



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Execução de um projecto solar térmico para uma instalação de A.Q.S. da Escola Básica Guilherme Stephens

Miguel Martins da Silva
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Professor Manuel D. Dias Mendes Nogueira
Professor João Antero Cardoso

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Jorge Mendonça e Costa

Vogais:

Especialista. João Augusto Farinha Mendes
Prof. Especialista João Manuel Vinhas Frade

Dezembro de 2012



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

Execução de um projecto solar térmico para uma instalação de A.Q.S. da Escola Básica Guilherme Stephens

Miguel Martins da Silva
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Professor Manuel D. Dias Mendes Nogueira
Professor João Antero Cardoso

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Jorge Mendonça e Costa

Vogais:

Doutor Eng. João Augusto Farinha Mendes
Prof. Especialista João Manuel Vinhas Frade

Dezembro de 2012

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Professor Manuel D.D. M. Nogueira por todo o apoio, bem como toda a disponibilidade e orientação prestada na realização deste trabalho.

Gostaria também de agradecer ao Professor António João P. C. Feliciano Abreu, ao Professor João Antero Cardoso e ao Doutor Eng.º João Augusto Farinha Mendes pelos esclarecimentos prestados no decorrer deste trabalho.

Aproveito também por agradecer ao Professore Hélder Fernandes, ao Professor Mário Marques e à Professora Sandra Dinis, da Escola Básica Guilherme Stephens por toda a disponibilidade prestada.

À minha família por todo o apoio que me prestaram, não só durante este trabalho, mas também no decorrer deste ciclo da minha vida.

À Daniela, por todo o incentivo e apoio.

Por último a todos aqueles que de uma forma directa ou indirecta contribuíram para a sua realização.

Resumo

O presente documento tem como principal objectivo efectuar o projecto de dimensionamento de um sistema de águas quentes sanitárias para uma escola.

Numa primeira fase foi elaborado uma pesquisa sobre o contexto energético, a nível mundial, europeu e nacional, bem como o seu contexto jurídico a nível europeu e nacional, e uma explicação superficial sobre os fundamentos da energia solar, onde se foca a importância da radiação solar e os vários tipos de sistemas solares térmicos, bem como os seus constituintes.

Segue-se a abordagem ao caso de estudo onde foram efectuados inicialmente inquéritos como forma de determinar os consumos de água quente utilizada nessa escola.

Continuou-se o estudo efectuando-se a variação de duas características do sistema solar: o tamanho dos depósitos e o tipo de colectores solares a aplicar.

Após as simulações efectuadas para a determinação das soluções a aplicar ao sistema solar e apresentadas ao longo do presente documento, foram efectuadas análises económicas como forma de se verificar a viabilidade do sistema a aplicar.

Por último foram elaboradas conclusões sobre o sistema a aplicar e apresentados alguns cenários financeiros do mesmo.

Palavras-Chaves:

Águas quentes sanitárias; Colectores solares; Análise energética; Análise económica de sistemas solares térmicos.

Nota: o autor do presente documento não segue o novo acordo ortográfico.

Abstract

The present document has as main objective to make the draft design of a hot water system for a school.

Initially a research was developed at energy context, global, European and national levels, as well as the legal context, European and national level. Also there is a brief explanation about the basics of solar energy, which focuses on the importance of solar radiation, with various types of solar thermal systems, and also explanations of the main components of the solar thermal system.

The next item is the approach in the case study questionnaire the school in order to determine the consumption of hot water used.

The study was continued by performing the variation features of two of the solar system: the size of deposits, and the type of solar collectors to be applied.

After the simulations to determine the components of the solar system to be applied, an economic analysis was performed in order to verify the feasibility of the system.

Finally conclusions were drawn about the system to be implemented and then presented some financial scenarios of the system to be applied.

Key Words:

Hot sanitary water; Solar collectors; Energy analysis; Economic analysis of solar thermal systems.

