Tabela 5.15 – Estimativa do número efetivo de utilizadores de AQS no pavilhão II entre 2009 e 2010.

Consumo de referência de 40 l/pessoa a 60°C	Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número efetivo de utilizadores de AQS
	2009	692,3	17308
	2010	681,2	17029

Pela Tabela 5.15, assumindo o consumo de referência para cada utilizador de AQS, o número efetivo anual de utilizadores de AQS é de 17308 e de 17029 em 2009 e 2010, respetivamente.

Admitindo o perfil médio mensal de utilização do EUC da Figura 5.3 e o consumo mensal de AQS determina-se o número mensal efetivo de utilizadores de AQS, bem como perfil de consumo mensal e diário de AQS conforme a Tabela 5.16.

Tabela 5.16 – Procedimento do cálculo do consumo médio de AQS diário mensal no pavilhão II.

	Fração média mensal de utilizadores [%]	Utilizadores efetivos de AQS 2009	Utilizadores efetivos de AQS 2010	Média mensal de utilizadores ^(*)	Consumo mensal de AQS [l]	Consumo diário de AQS [l/dia]
Janeiro	7,87	1361	1339	1350	54014	1742
Fevereiro	9,62	1665	1638	1652	66072	2360
Março	10,46	1811	1782	1796	71857	2318
Abril	10,39	1799	1770	1784	71371	2379
Mai	9,41	1628	1602	1615	64612	2084
Junho	7,51	1300	1279	1290	51581	1719
Julho	4,70	814	800	807	32278	1041
Agosto	1,64	283	279	281	11241	363
Setembro	8,08	1398	1376	1387	55488	1850
Outubro	11,27	1950	1918	1934	77364	2496
Novembro	11,19	1937	1906	1922	76867	2562
Dezembro	7,86	1361	1339	1350	54000	1742

^(*) – Média de utilizadores em 2009 e 2010.

Na Figura 5.19 é representado o perfil anual da média mensal do consumo diário de AQS no pavilhão II.

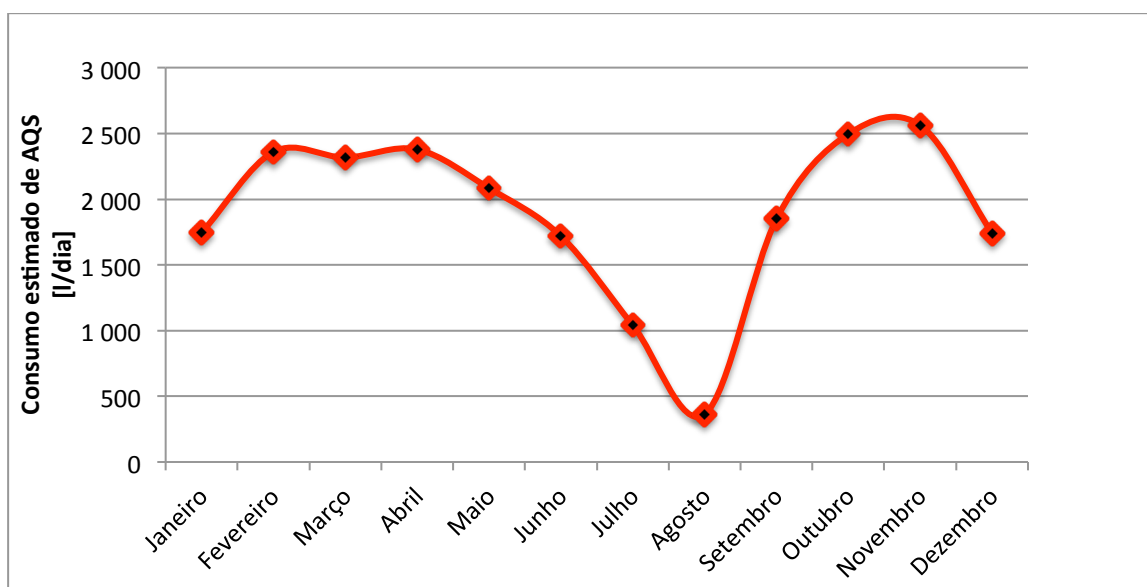


Figura 5.19 – Perfil anual da média mensal do consumo diário de AQS no pavilhão II.

Culturismo

As estimativas de consumos energéticos e consumos médios diários de AQS para o culturismo são representados nas Tabelas 5.17 a 5.19, seguindo o procedimento referido anteriormente, estando no Anexo D a metodologia completa.

Tabela 5.17 – Estimativa dos valores da energia consumida e energia disponível em 2009 e 2010 no culturismo.

$\eta_{esq} = 0,6$			
Ano	Energia térmica consumida [MJ]	Energia térmica útil [MJ]	Energia térmica útil [MWh]
2009	187570	112542	31,262
2010	192262	115357	32,044

Tabela 5.18 – Valores do consumo de AQS por utilizador em 2009 e 2010 no culturismo.

Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número de utilizadores do culturismo	Consumo de AQS a 60°C por utilizador [l/utilizador]
2009	597,7	47220	12,66
2010	612,7	49121	12,47

Tabela 5.19 – Estimativa do número efetivo de utilizadores de AQS no culturismo entre 2009 e 2010 no culturismo.

Consumo de referência de 40 l/pessoa a 60°C	Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número efetivo de utilizadores de AQS
	2009	597,7	14943
	2010	612,7	15317

Pela Tabela 5.19, assumindo o consumo de referência para cada utilizador de AQS, o número efetivo anual de utilizadores de AQS é de 14943 e de 15317 em 2009 e 2010, respetivamente.

Admitindo o perfil médio mensal de utilização do EUC da Figura 5.3 e o consumo mensal de AQS determina-se o número mensal efetivo de utilizadores de AQS, bem como perfil de consumo mensal e diário de AQS conforme a Tabela 5.20.

Tabela 5.20 – Procedimento do cálculo do consumo médio de AQS diário mensal no culturismo.

	Fração média mensal de utilizadores [%]	Utilizadores efetivos de AQS 2009	Utilizadores efetivos de AQS 2010	Média mensal de utilizadores ^(*)	Consumo mensal de AQS [l]	Consumo diário de AQS [l/dia]
Janeiro	7,87	1175	1205	1190	47602	1536
Fevereiro	9,62	1438	1474	1456	58228	2080
Março	10,46	1564	1603	1583	63326	2043
Abril	10,39	1553	1592	1572	62897	2097
Maió	9,41	1406	1441	1424	56941	1837
Junho	7,51	1122	1150	1136	45457	1515
Julho	4,70	702	720	711	28446	918
Agosto	1,64	245	251	248	9907	320
Setembro	8,08	1207	1238	1223	48900	1630
Outubro	11,27	1683	1726	1704	68179	2199
Novembro	11,19	1673	1714	1694	67741	2258
Dezembro	7,86	1175	1204	1190	47589	1535

(*) – Média de utilizadores em 2009 e 2010.

Na Figura 5.20 é representado o perfil anual da média mensal do consumo diário de AQS no pavilhão II.

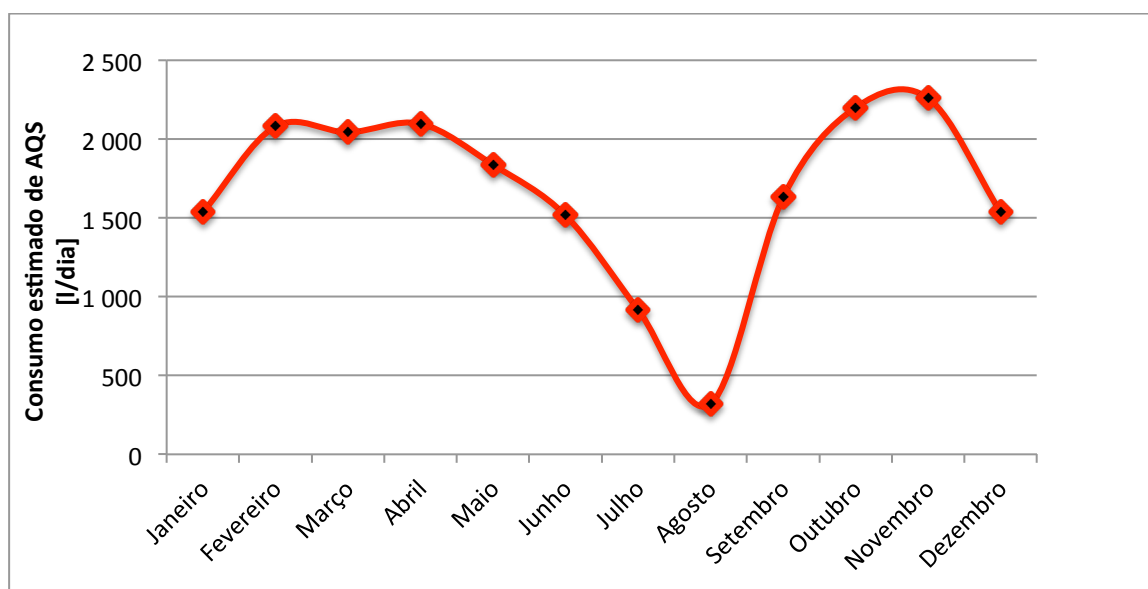


Figura 5.20 – Consumo médio diário mensal de AQS no culturismo.

Comparação dos consumo específicos com o benchmarking

De modo a poder comparar os consumos energéticos do EUC com outros complexos desportivos é necessário encontrar um valor de referência. Geralmente este valor vem expresso em kWh/m². Green Star (2009) indica diversos valores de referência dependendo da tipologia do edifício e das condições de funcionamento do mesmo. Segundo Green Star (2009), para complexos desportivos em edifícios universitários a necessidade diária anual de AQS é de cerca de 12 l/pessoa e o seu consumo energético anual associado de 8,9 kWh/m².

De modo a comparar os valores de referência obtidos para o pavilhão I, pavilhão II e culturismo através das Tabela 5.10, Tabela 5.14 e Tabela 5.18 representa-se a Tabela 5.21.

Tabela 5.21 – Consumos de referência por espaço desportivo do EUC em 2010.

Espaço desportivo	Área [m²]	Ano	Energia térmica para produção de AQS por unidade de área [kWh/m²]	Consumo diário de AQS [l/pessoa]
Pavilhão I	3227,14	2009	15,85	12,81
		2010	14,02	12,62
Pavilhão II	2804,66	2009	24,83	11,10
		2010	24,43	10,94
Culturismo	883,53	2009	58,97	8,54
		2010	60,45	8,42

Da análise da Tabela 5.21 verifica-se que o pavilhão I se enquadra no valor de *benchmarking* para o consumo diário de AQS de 12 l/pessoa, enquanto o pavilhão II e o culturismo, segundo a metodologia deste trabalho, apresenta um valor mais reduzido. Em termos energéticos, a transformação de energia para produção de AQS é muito superior aos 8,9 kWh/m² referido em Green Star (2009) para a produção de AQS revelando uma enorme ineficiência na transformação. De acordo com a metodologia para estimar os consumos energéticos, a energia térmica para produção de AQS por utilizador é de 1,103 kWh/ocupante e 1,087 kWh/ocupante em 2009 e 2010 respetivamente.

5.6. Avaliação económico-financeira da implementação de novas soluções para a produção de AQS

De modo a reduzir os consumos energéticos no EUC e a aumentar a eficiência na transformação de energia, foi identificada como medida prioritária a implementação de sistema solar térmico no pavilhão I, pavilhão II e culturismo, que são os edifícios com maior ocupação e responsáveis pelo maior consumo de energia térmica do EUC.

A instalação do sistema solar térmico irá permitir reduzir o consumo de gás propano e evitar a emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera resultantes da queima do gás propano, bem como a nível global contribuir para atenuar a dependência energética nacional na importação de combustíveis fósseis. A colocação de isolamento em todas as tubagens de água quente permitirá reduzir as perdas térmicas no transporte da água quente desde a central térmica até aos pontos de consumo.

A instalação de painéis fotovoltaicos permitirá a produção de energia elétrica sem emissão de gases com efeito de estufa, e gerará uma fonte de receita para o EUC, através da venda da energia elétrica à rede nacional.

O estudo de viabilidade económico-financeira é realizado apenas para o sistema solar térmico e tem por base as estimativas do número de utilizadores e de consumo de AQS.

A análise económica das várias soluções de melhoria da eficiência energética do EUC foi realizada através do programa de cálculo *Microsoft Excel*[®].

Os pressupostos para análise económica foram definidos tendo em conta os valores fornecidos pelos fabricantes dos diversos equipamentos e da experiência em projetos desta tipologia. A taxa de inflação, ou variação média do índice de preços no consumidor, registou um valor médio em 2012 de 3% segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE). A taxa de inflação do combustível é a verificada na Figura 5.13, de acordo com a variação do preço de gás propano, o coeficiente de custo de combustível é relativo ao ano de 2011.

Tabela 5.22 – Valores adotados para a análise económica.

Taxa de atualização, i [%]	5,00
Taxa de inflação ⁽¹⁾ , j [%]	3,00
Taxa de inflação do combustível, e [%]	6,68
Ciclo de vida dos equipamentos, n [anos]	20
Coefficiente do custo de colector ⁽²⁾ , C_C [€/m ²]	350
Coefficiente do custo do depósito, C_D [€/m ³]	600
Coefficiente do custo de instrumentação e controlo, C_{IC} [€/m ²]	35
Coefficiente do custo de bomba e estrutura, C_{PS} [€/m ²]	35
Coefficiente do custo do permutador, C_{HX} [€/m ²]	100
Custo da caldeira, C_B [€]	2000
Coefficiente do custo de combustível, C_f [€/MJ]	0,03
Coefficiente do custo de combustível, C_f [€/kWh]	0,11

Nota: ⁽¹⁾ Valor do índice de preços no consumidor em 2012 segundo o INE.

⁽²⁾ Observatório Água Quente Solar para Portugal (Fonte: <http://www.aguaquentesolar.com/index.asp>)

Sistema Solar Térmico no pavilhão I

Através da estimativa do número de utilizadores de AQS da Tabela 5.12 fez-se o dimensionamento do sistema solar térmico, através do programa *SolTerm* 5.1.4, otimizando-o para o regime de funcionamento.

Pelo relatório do programa *SolTerm* no Anexo E, o sistema solar térmico no pavilhão I será constituído por 15 colectores solares térmicos com uma área de 33,75 m², um depósito de 2000 litros interligado ao sistema atual de produção de AQS que servirá de apoio à produção de AQS, logo da equação (4.4) $C_B=0$. Este sistema irá fornecer 19949 kWh que representa uma fração solar global (F_{solar}) de 67% relativamente à energia total necessária para AQS.

Através dos índices da Tabela 5.22 e da equação (4.5) o investimento associado a este sistema solar térmico é de

$$C_S = (1,2 \times 350 + 100) \times 33,75 + 600 \times 2 = 18750,00 \text{ €} \quad (5.6)$$

O custo médio anual associado à manutenção do sistema solar térmico representa 1% do valor do investimento do projeto. A poupança obtida através do sistema solar térmico será representada no *cash flow* como a receita proveniente do sistema.

Considerando os custos médios atuais representados na Tabela 5.23, a poupança com a implementação do sistema solar térmico é 3487,44 € (Tabela 5.24).

Tabela 5.23 – Custos de funcionamento na situação atual sem instalação de sistema solar térmico – pavilhão I.

Ano	Energia térmica consumida [MJ]	Custo associado ao consumo de energia térmica ^(*) [€]
2009	184108	5523,25 €
2010	162900	4887,00 €
Média	173504	5205,13 €

^(*) – Custo do gás propano 0,03 €/MJ

Tabela 5.24 – Poupança média obtida com a instalação do sistema solar térmico – pavilhão I.

Ano	Poupança de energia térmica para produção de AQS [MJ]	Poupança associado ao consumo de energia térmica ^(*) [€]
Média	116247	3487,44 €

^(*) – Custo do gás propano 0,03 €/MJ

Resumindo num pequeno diagrama a situação antes e depois da implementação da medida de melhoria,



Figura 5.21 – Diagrama da situação inicial sem sistema solar térmico.



Figura 5.22 – Diagrama da situação com implementação do sistema solar térmico.

De acordo com o *cashflow* do Anexo F os indicadores económicos deste investimento são:

Tabela 5.25 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um sistema solar térmico para o pavilhão I.

VAL	60911,01 €
TIR	25%
Período de retorno	5,37 anos

Sistema Solar Térmico no pavilhão II

Pelo relatório do programa *SolTerm* no Anexo E o sistema solar térmico no pavilhão II será constituído por 20 colectores solares térmicos com uma área de 45 m², 2 depósitos de 2000 litros interligados à caldeira *Vulcano ZSC 30* existente que servirá de apoio à produção de AQS, logo da equação (4.5) $C_B=0$. Este sistema irá fornecer 25382 kWh que representa uma fração solar global (F_{solar}) de 69,5% relativamente à energia total necessária para AQS.

Através dos índices da Tabela 5.22 e da equação (4.5) o investimento associado a este sistema solar térmico é de

$$C_S = (1,2 \times 350 + 100) \times 45 + 600 \times 4 = 25800,00\text{€} \quad (5.7)$$

O custo médio anual associado à manutenção do sistema solar térmico representa 1% do valor do investimento do projeto. A poupança obtida através do sistema solar térmico será representada no *cash flow* como a receita proveniente do sistema.

Considerando os custos médios atuais representados na Tabela 5.26, a poupança com a implementação do sistema solar térmico está representada na Tabela 5.27.

Tabela 5.26 – Custos de funcionamento na situação atual sem instalação de sistema solar térmico – pavilhão II.