Lista de Acrónimos

AQS – Água(s) Quente(s) Sanitária(s);

CDI – Central de Detecção de Incêndios;

COM – Comunicado da Comissão Europeia;

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia;

DL – Decreto-Lei;

EN – Norma Europeia;

ENE20 – Estratégia Nacional para a Energia;

EPAL – Empresa Portuguesa de Águas de Livres;

GEE – Gases com Efeito de Estufa;

GTC – Gestão Técnica Centralizada;

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia;

MAPE – Medidas de Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético e Racionalização do Consumo;

P – Portaria;

P3E – Plano Nacional para a Eficiência Energética nos Edifícios;

PE – Parlamento Europeu;

PNAC – Programa Nacional para as Alterações Climáticas;

PNAER – Plano Nacional para as Energias Renováveis;

POE – Programa Operacional de Economia;

PPE – Plano de Políticas Energéticas;

PQ – Protocolo de Quioto;

PRC – Período de recuperação do capital;

PRIME – Programa de Incentivos à Modernização da Economia;

Programa E4 – Programa Eficiência Energética e Energias Endógenas;

RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios;

RCM – Resolução de Conselho de Ministros;

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

Tep – Tonelada equivalente de petróleo;

TIR – Taxa do índice de rentabilidade;

UE – União Europeia;

VAL – Valor actual líquido.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Contexto energético mundial, europeu e nacional	1
1.2. Contexto jurídico europeu e nacional	8
1.3. Estrutura do Trabalho	13
2. Fundamentos da Energia Solar.....	15
2.1. Radiação Solar	15
2.2. Sistema Solar térmico	20
2.2.1. Colectores Solares	23
2.2.2. Modo de ligação entre colectores	29
3. Caso de estudo.....	33
3.1. Localização	33
3.2. Caracterização do edifício.....	33
3.3. Consumos de água quente.....	34
3.4. Simulações	37
3.5. Sistema aplicado	43
3.5.1. Colectores Solares	43
3.5.2. Caldeira.....	46
3.5.3. Depósitos de Água.....	48
3.5.4. Unidade de dissipação de calor	50
3.5.5. Vasos de expansão.....	51
3.5.6. Estação de tratamento de águas	52

3.5.7.	Rede de Tubagem	52
3.5.8.	Válvulas e Acessórios.....	55
3.5.9.	Instalações Eléctricas de Potência, Comando e Controlo.....	58
3.5.10.	Sistemas de Comando e Controlo.....	58
3.5.11.	Ensaaios das Instalações.....	59
4.	Conclusões	60
5.	Bibliografia	65
6.	Apêndices.....	68
7.	Anexos.....	120

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Cubo da Energia. (1).....	1
Figura 1.2 - Localização da Escola Básica Guilherme Stephens. (5).....	13
Figura 2.1 - Tipos de radiação. (1)	16
Figura 2.2 – Posição do sol ao longo do ano para Portugal. (8).....	17
Figura 2.3 - Irradiação solar na Europa. (9)	18
Figura 2.4 - Irradiação solar na Península Ibérica. (9)	18
Figura 2.5 - Valores médios de insolação em Portugal. (1)	19
Figura 2.6 - Instalação solar com depósito de dois permutadores internos. (10)	20
Figura 2.7 - Instalação solar com um depósito com permutador interno, unidade de apoio separada. (10).....	20
Figura 2.8 - Instalação Solar com 2 depósitos, cada um com permutador interno. (10)	22
Figura 2.9 - Instalação solar com 2 depósitos, mas permutadores exteriores. (1).....	22
Figura 2.10 - Caracterização do colector solar plano. (1)	24
Figura 2.11 - Exemplo de um CPC e dos seus constituintes. (10)	26
Figura 2.12 - Colector solar de vácuo. (1).....	27
Figura 2.13 - Constituintes de um tubo de um colector solar de vácuo. (1).....	27
Figura 2.14 - Variação para cada tipo de permutador. (11).....	28
Figura 2.15 - Ligação em série de colectores. (10)	30
Figura 2.16 - Esquemas de montagem das ligações em paralelo. (11).....	31
Figura 2.17 - Ligação em paralelo de canais.....	32
Figura 2.18 - Ligação mista de colectores. (11)	32
Figura 2.19 - Montagem de baterias de colectores. (11)	32
Figura 3.1 - Localização dos pontos de consumo. (5).....	34

Figura 3.2 - Análise económica com capital próprio.....	40
Figura 3.3 - Análise económica com recurso a empréstimo bancário.....	41
Figura 3.4 - Esquema de princípio.	46