Ano	Energia térmica consumida [MJ]	Custo associado ao consumo de energia térmica ^(*) [€]
2009	250676	7520,27 €
2010	246634	7399,01 €
Média	248655	7459,64 €

^(*) – Custo do gás propano 0,03 €/MJ

Tabela 5.27 – Poupança média obtida com a instalação de sistema solar térmico – pavilhão II.

Ano	Poupança de energia térmica para produção de AQS [MJ]	Poupança associado ao consumo de energia térmica ^(*) [€]
Média	172825	5184,46 €

^(*) – Custo do gás propano 0,03 €/MJ

De acordo com o *cashflow* do Anexo F os indicadores económicos deste investimento são:

Tabela 5.28 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um sistema solar térmico para o pavilhão II.

VAL	92965,79 €
TIR	27%
Período de retorno	4,97 anos

Sistema Solar Térmico no culturismo

Pelo relatório do programa *SolTerm* no Anexo E o sistema solar térmico no culturismo será constituído por 10 colectores solares térmicos com uma área de 22,5 m², 1 depósito de 2000 litros interligado a uma caldeira nova de 30 kW que servirá de apoio à produção de AQS. Este sistema irá fornecer 14011 kWh que representa uma fração solar global de 65,3% relativamente à energia total necessária para AQS, logo da equação (4.5) $C_B=2000,00$ €.

Através dos índices da Tabela 5.22 e da equação (4.5) o investimento associado a este sistema solar térmico é de

$$C_S = (1,2 \times 350 + 100) \times 22,5 + 600 \times 2 + 2000 = 14900,00\text{€} \quad (5.8)$$

O custo médio anual associado à manutenção do sistema solar térmico representa 1% do valor do investimento do projeto. A poupança obtida através do sistema solar térmico será representada no *cash flow* como a receita proveniente do sistema.

Considerando os custos médios atuais representados na Tabela 5.29, a poupança com a implementação do sistema solar térmico está representada na Tabela 5.30.

Tabela 5.29 – Custos de funcionamento na situação atual sem instalação de sistema solar térmico - culturismo.

Ano	Energia térmica consumida [MJ]	Custo associado ao consumo de energia térmica^(*) [€]
2009	187570	5627,09 €
2010	192262	5767,85 €
Média	189916	5697,47 €

^(*) – Custo do gás propano 0,03 €/MJ

Tabela 5.30 – Poupança média obtida com a instalação de sistema solar térmico - culturismo.

Ano	Poupança de energia térmica para produção de AQS [MJ]	Poupança associado ao consumo de energia térmica ^(*) [€]
Média	124015	3720,45 €

^(*) – Custo do gás propano 0,03 €/MJ

De acordo com o *cashflow* do Anexo F os indicadores económicos deste investimento são:

Tabela 5.31 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um sistema solar térmico para o culturismo.

VAL	70922,64 €
TIR	32%
Período de retorno	4,01

5.7. Estudo de viabilidade económica com intervenção da ESCO

Neste ponto são apresentados os resultados do estudo económico para um hipotético contrato de desempenho energético englobando a ESCO e o EUC relativamente à implementação das medidas de melhoria estudadas, no modelo de partilha da poupança económica. Este tipo de contrato deve-se ao facto de o risco da operação ser partilhado entre os intervenientes.

Os pressupostos para esta análise são os indicados na Tabela 5.22 e as parcelas de investimento são de 40% para o EUC e 60% para a ESCO no caso do pavilhão I e II e de 60% para o EUC e 40% para a ESCO no culturismo. Os proveitos para a ESCO seria a remuneração da energia, em kWh, fornecida pelo sistema solar térmico à tarifa do custo específico do gás propano (0,11 €/kWh) durante o período de duração do contrato de desempenho energético (10 anos) e de acordo com a taxa de inflação do combustível prevista (6,68%). Durante o período de contrato os custos relativos com a manutenção do equipamento são encargo da ESCO. Considera-se que os investimentos se realizam por capitais próprios no instante inicial do projeto.

Pavilhão 1

De modo a comparar a implementação do contrato de desempenho energético com a situação atual, considera-se o custo médio de 2009 e 2010 para a situação inicial sem intervenção de medidas de melhoria conforme a tabela seguinte.

Tabela 5.32 – Custos de funcionamento na situação atual sem instalação de sistema solar térmico – pavilhão I.

Ano	Energia térmica consumida [MJ]	Custo associado ao consumo de energia térmica^(*) [€]
2009	184108	5 523,25 €
2010	162900	4 887,00 €
Média	173504	5 205,13 €

^(*) – Custo do gás propano 0,03 €/MJ

Sabendo que o sistema solar térmico proposto fornece 67% da energia térmica consumida para AQS, os custos associados ao fornecedor de gás propano serão reduzidos na mesma proporção, estando representados na tabela seguinte.

Tabela 5.33 – Custos associados ao fornecedor de gás propano após implementação do sistema solar térmico – pavilhão I.

Ano	Energia térmica consumida para apoio ao solar térmico [MJ]	Custo associado ao consumo de energia térmica [€]
2009	60755	1822,67 €
2010	53757	1612,71 €
Média	57256	1717,68 €

A restante energia será fornecida pelo sistema solar térmico e o seu custo associado, estabelecido no modelo de contrato de desempenho energético, representa-se conforme a Tabela 5.34, tendo como referência para remuneração o custo específico em €/kWh de gás propano conforme a Tabela 5.22.

Tabela 5.34 – Custos relativos ao fornecimento de energia térmica pela ESCO através do sistema solar térmico no pavilhão I.

Energia térmica produzida pelo sistema solar térmico^(*) [kWh]	Custo associado ao consumo de energia térmica [€]
19949	2279,39 €

^(*) – E_{solar} do relatório do SolTerm conforme Anexo E.

Após a instalação do sistema solar térmico, através do contrato de desempenho energético de partilha de poupança económica, os encargos financeiros do EUC para o pavilhão I são:

Tabela 5.35 – Custos totais de operação do pavilhão I para o EUC associados ao 1º ano de exploração do sistema.

Custo associado ao consumo de gás propano [€]	1717,68 €
Custo associado ao consumo de energia térmica produzida pelo sistema solar térmico [€]	2279,39 €
Total [€]	3997,07 €

Comparando as Tabela 5.32 e Tabela 5.35 denota-se um decréscimo de 1208,04 € por ano através da implementação do contrato de desempenho energético nas condições estimadas.

Pavilhão II

Adotando o procedimento anterior para o pavilhão II, que está explicitado no Anexo G, o resumo da comparação da situação atual com a implementação do contrato de desempenho energético resulta numa poupança de 2284,28 € por ano.

Culturismo

Adotando o procedimento anterior para o pavilhão II, que está explicitado no Anexo G, o resumo da comparação da situação atual com a implementação do contrato de desempenho energético resulta numa poupança de 2119,54 € por ano.

Análise económica

De acordo com os pressupostos referidos atrás, foram elaborados os *cash flows* do contrato de desempenho energético (Anexo G), calculando-se os seguintes indicadores representados na tabela seguinte do ponto de vista do EUC.

Tabela 5.36 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um contrato de desempenho energético do ponto de vista do EUC.

	Pavilhão I	Pavilhão II	Culturismo
VAL	48 951,19 €	79 090,02 €	60 737,41 €
TIR	22%	26%	27%
Período de retorno	5,88	4,33	4,05

Do ponto de vista da ESCO e da análise dos *cash flows* do contrato de desempenho energético estão representados na Tabela 5.37 os principais indicadores da análise económica.

Tabela 5.37 – Resultados do estudo da análise económica da aplicação de um contrato de desempenho energético do ponto de vista da ESCO.

	Pavilhão I	Pavilhão II	Culturismo
VAL	11 959,82 €	13 875,77 €	10 185,23 €
TIR	15%	13%	23%
Período de retorno	5,08	5,50	3,91

Representa-se de seguida o *cash flow* acumulado atualizado para cada uma das intervenções do ponto de vista do EUC e da ESCO.

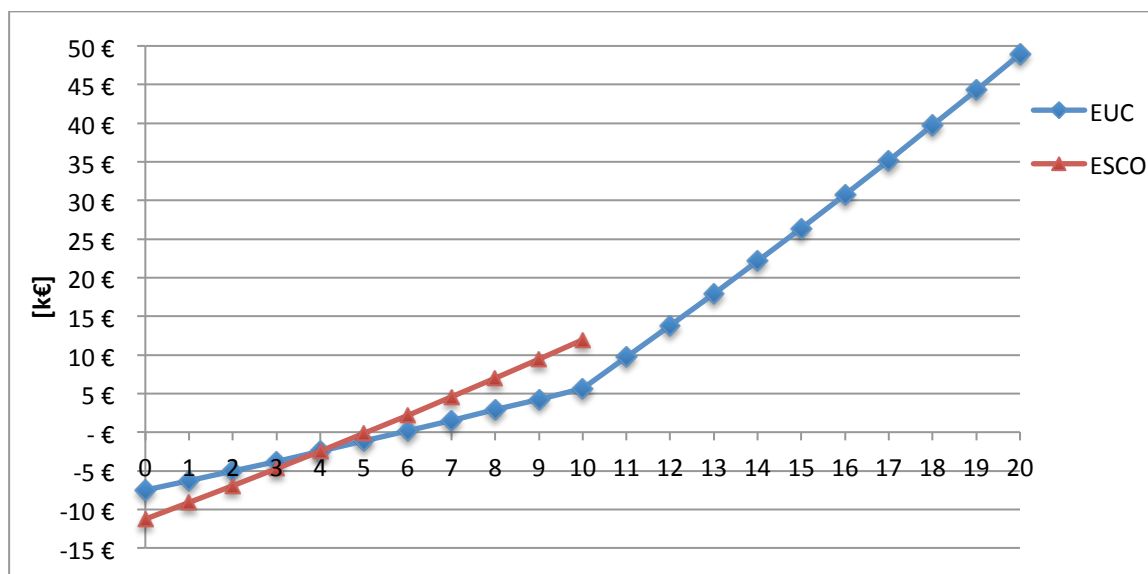


Figura 5.23 – Cash flows acumulado e atualizado para a intervenção no pavilhão I.

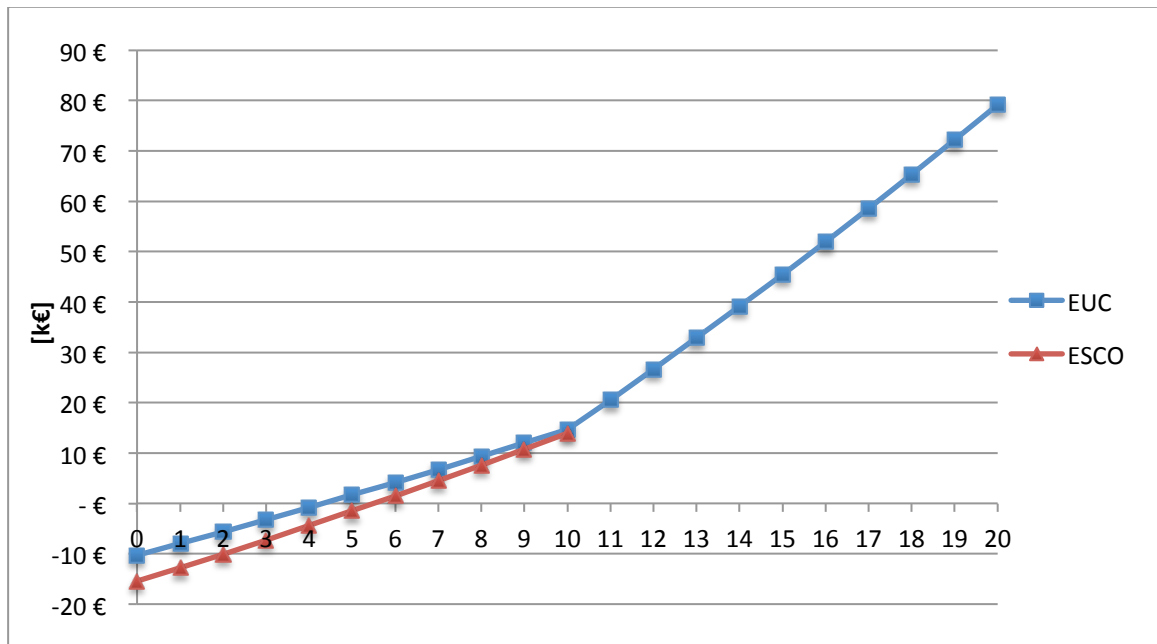


Figura 5.24 – Cash flow acumulado e atualizado para a intervenção no pavilhão II.

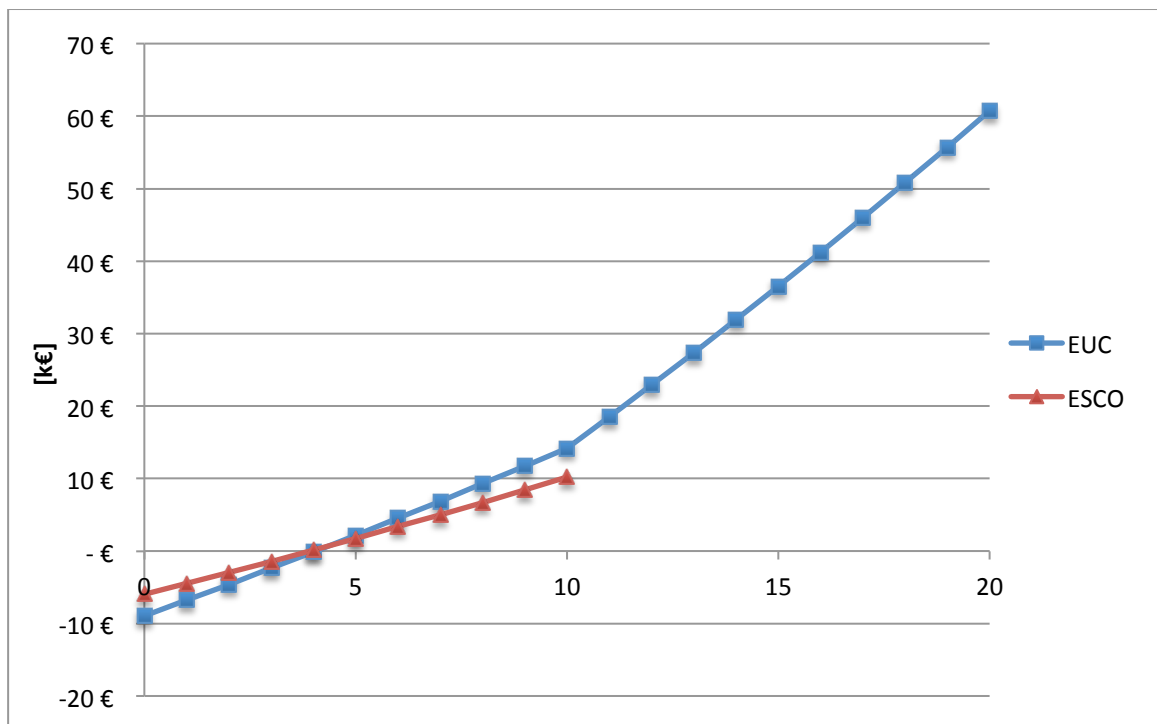


Figura 5.25 - Cash flow acumulado e atualizado para a intervenção no culturismo.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como principal objetivo estudar, técnica e economicamente, a implementação de medidas de melhoria da eficiência energética que permitam o EUC diminuir o seus consumos energéticos, assim como os custos financeiros que daí advêm. Neste relatório analisa-se a possível intervenção de uma ESCO, através de um contrato de desempenho energético, de modo a fornecer energia térmica para produção de AQS por colectores solares térmicos.

Pelo facto de apenas existirem contadores parciais na cantina, este espaço é o único onde se pode determinar com exatidão os consumos associados ao seu funcionamento. Através da desagregação dos consumos energéticos da cantina verifica-se que este espaço é responsável pelo consumo de 12 a 15% do total de gás propano consumido no EUC e de 4% do total de energia elétrica.

Através da metodologia utilizada para estimar os consumos energéticos dos restantes espaços, verifica-se que os principais consumidores de energia térmica são o pavilhão I, pavilhão II e culturismo. Verifica-se que o consumo específico de energia térmica para produção de AQS nos três pavilhões é superior ao valor de *benchmarking*, denotando assim a falta de eficiência dos equipamentos.

Pela análise do estudo de viabilidade económica, com investimento por capitais próprios do EUC, verifica-se que o projeto, no tipo de condições estudadas, revela indicadores económicos atrativos com tempos de retorno do investimento de 4 a 5 anos, TIR na ordem dos 25 a 30% e um VAL de 60 a 90 mil euros.

Conhecendo a realidade, e as dificuldades financeiras das instituições públicas, propôs-se um contrato de desempenho energético com uma ESCO. Através da implementação deste serviço, com um reduzido custo inicial para o EUC, verifica-se que nas condições estudadas, os tempos de retorno são reduzidos e os índices económicos apresentam uma rendibilidade elevada. Através do contrato de desempenho energético, o EUC aumenta a eficiência na transformação de energia para preparação de AQS, reduzindo os seus encargos anuais com energia de 1200 a 2800 €/ano dependendo do espaço a intervir.

Acredita-se que este relatório sirva para impulsionar o estudo de eficiência energética de complexos desportivos em Portugal, assim como, sensibilizar para a importância dos contratos de desempenho energético dinamizando um sector de economia preponderante no nosso país.

6.1. Perspectivas de desenvolvimento futuro

Relativamente a perspectivas de desenvolvimento futuro surgem assuntos merecedores de análise posterior.

Um dos aspetos que deve ser alvo de análise a curto prazo é a monitorização e avaliação dos consumos em cada espaço desportivo. No decorrer deste ano serão instalados contadores parciais de energia elétrica, água e gás propano. Como as soluções projetadas dependem de vários parâmetros, apresentando algum grau de incerteza quanto aos perfis de consumo e perfis de utilizadores, esta avaliação *in situ* iria permitir atualizar e aumentar o nível de complexidade da auditoria realizada, verificando a validade dos valores de referência calculados neste relatório.

Outro aspeto mais complexo seria o estudo técnico e económico de um sistema de cogeração/trigeração para fornecimento de energia elétrica e térmica ao complexo do EUC, bem como a possível interação com outros edifícios envolventes ao EUC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE NT-SCE-01 (2009) “Método de cálculo simplificado para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE”. Acedido em 16 de Novembro de 2012, em: <http://www.adene.pt/>
- Artuso, P. e Santiangeli, A. (2008), “Energy solutions for sports facilities”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 33, 3182-3187.
- Bertoldi, P., Berruto, V., Renzio, M., Adnot, J. e Vine, E. (2003), “How are EU ESCOs behaving and how to create a real ESCO market?”, *European Council for an Energy Efficient Economy*, acedido em 22 Outubro de 2012 em: http://www.eceee.org/conference_proceedings/eceee/2003c
- Bertoldi, P., Boza-Kiss, B. e Rezessy, S. (2007), “Latest Development of Energy Service Companies across Europe”, *Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, European Commission*.
- Bertoldi, P., Rezessy, S. e Vine, E. (2006), “Energy service companies in European countries: Current status and a strategy to foster their development”, *Energy Policy*, 34, 1818-1832.
- British Petrol (2012), “BP Statistical Review of World Energy”, Junho de 2012.
- Decreto-lei nº 80/2006 de 4 de Abril. *Diário da República nº 67/2006 – I série A*. Lisboa
- Decreto-lei nº 29/2011 de 28 de Fevereiro. *Diário da República nº 41/2011 – I série A*. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. Lisboa
- Decreto-lei nº 141/2010 de 31 de Dezembro. *Diário da República nº 253/2010 – I série A*. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. Lisboa
- Despacho nº 17313/2008 de 26 de Junho. *Diário da República nº 122/2008– II série*. Ministério da Economia e da Inovação. Lisboa
- Direcção Geral de Energia e Geologia (2012), acedido em 15 de Novembro de 2012 em: <http://www.dgeg.pt>.
- Diretiva Europeia 2006/32/CE (2006), “Diretiva Europeia relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos”, *Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia*, 5 de Abril de 2006.
- Diretiva Europeia 2004/8/CE (2004), “Diretiva Europeia relativa à promoção da cogeração com base na procura de calor útil no mercado interno da energia”, *Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia*, 11 de Fevereiro de 2004.
- Diretiva Europeia 2012/27/UE (2012), “Diretiva Europeia relativa à eficiência

energética”, Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, 25 de Outubro de 2012.

Eurostat (2012), acessido em 12 de Dezembro de 2013, em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>.

Fiaschi, D., Bandinelli, R. e Conti, S. (2012), “A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables”, *Applied Energy*, 97, 101-114.

Gomes, V., (2011), “Avaliação de Projectos de Investimento: Elaboração de um Estudo de Viabilidade Económico-Financeira”. Tese de Mestrado em Gestão. Faculdade de Economia - Universidade de Coimbra, Coimbra.

Green Star (2009), “Standard Practice Benchmark Summary”, Green Building Council Australia, acessido em 12 de Novembro em: <http://www.gbca.org.au/>.

Instituto Nacional de Estatística (2013), “Índices de preços no consumidor”. Acessido em 10 de Janeiro de 2013, em: <http://www.ine.pt>.

International Energy Agency (2012), “Key World Energy Statistics 2012”, acessido em 6 de Janeiro de 2013 em: <http://www.iea.org>.

Kim, Y., Thu, K., Bhatia, H., Bhatia, C. e Ng, K. (2012), “Thermal analysis and performance optimization of a solar hot water plant with economic evaluation”, *Solar Energy*, 86, 1378-1395.

Lemmon, E., McLinden, M. e Friend, D. (2013), "Thermophysical Properties of Fluid Systems", NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899, acessido em 12 de Janeiro de 2013: <http://webbook.nist.gov>.

Marino A., Bertoldi, P., e Rezessy, S. (2010), “Energy Service Companies market in Europe”, Institute for Energy, Joint Research Centre, European Commission.

Pérez-Lombard, L., Ortiz, J. e Pout, C. (2008), “A review on buildings energy consumption”, *Energy and Buildings*, 40, 394-398.

Resolução do Conselho de Ministros nº 80/2008 de 12 de Maio. Diário da República nº 97/2008– I série A. Presidência do Conselho de Ministros. Lisboa

Saraiva, P. (2011), “Estudo de potencial de melhoria da eficiência energética nos edifícios da Universidade do Porto”. Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Porto.

Sousa, A. (1990) “Introdução à gestão - Uma abordagem sistémica” Lisboa, Editorial Verbo.

- Sousa, A. (2011), “Análise do desempenho energético de cozinhas industriais”. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Thumann, A., Niehus, T. e Younger, W. (2012) “Handbook of Energy Audits”. 9ª Edição. Fairmont Press, Georgia.
- Trianti-Stourna, E., Spyropoulou, K., Theofylaktos, C., Droutsas, K., Balaras, C., Santamouris, M., Asimakopoulos, D., Lazaropoulou, G. e Papanikolaou, N. (1998), “Energy conservation strategies for sports centers: Part A. Sports Hall”, *Energy and Buildings*, 27, 109-122.
- Krajacic, G., Duic, N., Zmijarevic, Z., Mathiesen, B., Vucinic, A. e Carvalho, M. (2011), “Planning for a 100% independent energy system based on smart energy storage for integration of renewables and CO₂ emissions reduction”, *Applied Thermal Engineering*, 31, 2073-2083.

ANEXO A – Distribuição mensal de utilizadores do EUC

De seguida apresentam-se os dados fornecidos pelos responsáveis do EUC relativamente ao número de utilizadores de 2006 a 2011. Por forma a estimar o perfil médio de ocupação cada ano foi dividido em dois períodos, de modo a poder adaptar uma equação quadrática, mais fácil de tratar do que um polinómio de grau 6, mantendo níveis de correlação aceitáveis para cada período e assim estimar um valor médio mensal de utilizadores.

2006

Tabela A.1 - Número de utilizadores mensais em 2006 do EUC.

Mês	Utilizadores mensais	%
Janeiro	16945	9,49
Fevereiro	18674	10,46
Março	17230	9,65
Abril	14363	8,04
Mai	18241	10,21
Junho	14575	8,16
Julho	8087	4,53
Agosto	2003	1,12
Setembro	15150	8,48
Outubro	20456	11,45
Novembro	20462	11,46
Dezembro	12406	6,95
TOTAL	178592	100,00

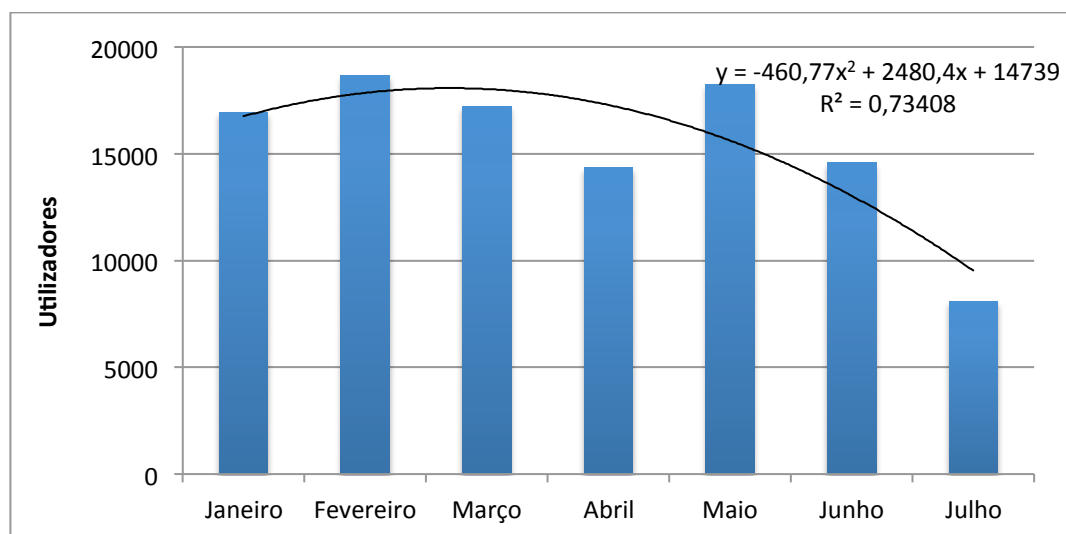


Figura A.1 – Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2006 e respetiva equação de correlação.

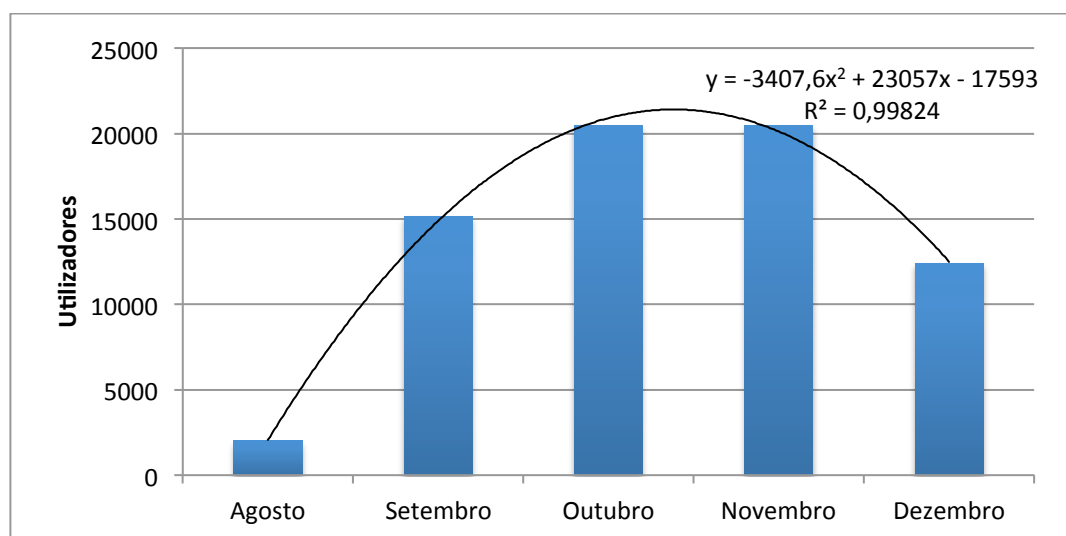


Figura A.2 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2006 e respetiva equação de correlação.

2007

Tabela A.2 - Número de utilizadores mensais em 2007 do EUC.

Mês	Utilizadores mensais	%
Janeiro	19985	9,14
Fevereiro	23049	10,54
Março	22076	10,10
Abril	20682	9,46
Mai	22312	10,21
Junho	16586	7,59
Julho	11816	5,41
Agosto	4512	2,06
Setembro	14722	6,73
Outubro	21986	10,06
Novembro	24791	11,34
Dezembro	16077	7,35
TOTAL	218594	100,00

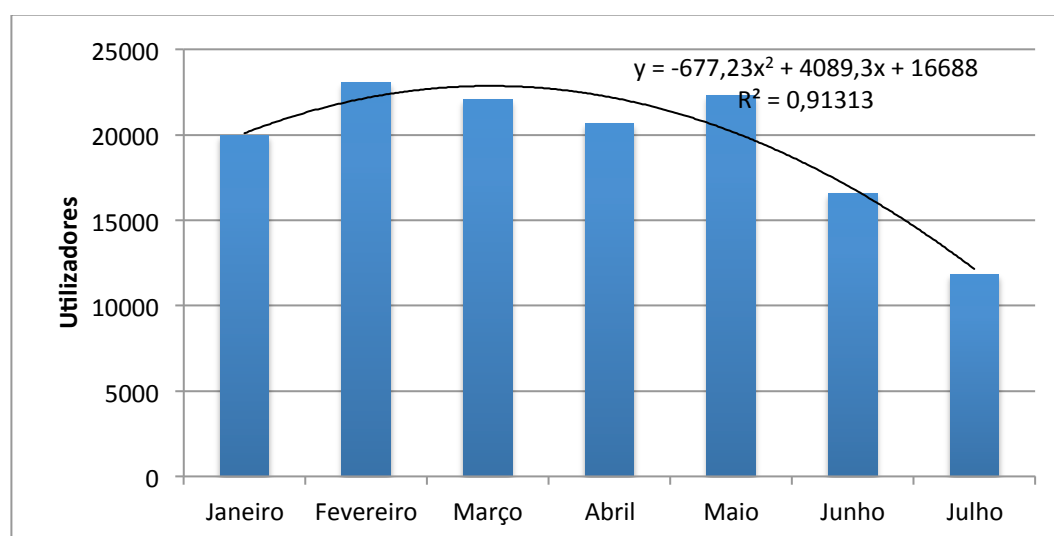


Figura A.3 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2007 e respetiva equação de correlação.

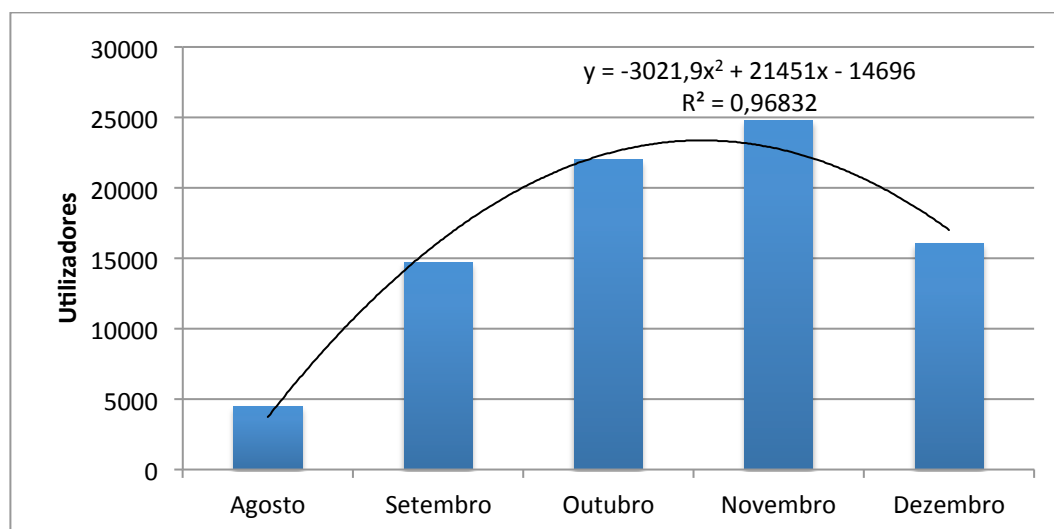


Figura A.4 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2007 e respetiva equação de correlação.

2008

Tabela A.3 - Número de utilizadores mensais em 2008 do EUC.

Mês	Utilizadores mensais	%
Janeiro	22921	11,05
Fevereiro	16798	8,10
Março	20593	9,93
Abril	20883	10,07
Mai	19079	9,20
Junho	12380	5,97
Julho	4355	2,10
Agosto	2633	1,27
Setembro	19245	9,28
Outubro	25689	12,39
Novembro	25342	12,22
Dezembro	17461	8,42
TOTAL	207379	100,00

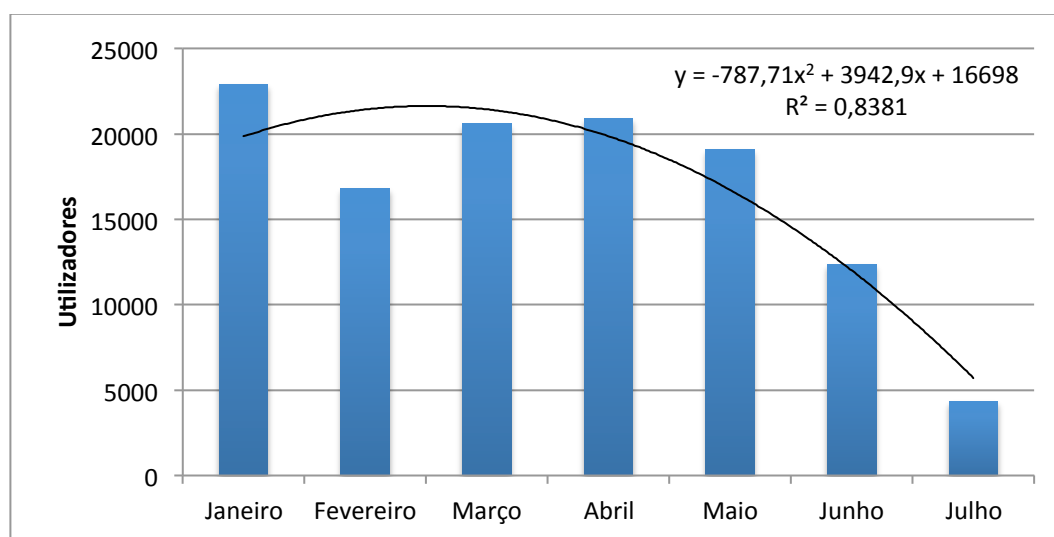


Figura A.5 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2008 e respetiva equação de correlação.