Índice de Tabelas

Tabela 2.1- Vantagens e desvantagens das coberturas. (1)	24
Tabela 2.2- Vantagens e desvantagens dos vários tipos de placas absorvedoras. (1).....	25
Tabela 2.3- Vantagens e desvantagens dos vários tipos de caixas isoladoras. (1)	26
Tabela 2.4 - Vantagens e desvantagens da ligação em série.	29
Tabela 2.5 - Vantagens e desvantagens da ligação em paralelo. (7 p. 130)	30
Tabela 2.6 - Vantagens e desvantagens da ligação em paralelo de canais. (7)	31
Tabela 3.1 - Consumos de água quente considerados.	36
Tabela 3.2 - Indicadores económicos.	42
Tabela 4.1 - Encargos do financiamento do projecto "Parque Escolar". (13).....	61
Tabela 4.2 - Montante do financiamento das entidades credoras.....	61
Tabela 4.3 - Indicadores financeiros para o cenário económico com financiamento do estado e europeu.	61
Tabela 4.4 - Considerações tomadas para as taxas de juro e período de pagamento do investimento com crédito europeu.....	62
Tabela 4.5 - Análise financeira para um cenário em que a taxa do preço de combustível aumenta para 4,5% acima da inflação.	63
Tabela 4.6 - Análise financeira para um cenário em que a taxa do preço do combustível aumenta 4,5% acima da inflação e em que há participações a nível europeu e estatal.....	64

Índice de Gráficos

Gráfico 1.1 - Consumos Mundiais de energia em função do tipo de combustível em 2011. (2)	2
Gráfico 1.2 - Consumo Mundial de energias renováveis em 2011. (2).....	3
Gráfico 1.3 - Produtores Mundiais de energia solar térmica. (3)	4
Gráfico 1.4 - Consumo europeu, por país, das energias renováveis, em 2011. (2)	5
Gráfico 1.5 - Mercado solar térmico da Europa. (4)	6
Gráfico 1.6 - Evolução do solar térmico em Portugal. (4)	7
Gráfico 2.1 - Espectro da radiação para diferentes temperaturas de superfícies. (6)	15
Gráfico 3.1 - Rendimento Global do sistema em função do custo e do n.º de colectores.	37
Gráfico 3.2 - Receitas a preço actual para o consumo sem fim-de-semana.	38
Gráfico 3.3 - Receitas a preço actual para o consumo com fim-de-semana.....	39
Gráfico 3.4 - Receitas a preço actual para o consumo com os meses de Agosto e Setembro.....	39

1. Introdução

1.1. Contexto energético mundial, europeu e nacional

A crescente utilização de fontes alternativas de energia, entenda-se energias renováveis, têm sofrido um crescimento significativo nos últimos anos. Este crescimento deve-se a um conjunto de factores como: diminuição das reservas dos combustíveis fósseis, o que leva ao aumento do custo dos mesmos. Outro factor é a degradação das condições ambientais e climáticas provocadas pelo aumento das emissões de gases poluentes, nomeadamente os gases com efeito de estufa, para o meio ambiente. Este aumento dos gases poluentes provoca o aquecimento global.

Como forma de representar as reservas dos vários recursos naturais é apresentado o cubo da energia, Figura 1.1, onde se pode retirar que a utilização da energia solar como fonte de energia é uma óptima aposta

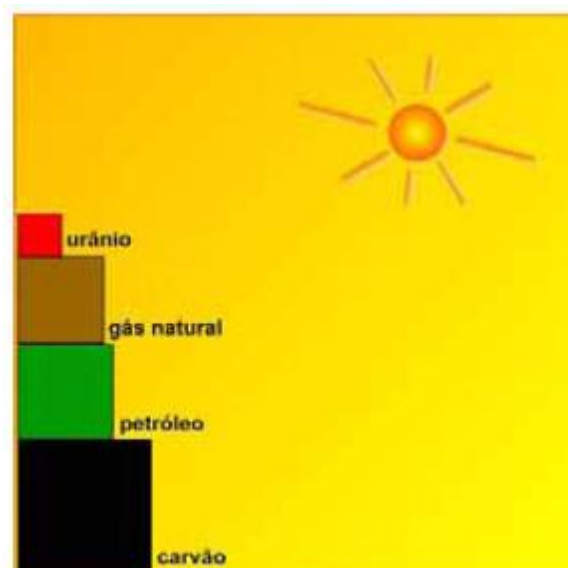


Figura 1.1 - Cubo da Energia. (1)

Apesar do crescimento do consumo das energias renováveis, estas são ainda pouco significativas ao nível mundial. Como forma de justificar a afirmação é em seguida apresentado um gráfico dos consumos mundiais de energia em função do tipo de combustível, Gráfico 1.1.