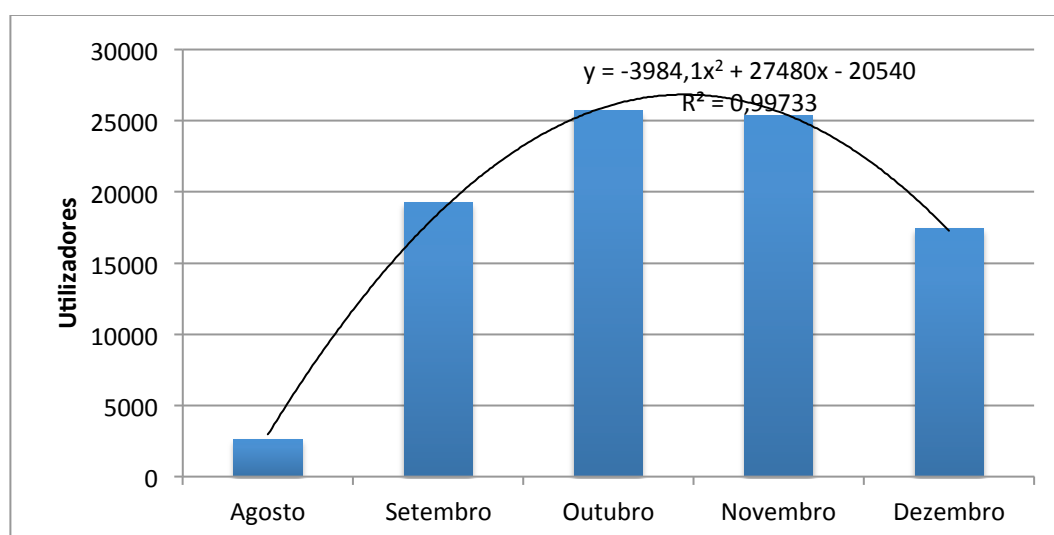


Figura A.6 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2008 e respetiva equação de correlação.

2009

Tabela A.4 - Número de utilizadores mensais em 2009 do EUC.

Mês	Utilizadores mensais	%
Janeiro	13614	7,35
Fevereiro	16258	8,78
Março	20242	10,93
Abril	25907	13,99
Mai	24491	13,23
Junho	20374	11,00
Julho	7439	4,02
Agosto	3002	1,62
Setembro	12750	6,89
Outubro	14569	7,87
Novembro	15515	8,38
Dezembro	11006	5,94
TOTAL	185167	100,00

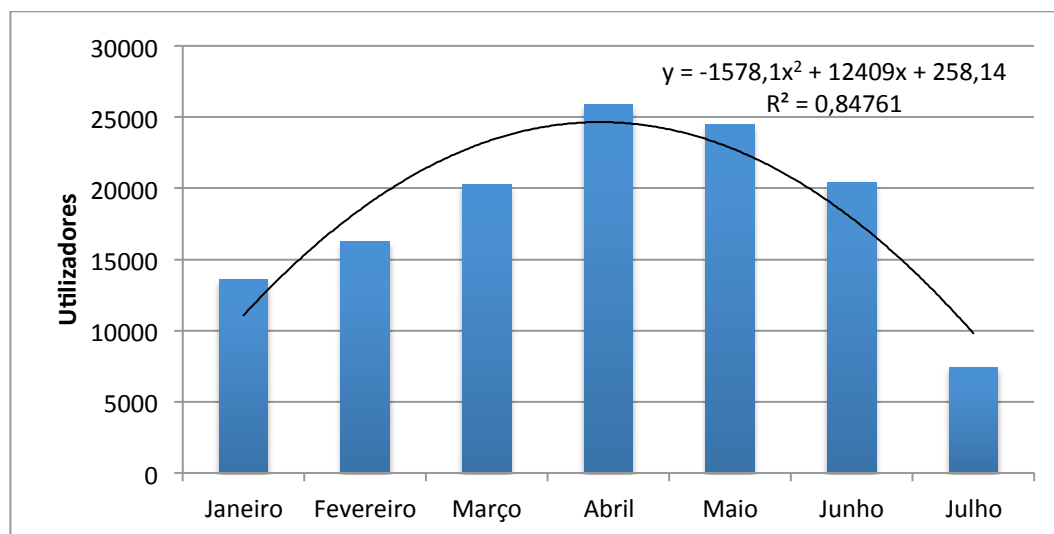


Figura A.7 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2009 e respetiva equação de correlação.

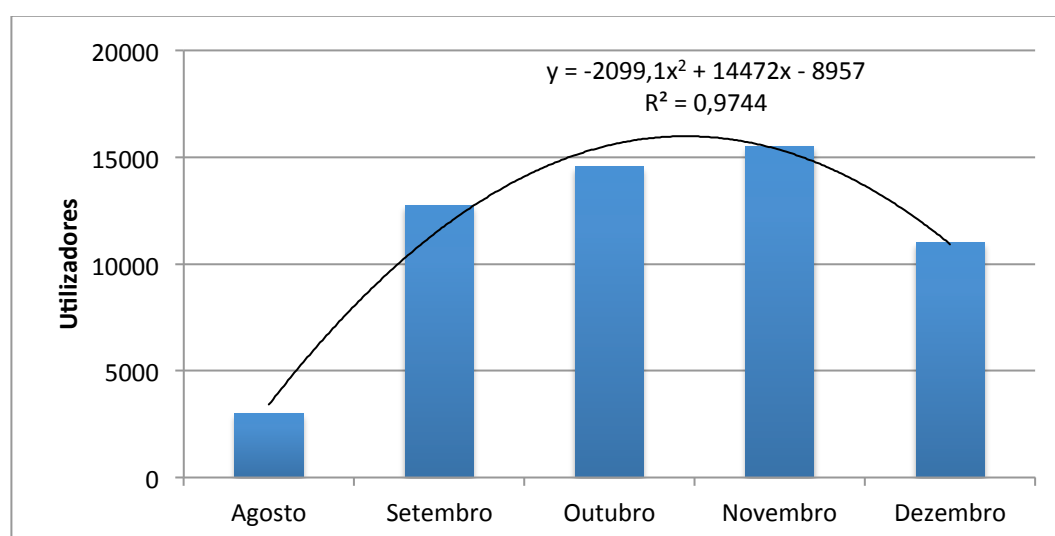


Figura A.8 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2009 e respetiva equação de correlação.

2010

Tabela A.5 - Número de utilizadores mensais em 2010 do EUC.

Mês	Utilizadores mensais	%
Janeiro	12319	6,97
Fevereiro	13972	7,90
Março	17347	9,81
Abril	17575	9,94
Mai	15937	9,01
Junho	12859	7,27
Julho	7232	4,09
Agosto	2577	1,46
Setembro	17328	9,80
Outubro	22031	12,46
Novembro	21747	12,30
Dezembro	15879	8,98
TOTAL	176803	100,00

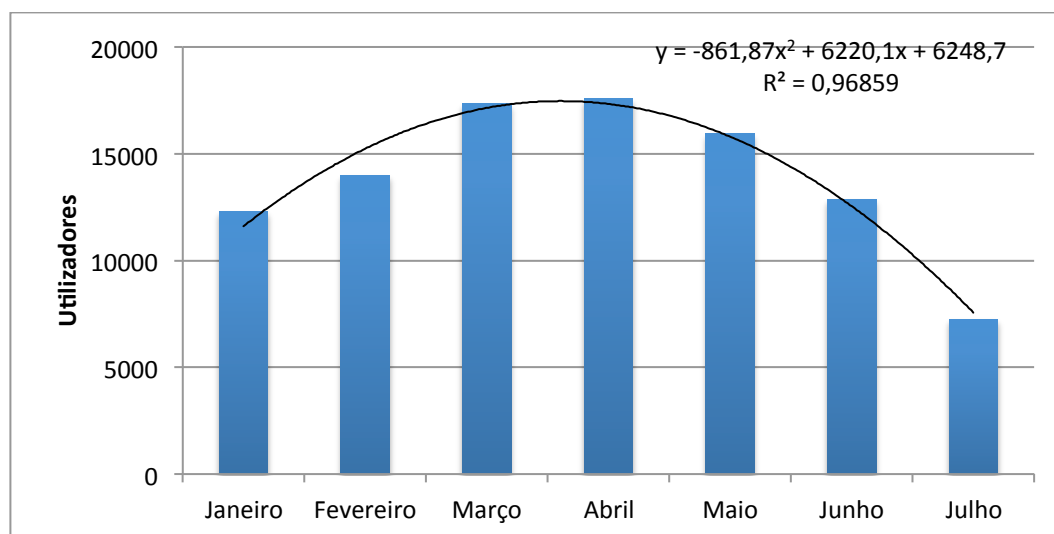


Figura A.9 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2010 e respetiva equação de correlação.

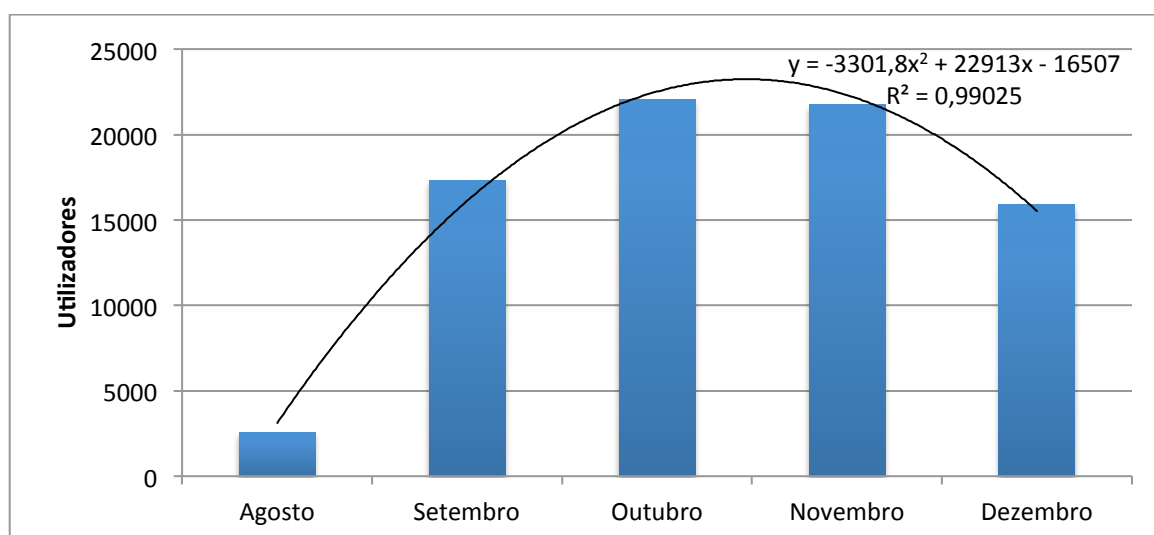


Figura A.10 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2010 e respetiva equação de correlação.

2011

Tabela A.6 - Número de utilizadores mensais em 2011 do EUC.

Mês	Utilizadores mensais	%
Janeiro	13935	6,91
Fevereiro	14726	7,30
Março	19461	9,65
Abril	21736	10,78
Maiο	17781	8,82
Junho	16482	8,17
Julho	9124	4,52
Agosto	2783	1,38
Setembro	19832	9,84
Outubro	22634	11,22
Novembro	23912	11,86
Dezembro	19234	9,54
TOTAL	201640	100,00

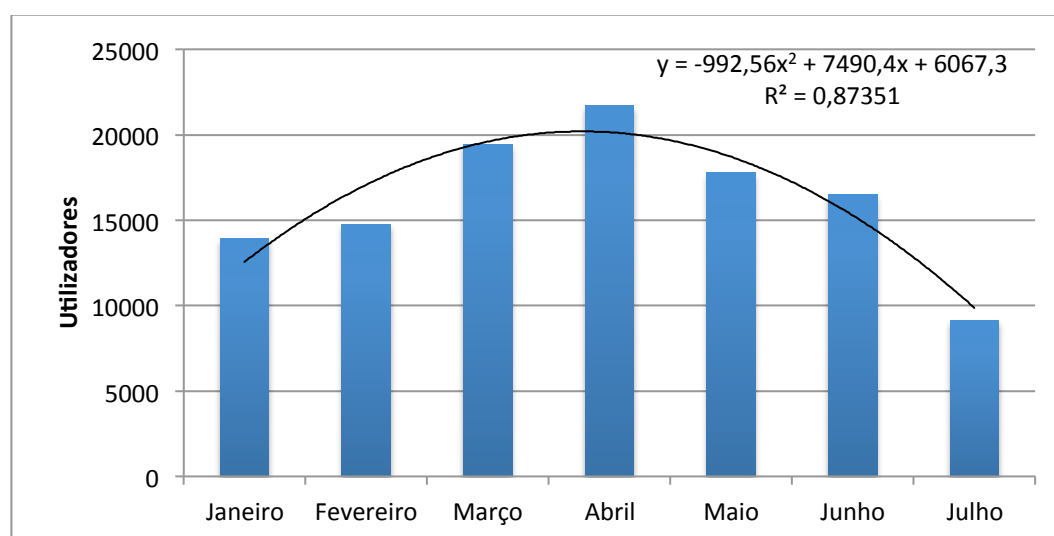


Figura A.11 - Número de utilizadores mensais de janeiro a julho de 2011 e respetiva equação de correlação.

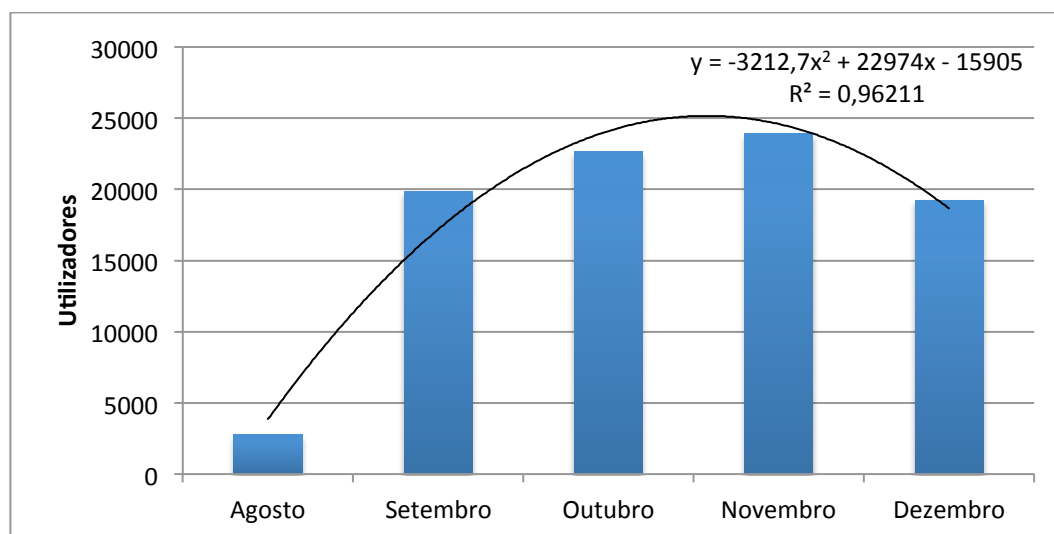


Figura A.12 – Número de utilizadores mensais de agosto a dezembro de 2011 e respetiva equação de correlação.

Aplicando cada equação quadrática a cada período que a define calculam-se os perfis de utilização conforme a tabela seguinte.

Tabela A.7 – Cálculo do número de utilizadores médios através das equações de aproximação.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média	[%]
Janeiro	16759	20005	19853	11090	11607	12565	15313	7,87
Fevereiro	17857	22015	21433	18765	15241	17078	18731	9,62
Março	18033	22718	21438	23283	17152	19605	20372	10,46
Abril	17288	22114	19867	24645	17339	20148	20234	10,39
Mai	15622	20204	16720	22851	15802	18705	18318	9,41
Junho	13034	16987	11998	17901	12542	15278	14623	7,51
Julho	9524	12463	5701	9795	7558	9865	9151	4,70
Agosto	2056	3733	2956	3416	3104	3856	3187	1,64
Setembro	14891	16118	18483	11590	16112	17192	15731	8,08
Outubro	20910	22460	26042	15566	22516	24103	21933	11,27
Novembro	20113	22758	25633	15344	22316	24588	21792	11,19
Dezembro	12502	17012	17256	10924	15513	18648	15309	7,86
TOTAL	178588	218586	207381	185170	176803	201630	194693	100,00

Em média, o número de utilizadores do EUC distribuíram-se da forma seguinte ao longo dos meses do ano conforme a Tabela A.8.

Tabela A.8 – Distribuição média mensal de utilizadores do EUC de 2006 a 2011.

Número médio de utilizadores de 2006 a 2011		
	Utilizadores	Fracção anual [%]
Janeiro	15313	7,87
Fevereiro	18731	9,62
Março	20372	10,46
Abril	20234	10,39
Maio	18318	9,41
Junho	14623	7,51
Julho	9151	4,70
Agosto	3187	1,64
Setembro	15731	8,08
Outubro	21933	11,27
Novembro	21792	11,19
Dezembro	15309	7,86
Total	194693	100,00

ANEXO B – Número médio mensal do utilizadores

Para determinar o número médio mensal de utilizadores em cada espaço desportivo adoptou-se a metodologia de ponderar pela fracção média mensal o número total de utilizadores num determinado espaço desportivo.

Pavilhão I

Tabela B.1 – Número anual de utilizadores do pavilhão I.

	2009	2010	2011
Utilizadores	46342	41626	54328
[%]	25,03	23,54	26,81

Tabela B.2 – Cálculo do número médio mensal de utilizadores do pavilhão I.

	Número médio mensal global de utilizadores do EUC	Fracção média mensal de utilizadores no EUC [%]	2009	2010	2011	Número médio mensal de utilizadores
Janeiro	15313	7,87	3645	3274	4273	3731
Fevereiro	18731	9,62	4459	4005	5227	4563
Março	20372	10,46	4849	4356	5685	4963
Abril	20234	10,39	4816	4326	5646	4929
Maio	18318	9,41	4360	3916	5111	4463
Junho	14623	7,51	3481	3126	4081	3563
Julho	9151	4,70	2178	1956	2553	2229
Agosto	3187	1,64	759	681	889	776
Setembro	15731	8,08	3744	3363	4390	3832
Outubro	21933	11,27	5221	4689	6120	5343
Novembro	21792	11,19	5187	4659	6081	5309
Dezembro	15309	7,86	3644	3273	4272	3730
TOTAL	194693	100,00	46342	41626	54328	47432

Pavilhão II

Tabela B.3 – Número anual de utilizadores do pavilhão II.

	2009	2010	2011
Utilizadores	63109	63005	69385
[%]	34,08	35,64	34,24

Tabela B.4 – Cálculo do número médio mensal de utilizadores do pavilhão II.

	Número médio mensal global de utilizadores do EUC	Fracção média mensal de utilizadores no EUC [%]	2009	2010	2011	Número médio mensal de utilizadores
Janeiro	15313	7,87	4964	4956	5457	5126
Fevereiro	18731	9,62	6072	6062	6676	6270
Março	20372	10,46	6603	6593	7260	6819
Abril	20234	10,39	6559	6548	7211	6772
Mai	18318	9,41	5938	5928	6528	6131
Junho	14623	7,51	4740	4732	5211	4895
Julho	9151	4,70	2966	2961	3261	3063
Agosto	3187	1,64	1033	1031	1136	1067
Setembro	15731	8,08	5099	5091	5606	5265
Outubro	21933	11,27	7109	7098	7816	7341
Novembro	21792	11,19	7064	7052	7766	7294
Dezembro	15309	7,86	4962	4954	5456	5124
TOTAL	194693	100,00	63109	63005	69385	65166

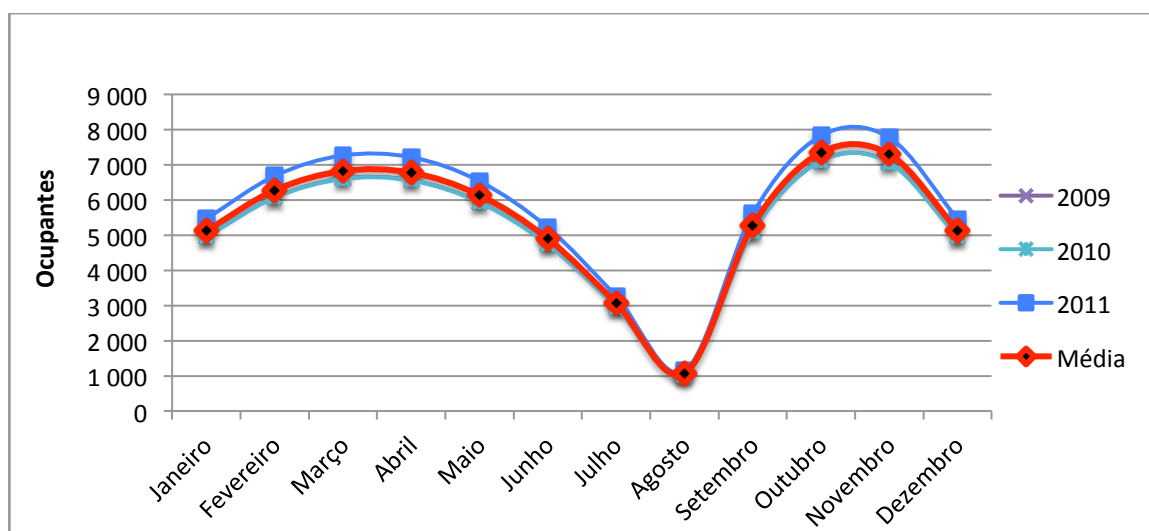


Figura B.1 – Perfil de ocupação mensal do pavilhão II de 2009 a 2011.

Culturismo

Tabela B.5 – Número anual de utilizadores do culturismo.

	2009	2010	2011
Utilizadores	47220	49121	47540
%	25,50	27,78	23,46

Tabela B.6 – Cálculo do número médio mensal de utilizadores do culturismo.

	Número médio mensal global de utilizadores do EUC	Fracção média mensal de utilizadores no EUC [%]	2009	2010	2011	Número médio mensal de utilizadores
Janeiro	15313	7,87	3714	3864	3739	3772
Fevereiro	18731	9,62	4543	4726	4574	4614
Março	20372	10,46	4941	5140	4974	5018
Abril	20234	10,39	4907	5105	4941	4984
Maiο	18318	9,41	4443	4622	4473	4512
Junho	14623	7,51	3547	3689	3571	3602
Julho	9151	4,70	2219	2309	2234	2254
Agosto	3187	1,64	773	804	778	785
Setembro	15731	8,08	3815	3969	3841	3875
Outubro	21933	11,27	5319	5534	5355	5403
Novembro	21792	11,19	5285	5498	5321	5368
Dezembro	15309	7,86	3713	3862	3738	3771
TOTAL	194693	100,00	47220	49121	47540	47960

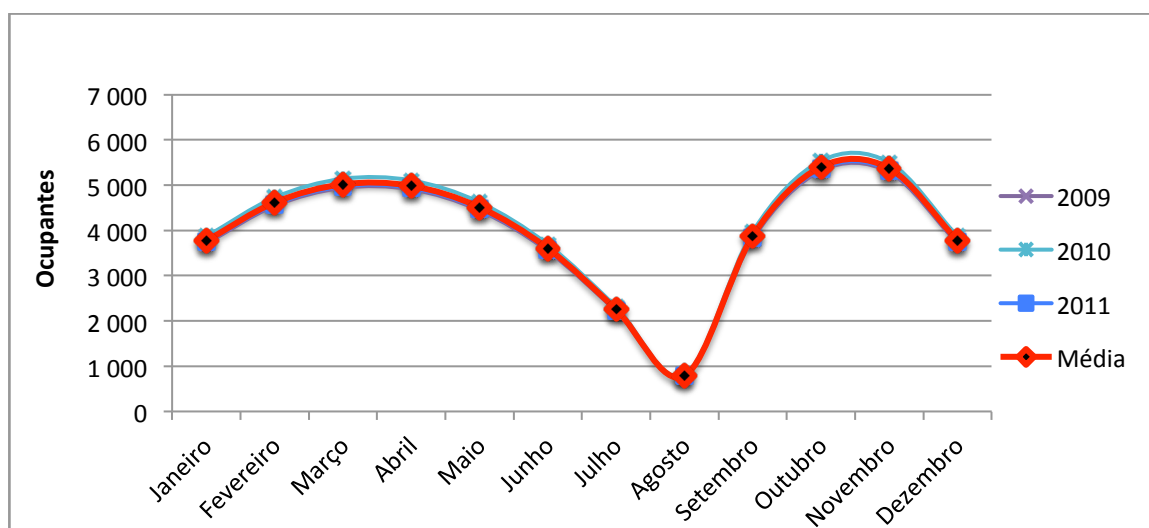


Figura B.2 – Perfil de ocupação mensal do culturismo de 2009 a 2011

ANEXO C – Planta do EUC

Na figura seguinte está a representação da planta de implantação de todo o complexo do EUC.

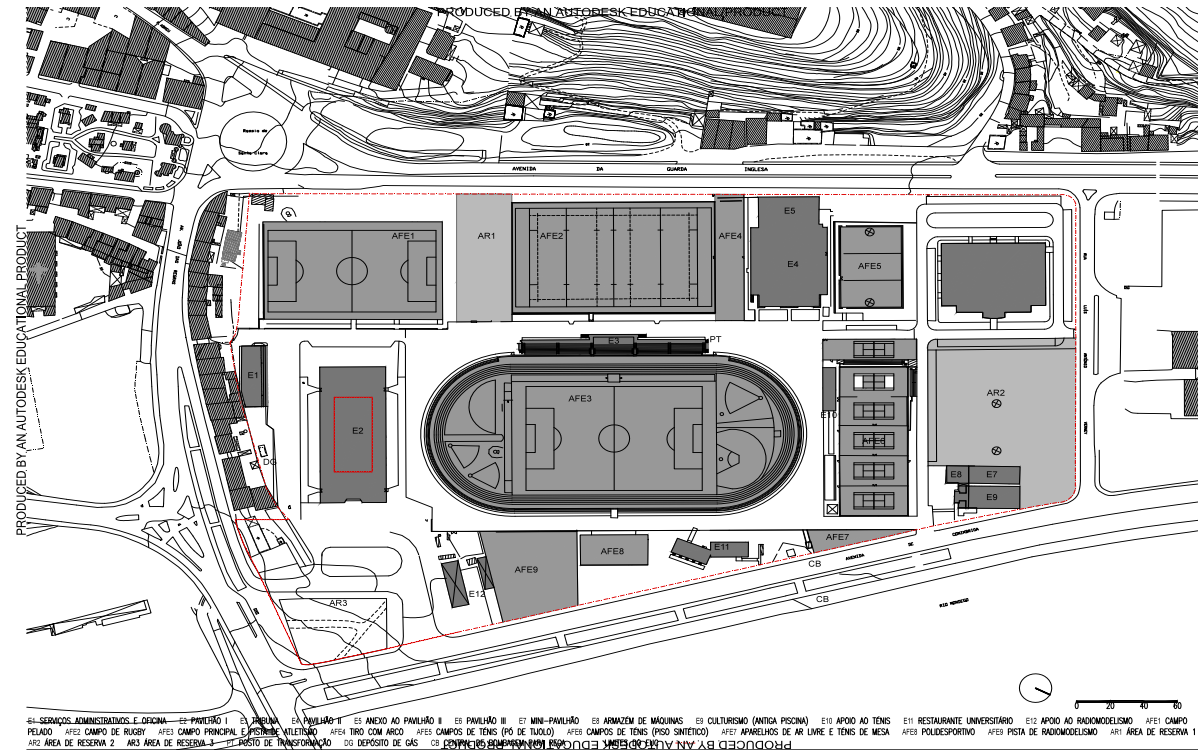


Figura C.1 – Planta de implantação do EUC.

ANEXO D – Consumo e despesas com energia e cálculo das necessidades de AQ5

MAPAS DE CONSUMO E DESPESAS FORNECIDOS PELO EUC

Os dados fornecidos pelos responsáveis do EUC relativamente ao consumo de gás propano e energia elétrica e o seu custo associado estão representados nas tabelas seguintes.

Tabela D.1 – Representação do consumo e o custo associado de gás propano de 2006 a 2011.

	2006		2007		2008		2009		2010		2011		Média	
	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]
Janeiro	1160,58	1160	1687,83	1544	1998,06	1611	2056,85	1645	2014,45	1714	2149,36	1471	1799,06	1459
Fevereiro	1494,58	1148	1570,86	1437	2025,92	1646	2471,70	1977	2372,10	1931	2643,23	1809	2200,66	1785
Março	1817,98	1697	1394,84	1339	1874,07	1611	2661,36	2129	1950,74	1588	2545,33	1742	2393,35	1941
Abril	1860,19	1700	1699,01	1631	2133,00	1733	2625,83	2101	1851,24	1507	2228,26	1525	2377,14	1928
Mai	1757,35	1606	1577,14	1514	2044,38	1661	2365,09	1892	2038,63	1600	2033,93	1392	2152,03	1745
Junho	1818,62	1662	1583,43	1482	1886,64	1533	1879,16	1503	1931,60	1516	2247,26	1538	1718,00	1393
Julho	1640,19	1533	1600,53	1498	1634,52	1328	1168,03	934	2011,88	1579	2 153,74	1474	1075,08	872
Agosto	1406,94	1315	1422,10	1331	1871,24	1533	395,88	317	1910,44	1541	360,60	297	374,42	304
Setembro	838,45	767	1542,76	1329	1802,34	1405	2001,86	1601	1952,32	1553	2586,25	1770	1848,14	1499
Outubro	1658,31	1517	1773,52	1583	1965,25	1532	2787,62	2230	2042,23	1592	1890,73	1294	2576,74	2089
Novembro	1581,79	1447	1758,48	1517	2087,94	1705	2753,15	2203	1769,15	1329	2342,23	1603	2560,22	2076
Dezembro	1838,68	1682	1995,58	1609	2827,63	2432	1898,46	1519	2149,00	1471	2369,99	1622	1798,57	1458
Total	18873,66	17234	19606,08	17814	24150,99	19730	25065,00	20052	23993,78	18921	25550,91	17537	22873,40	18548
Custo específico [€/kg]	1,09		1,10		1,22		1,25		1,27		1,46			

Tabela D.2 – Representação do consumo e o custo associado de gás propano ponderado pela utilização média mensal de 2006 a 2011.

	2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]	Custo [€]	Consumo [kg]
Janeiro	1484,47	1356	1542,07	1401	1899,54	1552	1971,43	1577	1887,18	1488	2009,65	1379
Fevereiro	1815,84	1658	1886,31	1714	2323,57	1898	2411,51	1929	2308,45	1820	2458,26	1687
Março	1974,84	1803	2051,48	1864	2527,03	2064	2622,67	2098	2510,58	1980	2673,51	1835
Abril	1961,46	1791	2037,58	1851	2509,92	2050	2604,91	2084	2493,58	1966	2655,40	1823
Maió	1775,71	1621	1844,62	1676	2272,23	1856	2358,22	1887	2257,44	1780	2403,94	1650
Junho	1417,59	1294	1472,60	1338	1813,96	1482	1882,61	1506	1802,15	1421	1919,11	1317
Julho	887,08	810	921,51	837	1135,12	927	1178,08	942	1127,73	889	1200,92	824
Agosto	308,95	282	320,94	292	395,33	323	410,29	328	392,76	310	418,25	287
Setembro	1524,97	1392	1584,15	1439	1951,37	1594	2025,22	1620	1938,67	1529	2064,48	1417
Outubro	2126,16	1941	2208,67	2007	2720,67	2223	2823,63	2259	2702,96	2131	2878,37	1976
Novembro	2112,53	1929	2194,51	1994	2703,22	2208	2805,52	2244	2685,62	2118	2859,91	1963
Dezembro	1484,06	1355	1541,65	1401	1899,02	1551	1970,89	1577	1886,66	1488	2009,10	1379
Total	18873,66	17234	19606,08	17814	24150,99	19730	25065,00	20052	23993,78	18921	25550,91	17537

Os consumos e custos associados com o fornecimento de energia elétrica de acordo com os dados fornecidos pelos responsáveis do EUC estão representados na tabela seguinte.

Tabela D.3 – Representação do consumo e o custo associado ao fornecimento de energia elétrica de 2006 a 2011.

	2006		2007		2008		2009		2010		2011		Média	
	Custo [€]	Consumo [kWh]	Custo [€]	Consumo [kWh]	Custo [€]	Consumo [kWh]	Custo [€]	Consumo [kWh]	Custo [€]	Consumo [kWh]	Custo [€]	Consumo [kWh]	Custo [€]	Consumo [kWh]
Janeiro	5593,22	55114	5471,04	50160	5019,07	44855	5341,21	50664	5232,08	45609	5376,27	45976	5338,81	48730
Fevereiro	2401,22	28280	6103,58	51491	5065,94	48576	5909,98	51815	3056,29	26326	6727,06	56494	4877,35	43830
Março	6701,61	52045	5112,28	44352	5052,04	43541	5010,01	43046	2511,91	24259	5179,69	43463	4927,92	41784
Abril	4075,07	47607	4702,49	42751	5065,94	1940	1502,67	9659	4620,05	44010	4915,31	43153	4146,92	31520
Maio	2965,36	42544	3883,56	38319	3986,32	37819	2843,82	27581	3946,92	38927	4564,25	38106	3698,37	37216
Junho	3609,01	43966	4218,57	34357	3548,23	36383	3712,02	35001	3543,34	35847	5222,22	46354	3975,57	38651
Julho	2380,89	33516	3184,53	30558	3506,66	31192	3231,94	30844	3715,82	37756	2946,84	25316	3161,11	31530
Agosto	2916,76	31277	2372,97	15806	1849,64	17232	2131,83	19494	3345,89	33450	2255,00	17857	2478,68	22519
Setembro	3015,10	33263	3212,69	32500	3508,14	31322	3362,56	31946	1984,98	18531	3828,64	33157	3152,02	30120
Outubro	4342,71	45258	4415,18	41329	4167,79	42018	4376,05	42115	3297,26	33082	4805,67	37816	4234,11	40270
Novembro	5144,31	54583	4739,35	54500	4996,15	47102	5129,61	46071	3784,42	38925	6920,94	49976	5119,13	48526
Dezembro	5557,87	49536	5779,02	53000	5710,55	53920	5257,25	46016	5530,53	51889	9320,03	62927	6192,54	52881
Total	48703,13	516989	53195,26	489123	51476,46	435900	47808,95	434252	44569,49	428611	62061,92	500595	51302,53	467578

CÁLCULO DA ENERGIA PRIMÁRIA

Na tabela seguinte determina-se o consumo de energia primária por utilizador do EUC contemplando as duas formas de energia envolvidas (energia elétrica e gás propano) em que os fatores de conversão para energia primária, segundo o Despacho n° 17313/2008 de 26 de junho, são:

- Energia elétrica: $1 \text{ kWh} = 0,215 \times 10^{-3} \text{ tep}$
- Gás propano: 1,099 a 1,130 tep/t
- $1 \text{ tep} = 41868 \text{ MJ}$ e $\text{PCI}_{\text{GP}} = 46 \text{ MJ/kg}$

Tabela D.4 – Conversão da energia consumida em energia primária no EUC de 2006 a 2011.