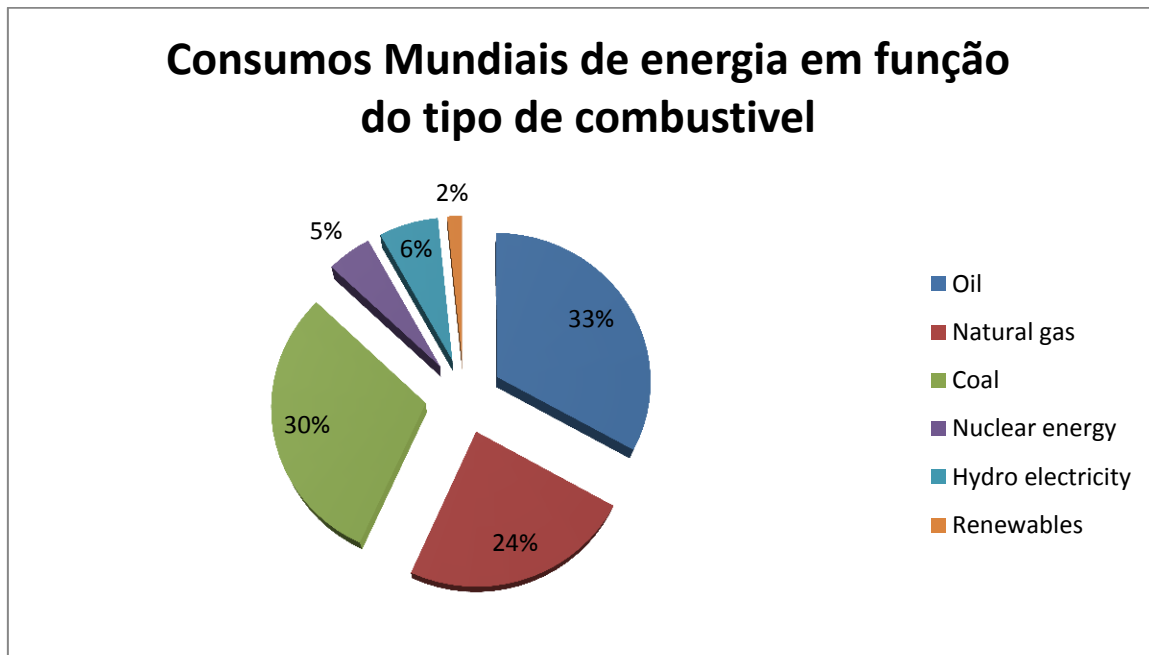


Gráfico 1.1 - Consumos Mundiais de energia em função do tipo de combustível em 2011. (2)

Neste gráfico é perceptível a elevada dependência a nível mundial dos combustíveis fósseis (gás natural, petróleo e carvão), sendo que os mesmos ocupam mais de metade dos consumos mundiais.

Pode-se também visualizar o fraco consumo de energias verdes, estas ocupam só 8% (energia hídrica mais as energias renováveis) do consumo mundial.

Conjugando o cubo da energia, Figura 1.1, e o Gráfico 1.1, pode-se observar que as energias renováveis têm potencialidade, não só por terem um recurso quase inesgotável, mas também por não prejudicarem o meio ambiente, contribuindo assim para a pegada ecológica.

Como forma de se perceber como são distribuídos estes consumos de energias renováveis é apresentado o seguinte gráfico que resume o total do consumo de energias renováveis a nível mundial, isto para o ano de 2011, Gráfico 1.2.