	Energia elétrica		Gás propano		
	[kWh]	[tep]	[kg]	[MJ]	[tep]
2006	516989	111,15	17234	798624	19,07
2007	489123	105,16	17814	825501	19,72
2008	435900	93,72	19730	914288	21,84
2009	434252	93,36	20052	929210	22,19
2010	428611	92,15	18921	876799	20,94
2011	500595	107,63	17537	812658	19,41

Tabela D.5 - Consumo de energia primária por utilizador do EUC de 2006 a 2011.

Ano	Consumo [kgep]	Ocupação	Consumo por ocupante [kgep/ocup]
2006	130227	178588	0,729
2007	124878	218586	0,571
2008	115556	207381	0,557
2009	115558	185170	0,624
2010	113093	176803	0,640
2011	127038	201630	0,630

CÁLCULO DA NECESSIDADE DE AQS

Pavilhão II

Para avaliar a quantidade de energia térmica útil, ou seja, a quantidade de energia transformada que efetivamente é transmitida à água é necessário avaliar a eficiência dos equipamentos instalados.

De acordo com o levantamento efetuado e segundo o anexo VIII da nota técnica da ADENE NT-SCE-01, os valores da eficiência η para sistemas de produção de água quente sanitária por termoacumulador a gás é de $\eta_{TG} = 0,6$ para um equipamento com uma idade entre 0 e 9 anos, por esquentador a gás é de $\eta_{EG} = 0,4$ para um equipamento com uma idade entre 0 e 9 anos e por caldeira mural a gás é de $\eta_{CM} = 0,79$ para um equipamento com uma idade entre 0 e 9 anos.

De modo forma a calcular o rendimento global da instalação relaciona-se a potência e a eficiência de cada equipamento com a potência global instalada $P_{TPavII} = 236,4$ kW.

$$\eta_{PAVII} = \frac{n_{TG}(P_{TG}\eta_{TG}) + n_{EG}(P_{EG}\eta_{EG}) + n_{CM}(P_{CM}\eta_{CM})}{P_{TPavII}}$$

$$\eta_{PAVII} = \frac{2 \times (17,4 \times 0,6) + 4 \times (27,9 \times 0,4) + 1 \times (30 \times 0,79) + 2 \times (30 \times 0,4)}{236,4} \quad (D.1)$$

$$\eta_{PAVII} = 0,52$$

Sabendo a estimativa de energia consumida, conforme a Tabela 5.2, e o rendimento dos equipamentos determina-se a energia térmica útil produzida, conforme a Tabela D.6.

Tabela D.6 – Estimativa dos valores da energia consumida e energia disponível no pavilhão II em 2009 e 2010.

$\eta_{PAVII} = 0,52$			
Ano	Energia térmica consumida [MJ]	Energia térmica útil [MJ]	Energia térmica útil [MWh]
2009	250676	130351	36,209
2010	246634	128250	35,625

Sabendo que a energia térmica útil $Q_{\text{útil}}$ é a energia transmitida à água determina-se a massa de água m que poderá elevar-se da sua temperatura de entrada no

equipamento T_1 para uma determinada temperatura desejada T_2 , conhecendo o seu calor específico c_p ,

$$Q_{\text{útil}} = mc_p(T_2 - T_1) \quad (\text{D.2})$$

Sendo o calor específico médio da água $c_p = 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $T_2 = 60^\circ\text{C}$, $T_1 = 15^\circ\text{C}$ e $Q_{\text{útil}} = 130351 \text{ MJ}$ para o ano de 2009 (Tabela D.6) a massa de água quente m é de,

$$m = \frac{130351 \times 10^3}{4,18 \times (60 - 15)} = 692988 \text{ kg} \quad (\text{E.3})$$

A massa volúmica da água ρ a 60°C é de $\rho = 988 \text{ kg/m}^3$, o volume de água correspondente à massa de água aquecida no pavilhão II em 2009 é de,

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{692988}{988} = 701,4 \text{ m}^3 \quad (\text{E.4})$$

Em 2010, $Q_{\text{útil}} = 128250 \text{ MJ}$ por isso mantendo as condições atrás descritas vem,

$$m = \frac{128250 \times 10^3}{4,18 \times (60 - 15)} = 681164 \text{ kg} \quad (\text{E.5})$$

e o volume de água correspondente em 2010,

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{681164}{988} = 690,1 \text{ m}^3 \quad (\text{E.6})$$

Com o volume de água consumido em AQS no pavilhão II de $V = 701,4 \text{ m}^3$ e $V = 690,1 \text{ m}^3$ em 2009 e 2010 respetivamente, e o número de utilizadores deste espaço também conhecido, de acordo com a Tabela 5.2, calcula-se o consumo de AQS por utilizador (Tabela D.7).

Tabela D.7 – Valores do consumo de AQS por utilizador em 2009 e 2010.

Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número de utilizadores do pavilhão II	Consumo de AQS a 60°C por utilizador [l/utilizador]
2009	701,4	63109	11,10
2010	690,1	63005	10,94

Considerando o valor de referência, segundo o Decreto-lei nº80/2006 de 4 de abril, relativo ao consumo de AQS que é de 40 l/pessoa a 60°C, estima-se o número efetivo anual de utilizadores de AQS (Tabela D.8).

Tabela D.8 – Estimativa do número efetivo de utilizadores de AQS no pavilhão II.

Consumo de referência de 40 l/pessoa a 60°C	Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número efetivo de utilizadores de AQS
	2009	701,4	17518
	2010	690,1	17236

Admitindo o perfil médio mensal de utilização do EUC da Tabela A.8 e o consumo mensal de AQS determina-se o número mensal efetivo de utilizadores de AQS, bem como perfil de consumo mensal e diário de AQS conforme a tabela seguinte.

Tabela D.9 – Procedimento do cálculo do consumo médio de AQS diário mensal.

	Fração média mensal de utilizadores [%]	Utilizadores efetivos de AQS 2009	Utilizadores efetivos de AQS 2010	Média mensal de utilizadores ^(*)	Consumo mensal de AQS [l]	Consumo diário de AQS [l/dia]
Janeiro	7,87	1378	1356	1367	54670	1764
Fevereiro	9,62	1685	1658	1672	66875	2388
Março	10,46	1833	1803	1818	72730	2346
Abril	10,39	1821	1791	1806	72238	2408
Mai	9,41	1648	1622	1635	65397	2110
Junho	7,51	1316	1295	1305	52207	1740
Julho	4,70	823	810	817	32670	1054
Agosto	1,64	287	282	284	11378	367
Setembro	8,08	1415	1393	1404	56162	1872
Outubro	11,27	1973	1942	1958	78303	2526
Novembro	11,19	1961	1929	1945	77801	2593
Dezembro	7,86	1377	1355	1366	54656	1763

^(*) – Média de utilizadores em 2009 e 2010.

Representando graficamente o perfil médio diário de consumo de AQS ao longo do ano,

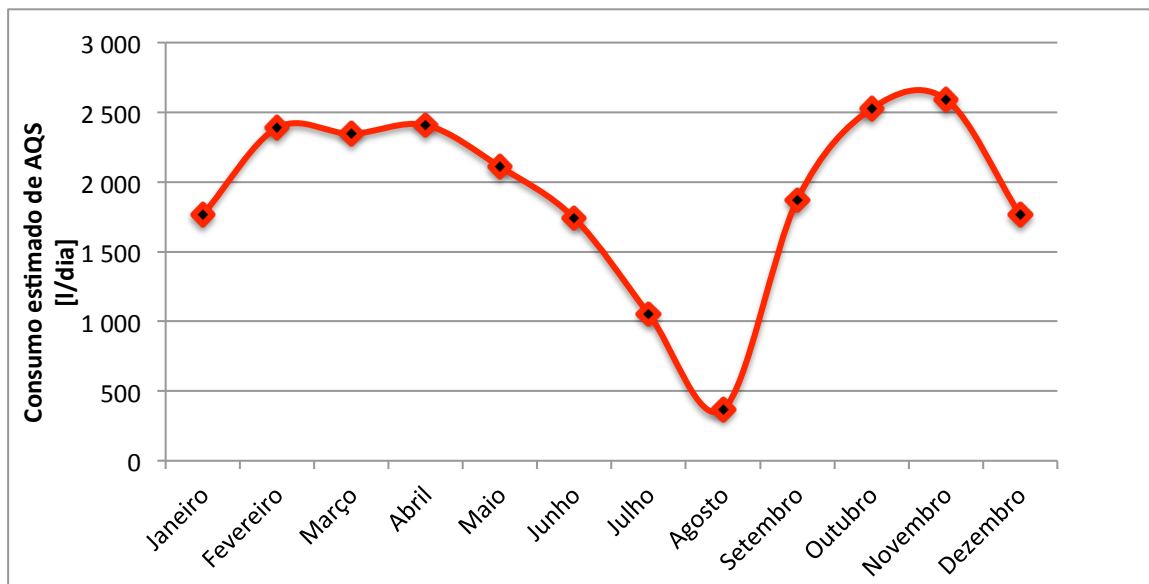


Figura D.1 - Consumo médio diário mensal de AQS no pavilhão II.

Culturismo

Para avaliar a quantidade de energia térmica útil, ou seja, a quantidade de energia transformada que efetivamente é transmitida à água é necessário avaliar a eficiência dos equipamentos instalados.

De acordo com o levantamento efetuado e segundo o anexo VIII da nota técnica da ADENE NT-SCE-01, os valores da eficiência η para sistemas de produção de água quente sanitária por esquentador a gás é de $\eta_{EG} = 0,4$ para um equipamento com uma idade entre 0 e 9 anos.

Sabendo a estimativa de energia consumida, conforme a Tabela 5.2, e o rendimento dos equipamentos determina-se a energia térmica útil produzida, conforme a Tabela D.10.

Tabela D.10– Estimativa dos valores da energia consumida e energia disponível no culturismo em 2009 e 2010.

$\eta_{EG} = 0,4$			
Ano	Energia térmica consumida [MJ]	Energia térmica útil [MJ]	Energia térmica útil [MWh]
2009	187570	75028	20,841
2010	192262	76905	21,362

Sabendo que a energia térmica útil $Q_{\text{útil}}$ é a energia transmitida à água determina-se a massa de água m que poderá elevar-se da sua temperatura de entrada no equipamento T_1 para uma determinada temperatura desejada T_2 , conhecendo o seu calor específico c_p ,

$$Q_{\text{útil}} = mc_p(T_2 - T_1) \quad (\text{E.7})$$

Sendo o calor específico médio da água $c_p = 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $T_2 = 60^\circ\text{C}$, $T_1 = 15^\circ\text{C}$ e $Q_{\text{útil}} = 75028 \text{ MJ}$ para o ano de 2009 (Tabela D.10) a massa de água quente m é de,

$$m = \frac{75028 \times 10^3}{4,18 \times (60 - 15)} = 398491 \text{ kg} \quad (\text{E.8})$$

A massa volúmica da água ρ a 60°C é de $\rho = 988 \text{ kg/m}^3$, o volume de água correspondente à massa de água aquecida no culturismo em 2009 é de,

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{398491}{988} = 403,3 \text{ m}^3 \quad (\text{E.9})$$

Em 2010, $Q_{\text{útil}} = 76905 \text{ MJ}$ por isso mantendo as condições atrás descritas vem,

$$m = \frac{76905 \times 10^3}{4,18 \times (60 - 15)} = 408459 \text{ kg} \quad (\text{E.2})$$

e o volume de água correspondente em 2010,

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{408459}{988} = 413,4 \text{ m}^3 \quad (\text{E.3})$$

Com o volume de água consumido em AQS no culturismo de $V = 403,3 \text{ m}^3$ e $V = 413,4 \text{ m}^3$ em 2009 e 2010 respetivamente, e o número de utilizadores deste espaço também conhecido, de acordo com a Tabela 5.2, calcula-se o consumo de AQS por utilizador (Tabela D.11).

Tabela D.11 – Valores do consumo de AQS por utilizador em 2009 e 2010.

Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número de utilizadores do culturismo	Consumo de AQS a 60°C por utilizador [l/utilizador]
2009	403,3	47220	8,54
2010	413,4	49121	8,42

Considerando o valor de referência, segundo o Decreto-lei nº80/2006 de 4 de abril, relativo ao consumo de AQS que é de 40 l/pessoa a 60°C, estima-se o número efetivo anual de utilizadores de AQS (Tabela D.12).

Tabela D.12 – Estimativa do número efetivo de utilizadores de AQS no culturismo.

Consumo de referência de 40 l/pessoa a 60°C	Ano	Volume de água consumida [m ³]	Número efetivo de utilizadores de AQS
	2009	403,3	10083
	2010	413,4	10335

Admitindo o perfil médio mensal de utilização do EUC da Tabela A.8 e o consumo mensal de AQS determina-se o número mensal efetivo de utilizadores de AQS, bem como perfil de consumo mensal e diário de AQS conforme a tabela seguinte.

Tabela D.13– Procedimento do cálculo do consumo médio de AQS diário mensal.

	Fração média mensal de utilizadores [%]	Utilizadores efetivos de AQS 2009	Utilizadores efetivos de AQS 2010	Média mensal de utilizadores ^(*)	Consumo mensal de AQS [l]	Consumo diário de AQS [l/dia]
Janeiro	7,87	793	813	803	32120	1036
Fevereiro	9,62	970	994	982	39290	1403
Março	10,46	1055	1081	1068	42730	1378
Abril	10,39	1048	1074	1061	42441	1415
Maió	9,41	949	972	961	38422	1239
Junho	7,51	757	776	767	30673	1022
Julho	4,70	474	486	480	19194	619
Agosto	1,64	165	169	167	6685	216
Setembro	8,08	815	835	825	32996	1100
Outubro	11,27	1136	1164	1150	46004	1484
Novembro	11,19	1129	1157	1143	45709	1524
Dezembro	7,86	793	813	803	32111	1036

(*) – Média de utilizadores em 2009 e 2010.

Representando graficamente o perfil médio diário de consumo de AQS ao longo do ano,

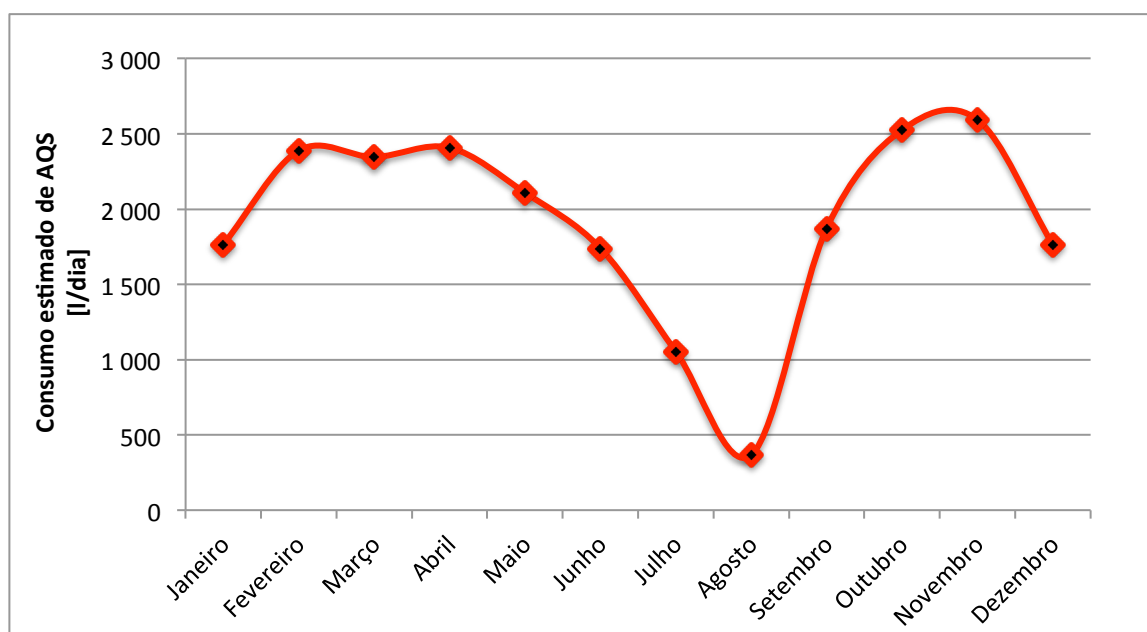


Figura D.2 - Consumo médio diário mensal de AQS no culturismo.

NÚMERO MÉDIO MENSAL DO UTILIZADORES

Para determinar o número médio mensal de utilizadores em cada espaço desportivo adoptou-se a metodologia de ponderar pela fracção média mensal o número total de utilizadores num determinado espaço desportivo.

Pavilhão I

Tabela D.44 – Número anual de utilizadores do pavilhão I.

	2009	2010	2011
Utilizadores	46342	41626	54328
[%]	25,03	23,54	26,81

Tabela D.15 – Cálculo do número médio mensal de utilizadores do pavilhão I.

	Número médio mensal global de utilizadores do EUC	Fracção média mensal de utilizadores no EUC [%]	2009	2010	2011	Número médio mensal de utilizadores
Janeiro	15313	7,87	3645	3274	4273	3731
Fevereiro	18731	9,62	4459	4005	5227	4563
Março	20372	10,46	4849	4356	5685	4963
Abril	20234	10,39	4816	4326	5646	4929
Mai	18318	9,41	4360	3916	5111	4463
Junho	14623	7,51	3481	3126	4081	3563
Julho	9151	4,70	2178	1956	2553	2229
Agosto	3187	1,64	759	681	889	776
Setembro	15731	8,08	3744	3363	4390	3832
Outubro	21933	11,27	5221	4689	6120	5343
Novembro	21792	11,19	5187	4659	6081	5309
Dezembro	15309	7,86	3644	3273	4272	3730
TOTAL	194693	100,00	46342	41626	54328	47432

Pavilhão II

Tabela D.16 – Número anual de utilizadores do pavilhão II.

	2009	2010	2011
Utilizadores	63109	63005	69385
[%]	34,08	35,64	34,24

Tabela D.17 – Cálculo do número médio mensal de utilizadores do pavilhão II.

	Número médio mensal global de utilizadores do EUC	Fracção média mensal de utilizadores no EUC [%]	2009	2010	2011	Número médio mensal de utilizadores
Janeiro	15313	7,87	4964	4956	5457	5126
Fevereiro	18731	9,62	6072	6062	6676	6270
Março	20372	10,46	6603	6593	7260	6819
Abril	20234	10,39	6559	6548	7211	6772
Maió	18318	9,41	5938	5928	6528	6131
Junho	14623	7,51	4740	4732	5211	4895
Julho	9151	4,70	2966	2961	3261	3063
Agosto	3187	1,64	1033	1031	1136	1067
Setembro	15731	8,08	5099	5091	5606	5265
Outubro	21933	11,27	7109	7098	7816	7341
Novembro	21792	11,19	7064	7052	7766	7294
Dezembro	15309	7,86	4962	4954	5456	5124
TOTAL	194693	100,00	63109	63005	69385	65166

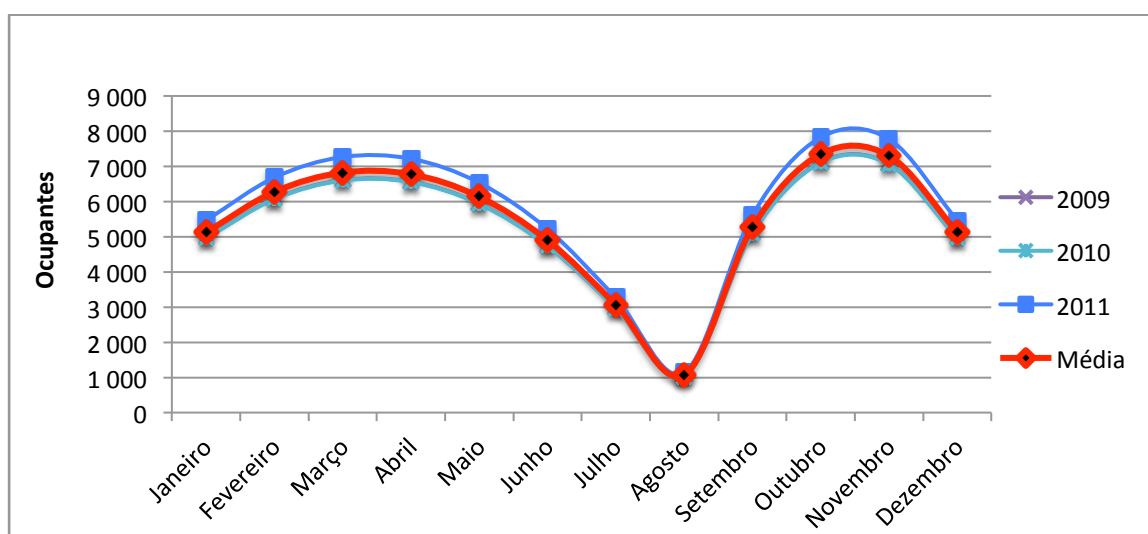


Figura D.3 – Perfil de ocupação mensal do pavilhão II de 2009 a 2011

Culturismo

Tabela D.18 – Número anual de utilizadores do culturismo.

	2009	2010	2011
Utilizadores	47220	49121	47540
[%]	25,50	27,78	23,46

Tabela D.19 – Cálculo do número médio mensal de utilizadores do culturismo.

	Número médio mensal global de utilizadores do EUC	Fracção média mensal de utilizadores no EUC [%]	2009	2010	2011	Número médio mensal de utilizadores
Janeiro	15313	7,87	3714	3864	3739	3772
Fevereiro	18731	9,62	4543	4726	4574	4614
Março	20372	10,46	4941	5140	4974	5018
Abril	20234	10,39	4907	5105	4941	4984
Maiο	18318	9,41	4443	4622	4473	4512
Junho	14623	7,51	3547	3689	3571	3602
Julho	9151	4,70	2219	2309	2234	2254
Agosto	3187	1,64	773	804	778	785
Setembro	15731	8,08	3815	3969	3841	3875
Outubro	21933	11,27	5319	5534	5355	5403
Novembro	21792	11,19	5285	5498	5321	5368
Dezembro	15309	7,86	3713	3862	3738	3771
TOTAL	194693	100,00	47220	49121	47540	47960

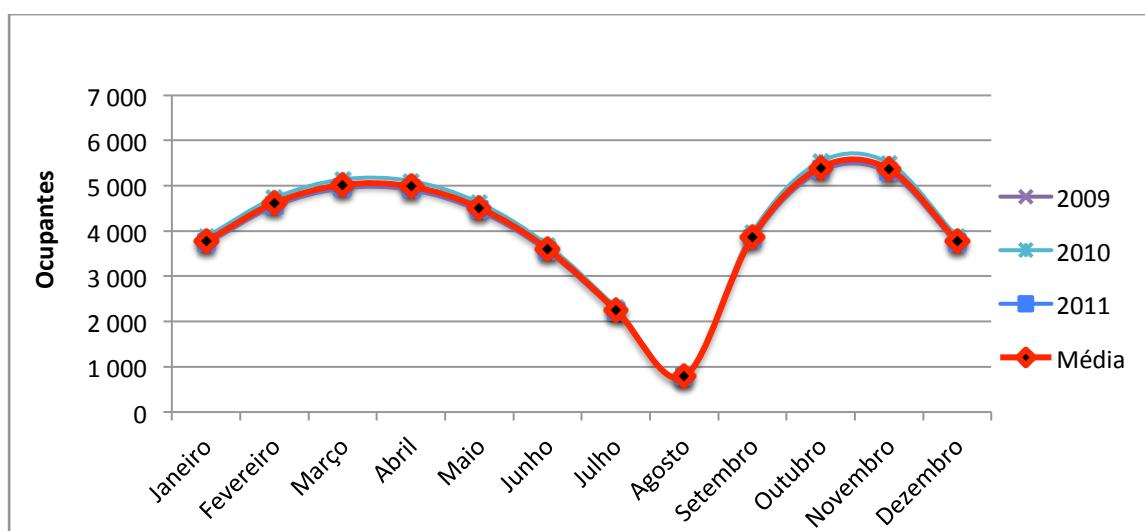


Figura D.4 – Perfil de ocupação mensal do culturismo de 2009 a 2011

ANEXO E – Relatórios de simulação solar térmica

De seguida apresentam-se os relatórios do programa *Solterm* 5.1.4 utilizado para dimensionar e otimizar os sistemas solares térmicos estudados como medida de melhoria para o pavilhão I, pavilhão II e culturismo, contendo todas as informações acerca dos equipamentos escolhidos e do local de implementação.

Pavilhão I

```

-----
SolTerm 5.1
Licenciado a Sinergiae Lda.
()
Estimativa de desempenho de sistema solar térmico
-----
Campo de colectores
-----
Modelo de coletor: Vulcano FKC-25
15 módulos (33,8 m²)
Inclinação 35° - Azimute -30°
Coeficientes de perdas térmicas: a1- 3,216 W/m²/K a2- 0,015 W/m²/K'
Rendimento óptico: 76,6%
Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,92 0,89 0,86 0,80 0,73 0,50 0,28 0,05 0,00
Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,92 0,89 0,86 0,80 0,73 0,50 0,28 0,05 0,00;
-----
Permutador
-----
Externo, com eficácia 75%
Caudal no grupo painel/permutador: 44,0 l/m² por hora (=0,41 l/s)
-----
Depósito
-----
Modelo: 3000
Volume: 3000 l
Área externa: 16,72 m²
Material: médio condutor de calor
Posição vertical
Reflectores interiores
Coeficiente de perdas térmicas: 2,69 W/K
Um conjunto depósito/permutador
-----
Tubagens
-----
Comprimento total: 100,0 m
Percurso no exterior: 70,0 m com protecção mecânica
Diâmetro interno: 32,0 mm
Espessura do tubo metálico: 1,5 mm
Espessura do isolamento: 30,0 mm
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K
-----
Carga térmica: segunda a sexta
-----
FAV I
Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)
Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):
Jan Feb Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez
12 12 13 14 15 17 18 18 17 15 13 12
Perfis de consumo (l)
hora Jan Feb Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez
01
02
03
04
05
06
07
08
09 159 215 212 217 190 157 95 33 169 228 234 159
10 61 83 81 83 73 60 36 13 65 87 90 61
11 362 490 482 494 433 357 216 75 384 519 532 362
12 18 25 25 25 22 18 11 4 20 26 27 18
13 4 6 6 6 5 4 3 1 5 6 6 4
14 1 2 2 2 2 1 1 2 2 2 1
15 24 33 32 33 29 24 14 5 26 35 35 24
16 18 25 25 25 22 18 11 4 20 26 27 18
17 37 50 49 50 44 36 22 8 39 53 54 37
18 283 383 376 386 338 279 169 59 300 405 416 282
19 351 475 467 479 419 346 209 73 372 502 516 350
20 27 37 36 37 32 27 16 6 29 39 40 27
21 30 40 40 41 36 29 18 6 32 43 44 30
22 36 48 47 48 42 35 21 7 38 51 52 35
23 9 12 11 12 10 8 5 2 9 12 13 9
24
diário 1420 1924 1891 1938 1697 1399 847 296 1510 2034 2088 1417
-----
Carga térmica: fim-de-semana
-----
FAV I
Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

```

Estudo de viabilidade económico-financeira na implementação de medidas de melhoria de eficiência energética aplicadas a um caso prático – Estádio Universitário de Coimbra

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	12	12	13	14	15	17	18	18	17	15	13	12

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09	159	215	212	217	190	157	95	33	169	228	234	159
10	61	83	81	83	73	60	36	13	65	87	90	61
11	362	490	482	494	433	357	216	75	384	519	532	362
12	18	25	25	25	22	18	11	4	20	26	27	18
13	4	6	6	6	5	4	3	1	5	6	6	4
14	1	2	2	2	2	1	1		2	2	2	1
15	24	33	32	33	29	24	14	5	26	35	35	24
16	18	25	25	25	22	18	11	4	20	26	27	18
17	37	50	49	50	44	36	22	8	39	53	54	37
18	283	383	376	386	338	279	169	59	300	405	416	282
19	351	475	467	479	419	346	209	73	372	502	516	350
20	27	37	36	37	32	27	16	6	29	39	40	27
21	30	40	40	41	36	29	18	6	32	43	44	30
22	36	48	47	48	42	35	21	7	38	51	52	35
23	9	12	11	12	10	8	5	2	9	12	13	9
24												
diário	1420	1924	1891	1938	1697	1399	847	296	1510	2034	2088	1417

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Coimbra
Coordenadas nominais: 40,2°N, 8,4°W
TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: EUC

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute -30°

Balanço energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	51	79	,	1233	2460	1227
Fevereiro	68	96	,	1567	2993	1425
Março	101	121	,	1847	3223	1376
Abril	142	149	,	2174	3116	942
Mai	176	171	,	2232	2741	508
Junho	185	173	,	1992	2115	123
Julho	205	195	2,	1286	1286	1
Agosto	184	194	158,	449	449	0
Setembro	128	150	,	2142	2257	116
Outubro	96	128	,	2149	3264	1115
Novembro	61	96	,	1666	3406	1740
Dezembro	49	80	,	1212	2453	1241
Anual	1447	1633	160,	19949	29763	9814

Fracção solar: 67,0%

Rendimento global anual do sistema: 36%

Produtividade: 591 kWh/[m² colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

Sinergiae Lda. () | 24-01-2013 19:19:15 |

Pavilhão II

SolTerm 5.1

Licenciado a Sinergiae Lda.
()

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Vulcano FKC-2S
20 módulos (45,0 m²)
Inclinação 35° - Azimute -30°

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 3,216 W/m²/K a2= 0,015 W/m²/K²

Rendimento óptico: 76,6%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,92 0,89 0,86 0,80 0,73 0,50 0,28 0,05 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,92 0,89 0,86 0,80 0,73 0,50 0,28 0,05 0,00;

Permutador

Externo, com eficácia 75%

Caudal no grupo painel/permutador: 44,0 l/m² por hora (=0,55 l/s)

Depósito

Modelo: 2000
Volume: 4000 l
Área externa: 26,24 m²
Material: médio condutor de calor
Posição vertical
Deflectores interiores
Coeficiente de perdas térmicas: 5,48 W/K

2 conjuntos depósito/permutador.

Tubagens

Comprimento total: 50,0 m
Percurso no exterior: 33,4 m com protecção mecânica
Diâmetro interno: 32,0 mm
Espessura do tubo metálico: 1,5 mm
Espessura do isolamento: 30,0 mm
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

Carga térmica: segunda a sexta

PAV II

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	12	12	13	14	15	17	18	18	17	15	13	12

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09	193	262	257	264	231	191	116	40	205	277	284	193
10	77	104	102	105	92	76	46	16	81	110	113	77
11	444	602	591	607	531	438	265	93	472	636	653	444
12	23	31	30	31	27	22	14	5	24	32	33	23
13	5	7	7	7	6	5	3	1	6	7	8	5
14	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2
15	30	40	39	40	35	29	18	6	31	42	44	30
16	23	31	30	31	27	22	14	5	24	32	33	23
17	45	61	60	62	54	45	27	9	48	65	67	45
18	347	470	461	473	415	342	207	72	368	497	510	347
19	430	583	573	588	515	425	257	90	457	617	633	430
20	33	45	44	45	40	33	20	7	35	47	49	33
21	37	50	49	50	44	36	22	8	39	52	54	37
22	44	59	58	59	52	43	26	9	46	62	64	44
23	10	14	14	14	13	10	6	2	11	15	15	10
24												
diário	1743	2361	2317	2378	2084	1719	1042	363	1849	2493	2563	1743

Carga térmica: fim-de-semana

PAV II

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Estudo de viabilidade económico-financeira na implementação de medidas de melhoria de eficiência energética aplicadas a um caso prático – Estádio Universitário de Coimbra

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
12	12	13	14	15	17	18	18	17	15	13	12

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09	193	262	257	264	231	191	116	40	205	277	284	193
10	77	104	102	105	92	76	46	16	81	110	113	77
11	444	602	591	607	531	438	265	93	472	636	653	444
12	23	31	30	31	27	22	14	5	24	32	33	23
13	5	7	7	7	6	5	3	1	6	7	8	5
14	2	2	2	2	2	2	1		2	2	3	2
15	30	40	39	40	35	29	18	6	31	42	44	30
16	23	31	30	31	27	22	14	5	24	32	33	23
17	45	61	60	62	54	45	27	9	48	65	67	45
18	347	470	461	473	415	342	207	72	368	497	510	347
19	430	583	573	588	515	425	257	90	457	617	633	430
20	33	45	44	45	40	33	20	7	35	47	49	33
21	37	50	49	50	44	36	22	8	39	52	54	37
22	44	59	58	59	52	43	26	9	46	62	64	44
23	10	14	14	14	13	10	6	2	11	15	15	10
24												
diário	1743	2361	2317	2378	2084	1719	1042	363	1849	2493	2563	1743

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Coimbra

Coordenadas nominais: 40,2°N, 8,4°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: EUC

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute -30°

Balanço energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	51	79	,	1582	3019	1438
Fevereiro	68	96	,	2025	3672	1647
Março	101	121	,	2376	3949	1572
Abril	142	149	,	2786	3824	1037
Mai	176	171	,	2843	3366	523
Junho	185	173	,	2487	2599	112
Julho	205	195	2,	1582	1582	0
Agosto	184	194	206,	551	551	0
Setembro	128	150	,	2671	2764	93
Outubro	96	128	,	2758	4001	1242
Novembro	61	96	,	2160	4181	2020
Dezembro	49	80	,	1559	3018	1458
Anual	1447	1633	208,	25382	36525	11144

Fracção solar: 69,5%

Rendimento global anual do sistema: 35%

Produtividade: 564 kWh/[m² colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

Sinergieae Lda.() | 24-01-2013 19:22:24 |

Culturismo

SolTerm 5.1

Licenciado a Sinergiae Lda.
()

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Vulcano FKC-2S
10 módulos (22,5 m²)
Inclinação 35° - Azimute -30°

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 3,216 W/m²/K a2= 0,015 W/m²/K²

Rendimento óptico: 76,6%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,92 0,89 0,86 0,80 0,73 0,50 0,28 0,05 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,92 0,89 0,86 0,80 0,73 0,50 0,28 0,05 0,00;

Permutador

Externo, com eficácia 75%

Caudal no grupo painel/permutador: 44,0 l/m² por hora (=0,28 l/s)

Depósito

Modelo: 2000
Volume: 2000 l
Área externa: 13,12 m²
Material: médio condutor de calor
Posição vertical
Deflectores interiores
Coeficiente de perdas térmicas: 2,74 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 50,0 m
Percurso no exterior: 33,4 m com protecção mecânica
Diâmetro interno: 32,0 mm
Espessura do tubo metálico: 1,5 mm
Espessura do isolamento: 30,0 mm
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

Carga térmica: segunda a sexta

CULT

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	12	12	13	14	15	17	18	18	17	15	13	12