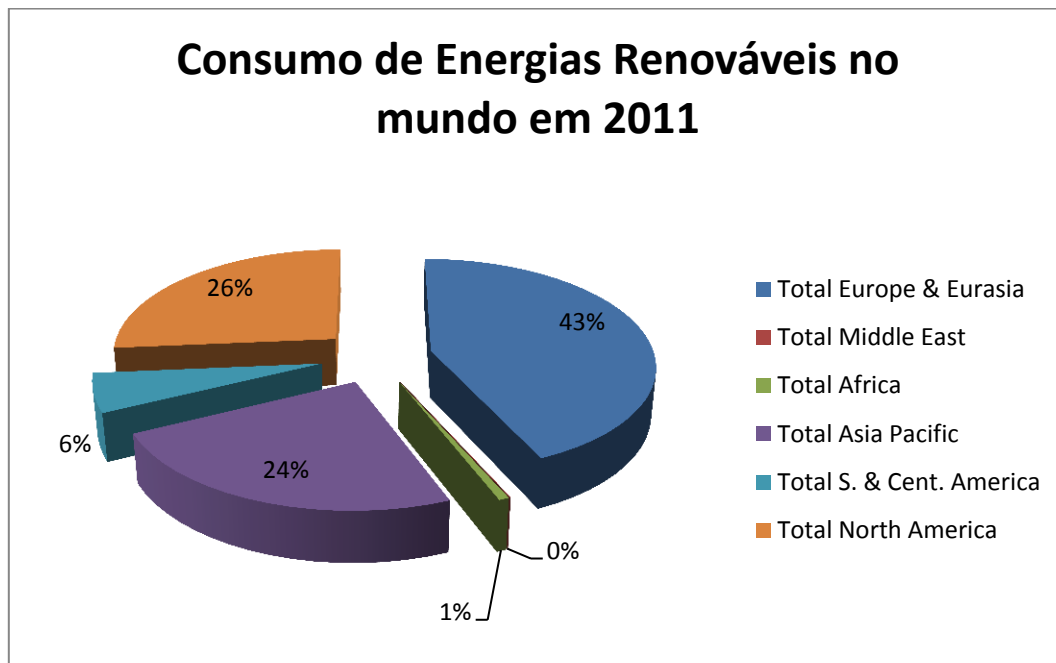


Gráfico 1.2 - Consumo Mundial de energias renováveis em 2011. (2)

Neste gráfico pode-se observar que o maior consumo de energias renováveis é na Europa com 43%, seguido da América do Norte e da Ásia.

No entanto dentro das energias renováveis referidas nos Gráfico 1.1 e Gráfico 1.2, existe um variado leque de produção de energias como: a fotovoltaica, a de biomassa, a geotérmica, a solar térmica, a eólica, entre outras.

Assim no que diz respeito às solares térmicas, é apresentado o Gráfico 1.3, onde são indicados os maiores produtores mundiais. No entanto convém relembrar que se está apenas a falar de uma fracção dos 2% apresentados no Gráfico 1.1 e que se está a interpretar todos os sistemas inerentes ao solar térmico, como por exemplo: torres de concentração solar, colectores solares parabólicos (tanto os do motor Stirling, como os côncavos), entre outros.

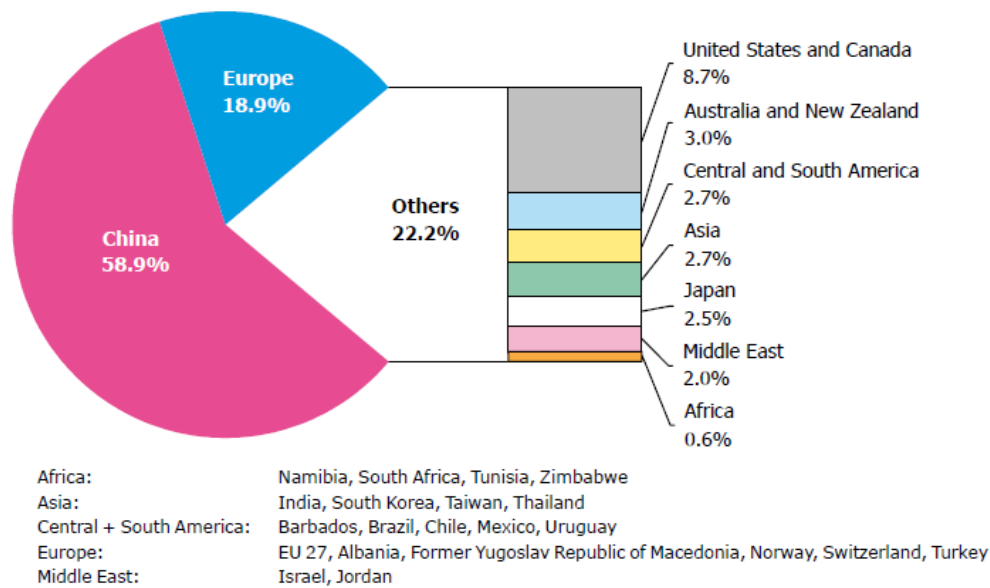


Gráfico 1.3 - Produtores Mundiais de energia solar térmica. (3)

Assim pode-se observar que a Ásia tem a maior produção de energia solar térmica do mundo com quase 61%, sendo que a China tem quase 59% dessa produção. Seguida da Ásia vem a Europa com cerca de 20%, sendo os restantes 19% são ocupados pelo resto do mundo, tendo os Estados Unidos da América e o Canadá quase 9% dessa produção.

O grande consumo de energias renováveis e produção de energia solar térmica por parte da Ásia, mais especificamente pela China, poderá ser explicado pela rápida expansão que este país, tem vindo a efectuar ao longo dos últimos anos.

Passando agora para uma análise mais pormenorizada da Europa é apresentado o Gráfico 1.4 como forma de se explicar a distribuição dos consumos das energias renováveis.