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09	116	157	154	158	138	114	69	24	123	166	170	116
10	43	58	57	59	51	42	26	9	46	62	63	43
11	261	353	347	356	312	258	156	54	277	374	384	261
12	13	18	18	18	16	13	8	3	14	19	20	13
13	3	4	4	4	4	3	2	1	3	4	5	3
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
15	17	24	23	24	21	17	10	4	18	25	26	17
16	13	18	18	18	16	13	8	3	14	19	20	13
17	27	36	35	36	32	26	16	6	28	38	39	27
18	204	276	271	278	244	201	122	42	216	292	299	204
19	253	342	336	345	303	249	151	53	268	362	372	253
20	19	26	26	27	23	19	12	4	21	28	29	19
21	22	29	29	29	26	21	13	4	23	31	32	21
22	26	35	34	35	31	25	15	5	27	37	38	26
23	6	8	8	8	7	6	4	1	7	9	9	6
24												
diário	1024	1385	1361	1396	1225	1008	613	213	1086	1467	1508	1023

Carga térmica: fim-de-semana

CULT

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Estudo de viabilidade económico-financeira na implementação de medidas de melhoria de eficiência energética aplicadas a um caso prático – Estádio Universitário de Coimbra

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	12	12	13	14	15	17	18	18	17	15	13	12

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09	116	157	154	158	138	114	69	24	123	166	170	116
10	43	58	57	59	51	42	26	9	46	62	63	43
11	261	353	347	356	312	258	156	54	277	374	384	261
12	13	18	18	18	16	13	8	3	14	19	20	13
13	3	4	4	4	4	3	2	1	3	4	5	3
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
15	17	24	23	24	21	17	10	4	18	25	26	17
16	13	18	18	18	16	13	8	3	14	19	20	13
17	27	36	35	36	32	26	16	6	28	38	39	27
18	204	276	271	278	244	201	122	42	216	292	299	204
19	253	342	336	345	303	249	151	53	268	362	372	253
20	19	26	26	27	23	19	12	4	21	28	29	19
21	22	29	29	29	26	21	13	4	23	31	32	21
22	26	35	34	35	31	25	15	5	27	37	38	26
23	6	8	8	8	7	6	4	1	7	9	9	6
24												
diário	1024	1385	1361	1396	1225	1008	613	213	1086	1467	1508	1023

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Coimbra

Coordenadas nominais: 40,2°N, 8,4°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute -30°

Balanço energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	56	85	,	863	1774	911
Fevereiro	74	101	,	1095	2154	1059
Março	108	127	,	1291	2319	1028
Abril	148	155	,	1516	2245	729
Mai	184	178	,	1568	1979	410
Junho	191	180	,	1411	1524	112
Julho	211	201	1,	930	931	1
Agosto	192	200	107,	323	323	0
Setembro	136	156	,	1509	1623	114
Outubro	102	134	,	1499	2354	856
Novembro	66	102	,	1159	2460	1301
Dezembro	52	85	,	846	1771	925
Anual	1520	1702	108,	14011	21457	7446

Fracção solar: 65,3%

Rendimento global anual do sistema: 37%

Produtividade: 623 kWh/[m² colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

Sinergiae Lda.() | 25-01-2013 18:22:39 |

ANEXO F – Cash flow dos investimentos

Tabela F.1 – Cash flow do investimento do pavilhão I.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Cash flow de receitas [€]		3720,39	3968,92	4234,04	4516,87	4818,60	5140,48	5483,87	5850,19	6240,98	6657,88	7102,63	7577,08	8083,23	8623,19	9199,22	9813,73	10469,29	11168,64	11914,70	12710,60
Investimento [€]	-18750,00																				
Operação & Manutenção [€]		-193,13	-198,92	-204,89	-211,03	-217,36	-223,88	-230,60	-237,52	-244,64	-251,98	-259,54	-267,33	-275,35	-283,61	-292,12	-300,88	-309,91	-319,21	-328,78	-338,65
Cash flow de investimentos [€]	-18750,00	-193,13	-198,92	-204,89	-211,03	-217,36	-223,88	-230,60	-237,52	-244,64	-251,98	-259,54	-267,33	-275,35	-283,61	-292,12	-300,88	-309,91	-319,21	-328,78	-338,65
Cash flow de exploração [€]	-18750,00	3527,27	3770,00	4029,15	4305,84	4601,24	4916,60	5253,27	5612,67	5996,34	6405,90	6843,08	7309,75	7807,88	8339,58	8907,10	9512,85	10159,38	10849,43	11585,92	12371,96
Cash flow acumulado [€]	-18750,00	-15222,73	-11452,73	-7423,58	-3117,74	1483,50	6400,10	11653,37	17266,04	23262,38	29668,28	36511,36	43821,12	51629,00	59968,58	68875,68	78388,53	88547,91	99397,34	110983,26	123355,21
Cash flow acumulado atualizado [€]	-18750,00	-15390,70	-11971,20	-8490,66	-4948,23	-1343,04	2325,80	6059,20	9858,07	13723,37	17656,03	21657,04	25727,39	29868,07	34080,13	38364,60	42722,54	47155,05	51663,21	56248,15	60911,01
VAL [€]	60911,01																				
TIR [%]	25%																				
Tempo de retorno [anos]	5,37																				

Tabela F.2 – Cash flow do investimento do pavilhão II.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Cash flow de receitas [€]		5530,77	5900,23	6294,36	6714,83	7163,38	7641,89	8152,37	8696,95	9277,90	9897,67	10558,83	11264,16	12016,61	12819,31	13675,64	14589,18	15563,73	16603,39	17712,50	18895,69
Investimento [€]	-25800,00																				
Operação & Manutenção [€]		-265,74	-273,71	-281,92	-290,38	-299,09	-308,07	-317,31	-326,83	-336,63	-346,73	-357,13	-367,85	-378,88	-390,25	-401,96	-414,01	-426,43	-439,23	-452,40	-465,98
Cash flow de investimentos [€]	-25800,00	-265,74	-273,71	-281,92	-290,38	-299,09	-308,07	-317,31	-326,83	-336,63	-346,73	-357,13	-367,85	-378,88	-390,25	-401,96	-414,01	-426,43	-439,23	-452,40	-465,98
Cash flow de exploração [€]	-25800,00	5265,03	5626,51	6012,44	6424,44	6864,28	7333,82	7835,06	8370,12	8941,27	9550,94	10201,70	10896,31	11637,72	12429,07	13273,69	14175,16	15137,30	16164,16	17260,09	18429,72
Cash flow acumulado [€]	-25800,00	-20534,97	-14908,45	-8896,02	-2471,57	4392,71	11726,54	19561,60	27931,71	36872,99	46423,92	56625,62	67521,93	79159,65	91588,72	104862,41	119037,57	134174,87	150339,04	167599,13	186028,85
Cash flow acumulado atualizado [€]	-25800,00	-20785,68	-15682,27	-10488,50	-5203,09	175,25	5647,86	11216,10	16881,32	22644,94	28508,39	34473,11	40540,59	46712,32	52989,84	59374,71	65868,52	72472,87	79189,42	86019,82	92965,79
VAL [€]	92965,79																				
TIR [%]	27%																				
Tempo de retorno [anos]	4,97																				

Tabela F.3 – Cash flow do investimento do culturismo.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Cash flow de receitas [€]		3968,97	4234,10	4516,94	4818,67	5140,56	5483,95	5850,27	6241,07	6657,97	7102,73	7577,19	8083,35	8623,31	9199,35	9813,87	10469,43	11168,79	11914,87	12710,78	13559,86
Investimento [€]	-14900,00																				
Operação & Manutenção [€]	0,00	-153,47	-158,07	-162,82	-167,70	-172,73	-177,91	-183,25	-188,75	-194,41	-200,24	-206,25	-212,44	-218,81	-225,38	-232,14	-239,10	-246,27	-253,66	-261,27	-269,11
Cash flow de investimentos [€]	-14900,00	-153,47	-158,07	-162,82	-167,70	-172,73	-177,91	-183,25	-188,75	-194,41	-200,24	-206,25	-212,44	-218,81	-225,38	-232,14	-239,10	-246,27	-253,66	-261,27	-269,11
Cash flow de exploração [€]	-14900,00	3815,50	4076,03	4354,12	4650,97	4967,82	5306,03	5667,02	6052,32	6463,56	6902,48	7370,94	7870,91	8404,50	8973,97	9581,73	10230,33	10922,52	11661,20	12449,51	13290,75
Cash flow acumulado [€]	-14900,00	-11084,50	-7008,47	-2654,35	1996,62	6964,44	12270,47	17937,50	23989,82	30453,38	37355,87	44726,80	52597,71	61002,21	69976,19	79557,92	89788,25	100710,77	112371,97	124821,48	138112,23
Cash flow acumulado atualizado [€]	-14900,00	-11266,19	-7569,11	-3807,86	18,50	3910,92	7870,37	11897,81	15994,26	20160,73	24398,26	28707,90	33090,71	37547,80	42080,27	46689,24	51375,88	56141,33	60986,81	65913,50	70922,64
VAL [€]	70922,64																				
TIR [%]	32%																				
Tempo de retorno [anos]	4,01																				

ANEXO G - Cash flow dos investimentos com intervenção da ESCO

Tabela G.1 – Cash flow do investimento do pavilhão I do ponto de vista do EUC.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Cash flow de receitas [€]		1288,74	1374,83	1466,67	1564,64	1669,16	1780,66	1899,61	2026,50	2161,87	2306,28	7102,63	7577,08	8083,23	8623,19	9199,22	9813,73	10469,29	11168,64	11914,70	12710,60
Investimento [€]	-7500,00																				
Operação & Manutenção [€]												-259,54	-267,33	-275,35	-283,61	-292,12	-300,88	-309,91	-319,21	-328,78	-338,65
Cash flow de investimentos [€]	-7500,00											-259,54	-267,33	-275,35	-283,61	-292,12	-300,88	-309,91	-319,21	-328,78	-338,65
Cash flow de exploração [€]	-7500,00	1288,74	1374,83	1466,67	1564,64	1669,16	1780,66	1899,61	2026,50	2161,87	2306,28	6843,08	7309,75	7807,88	8339,58	8907,10	9512,85	10159,38	10849,43	11585,92	12371,96
Cash flow acumulado [€]	-7500,00	-6211,26	-4836,43	-3369,76	-1805,12	-135,96	1644,70	3544,31	5570,81	7732,68	10038,96	16882,05	24191,80	31999,68	40339,26	49246,37	58759,22	68918,59	79768,02	91353,94	103725,90
Cash flow acumulado atualizado [€]	-7500,00	-6272,63	-5025,62	-3758,65	-2471,42	-1163,59	165,17	1515,18	2886,80	4280,36	5696,22	9697,23	13767,57	17908,26	22120,31	26404,78	30762,73	35195,23	39703,39	44288,33	48951,19
VAL [€]	48951,19																				
TIR [%]	22%																				
Tempo de retorno [anos]	5,88																				

Tabela G.2 – Cash flow do investimento do pavilhão I do ponto de vista da ESCO.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Cash flow de receitas [€]		2431,65	2594,09	2767,37	2952,23	3149,44	3359,83	3584,26	3823,69	4079,11	4351,60										
Investimento [€]	-11250,00																				
Operação & Manutenção [€]		-193,13	-198,92	-204,89	-211,03	-217,36	-223,88	-230,60	-237,52	-244,64	-251,98										
Cash flow de investimentos [€]	-11250,00	-193,13	-198,92	-204,89	-211,03	-217,36	-223,88	-230,60	-237,52	-244,64	-251,98										
Cash flow de exploração [€]	-11250,00	2238,53	2395,17	2562,49	2741,20	2932,08	3135,94	3353,66	3586,17	3834,47	4099,61										
Cash flow acumulado [€]	-11250,00	-9011,47	-6616,30	-4053,82	-1312,62	1619,46	4755,40	8109,06	11695,23	15529,70	19629,32										
Cash flow acumulado atualizado [€]	-11250,00	-9118,07	-6945,58	-4732,01	-2476,81	-179,45	2160,63	4544,02	6971,28	9443,01	11959,82										
VAL [€]	11959,82																				
TIR [%]	15%																				
Tempo de retorno [anos]	5,08																				

Tabela G.3 – Cash flow do investimento do pavilhão II do ponto de vista do EUC.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Cash flow de receitas [€]		2436,87	2599,65	2773,31	2958,57	3156,20	3367,03	3591,95	3831,89	4087,86	4360,93	10558,83	11264,16	12016,61	12819,31	13675,64	14589,18	15563,73	16603,39	17712,50	18895,69
Investimento [€]	-10320,00																				
Operação & Manutenção [€]												-357,13	-367,85	-378,88	-390,25	-401,96	-414,01	-426,43	-439,23	-452,40	-465,98
Cash flow de investimentos [€]	-10320,00											-357,13	-367,85	-378,88	-390,25	-401,96	-414,01	-426,43	-439,23	-452,40	-465,98
Cash flow de exploração [€]	-10320,00	2436,87	2599,65	2773,31	2958,57	3156,20	3367,03	3591,95	3831,89	4087,86	4360,93	10201,70	10896,31	11637,72	12429,07	13273,69	14175,16	15137,30	16164,16	17260,09	18429,72
Cash flow acumulado [€]	-10320,00	-7883,13	-5283,48	-2510,17	448,40	3604,60	6971,64	10563,59	14395,48	18483,35	22844,28	33045,98	43942,29	55580,02	68009,08	81282,77	95457,94	110595,24	126759,40	144019,49	162449,21
Cash flow acumulado atualizado [€]	-10320,00	-7999,17	-5641,21	-3245,52	-811,50	1661,47	4174,00	6726,73	9320,31	11955,39	14632,62	20597,34	26664,82	32836,55	39114,07	45498,94	51992,75	58597,10	65313,65	72144,05	79090,02
VAL [€]	79090,02																				
TIR [%]	26%																				
Tempo de retorno [anos]	4,33																				

Tabela G.4 – Cash flow do investimento do pavilhão II do ponto de vista da ESCO.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Cash flow de receitas [€]		3093,90	3300,57	3521,05	3756,26	4007,18	4274,86	4560,42	4865,05	5190,04	5536,73										
Investimento [€]	-15480,00																				
Operação & Manutenção [€]	0,00	-265,74	-273,71	-281,92	-290,38	-299,09	-308,07	-317,31	-326,83	-336,63	-346,73										
Cash flow de investimentos [€]	-15480,00	-265,74	-273,71	-281,92	-290,38	-299,09	-308,07	-317,31	-326,83	-336,63	-346,73										
Cash flow de exploração [€]	-15480,00	2828,16	3026,86	3239,13	3465,88	3708,08	3966,79	4243,11	4538,22	4853,41	5190,00										
Cash flow acumulado [€]	-15480,00	-12651,84	-9624,98	-6385,85	-2919,97	788,11	4754,90	8998,01	13536,23	18389,64	23579,64										
Cash flow acumulado atualizado [€]	-15480,00	-12786,51	-10041,06	-7242,98	-4391,60	-1486,22	1473,86	4489,36	7561,01	10689,56	13875,77										
VAL [€]	13875,77																				
TIR [%]	13%																				
Tempo de retorno [anos]	5,50																				

Tabela G.5 – Cash flow do investimento do culturismo do ponto de vista do EUC.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Cash flow de receitas [€]		2261,12	2412,17	2573,30	2745,19	2928,57	3124,20	3332,90	3555,54	3793,05	4046,42	7577,19	8083,35	8623,31	9199,35	9813,87	10469,43	11168,79	11914,87	12710,78	13559,86
Investimento [€]	-8940,00																				
Operação & Manutenção [€]												-206,25	-212,44	-218,81	-225,38	-232,14	-239,10	-246,27	-253,66	-261,27	-269,11
Cash flow de investimentos [€]	-8940,00											-206,25	-212,44	-218,81	-225,38	-232,14	-239,10	-246,27	-253,66	-261,27	-269,11
Cash flow de exploração [€]	-8940,00	2261,12	2412,17	2573,30	2745,19	2928,57	3124,20	3332,90	3555,54	3793,05	4046,42	7370,94	7870,91	8404,50	8973,97	9581,73	10230,33	10922,52	11661,20	12449,51	13290,75
Cash flow acumulado [€]	-8940,00	-6678,88	-4266,71	-1693,41	1051,78	3980,36	7104,56	10437,46	13992,99	17786,04	21832,46	29203,40	37074,31	45478,81	54452,79	64034,52	74264,85	85187,37	96848,57	109298,08	122588,83
Cash flow acumulado atualizado [€]	-8940,00	-6786,55	-4598,64	-2375,73	-117,25	2177,36	4508,69	6877,32	9283,84	11728,88	14213,03	18522,66	22905,48	27362,57	31895,03	36504,01	41190,64	45956,10	50801,57	55728,27	60737,41
VAL [€]	60737,41																				
TIR [%]	27%																				
Tempo de retorno [anos]	4,05																				

Tabela G.6 – Cash flow do investimento do culturismo do ponto de vista da ESCO.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Cash flow de receitas [€]		1707,85	1821,93	1943,64	2073,47	2211,98	2359,74	2517,37	2685,53	2864,93	3056,31										
Investimento [€]	-5960,00																				
Operação & Manutenção [€]		-153,47	-158,07	-162,82	-167,70	-172,73	-177,91	-183,25	-188,75	-194,41	-200,24										
Cash flow de investimentos [€]	-5960,00	-153,47	-158,07	-162,82	-167,70	-172,73	-177,91	-183,25	-188,75	-194,41	-200,24										
Cash flow de exploração [€]	-5960,00	1554,38	1663,86	1780,82	1905,77	2039,25	2181,83	2334,12	2496,79	2670,52	2856,06										
Cash flow acumulado [€]	-5960,00	-4405,62	-2741,76	-960,94	944,84	2984,09	5165,92	7500,04	9996,82	12667,34	15523,40										
Cash flow acumulado atualizado [€]	-5960,00	-4479,64	-2970,47	-1432,13	135,76	1733,56	3361,68	5020,50	6710,42	8431,86	10185,23										
VAL [€]	10185,23																				
TIR [%]	23%																				
Tempo de retorno [anos]	3,91																				