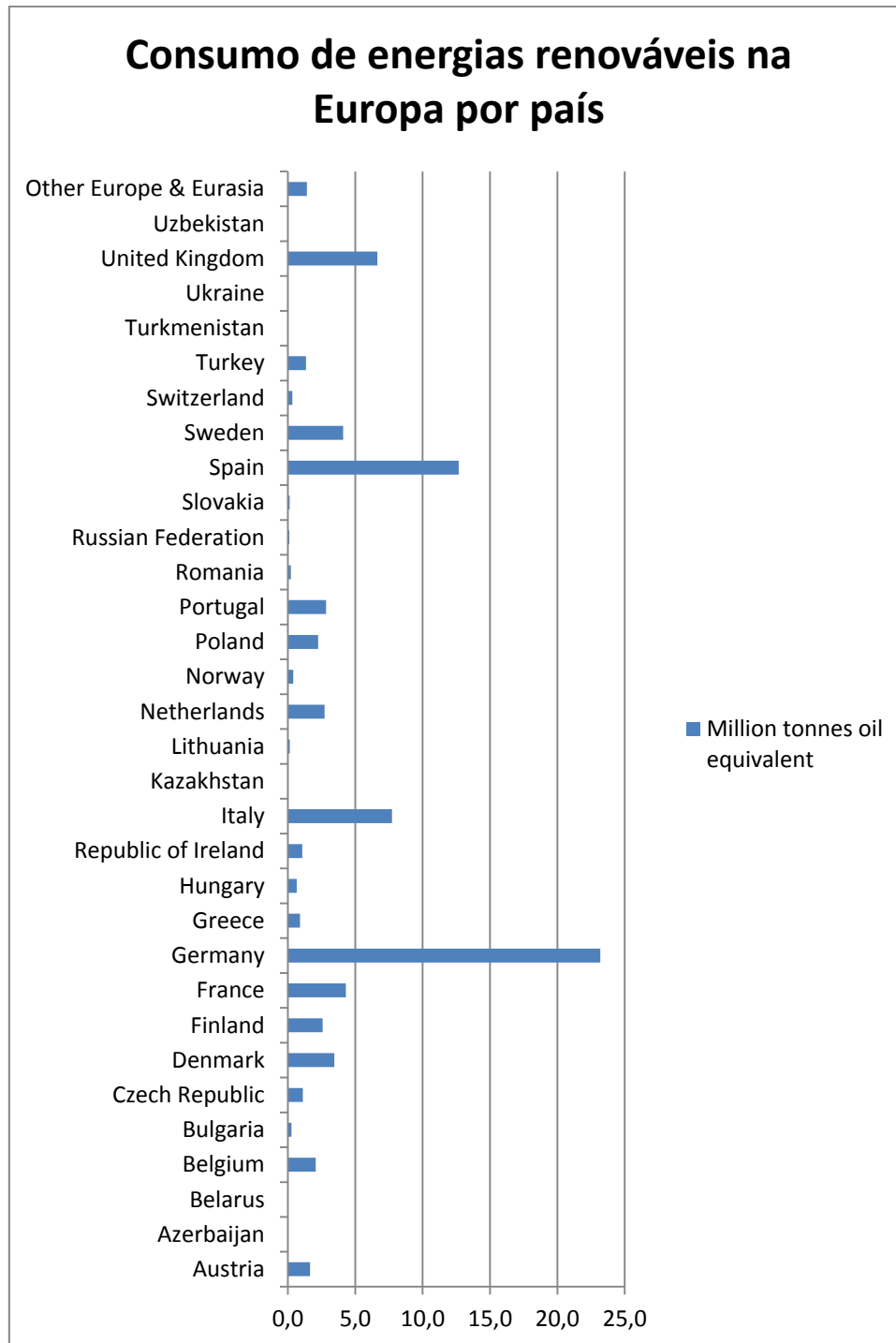


Gráfico 1.4 - Consumo europeu, por país, das energias renováveis, em 2011. (2)

Neste gráfico é demonstrado o consumo de energias renováveis na Europa, destacando-se a Alemanha, Espanha, Reino Unido e Itália como países que produzem mais de 5 Milhões de Tep's por ano

Poder-se-á entender através da análise conjugada do Gráfico 1.4 e do Gráfico 1.2, que mais de metade dos consumos de energias renováveis é efectuada pelos 4 países citados anteriormente.

Passando agora para uma análise do mercado solar térmico da Europa como forma de interpretar os 18,9% de produção de energia solar térmica da Europa, referidos no Gráfico 1.3, é apresentado o seguinte gráfico, onde são discriminados os maiores produtores de energia solar térmica da Europa.

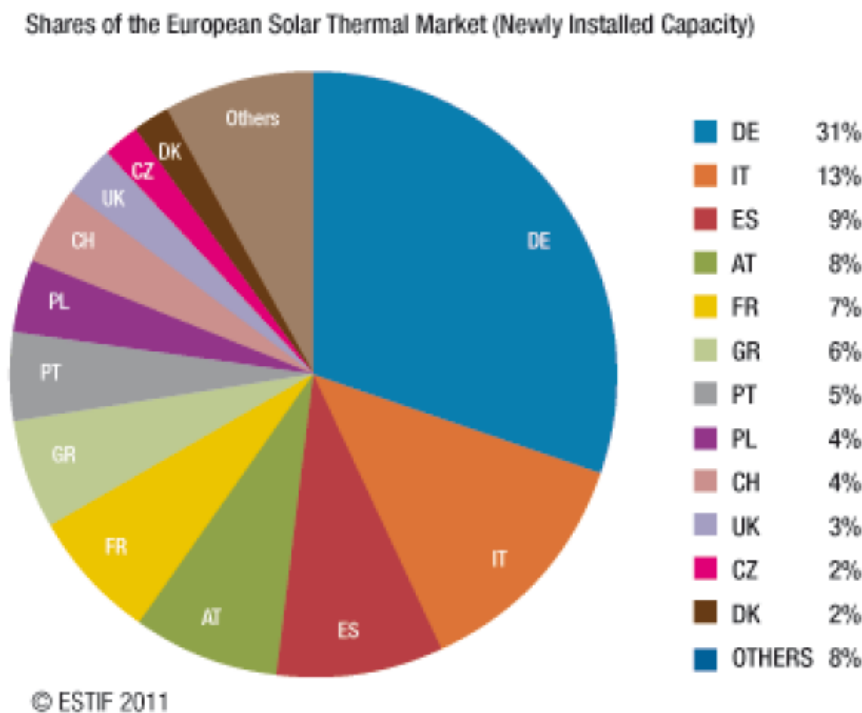


Gráfico 1.5 - Mercado solar térmico da Europa. (4)

Neste gráfico, bem como no anterior pode-se observar o claro domínio da Alemanha como país produtor de energias renováveis. No entanto, Portugal aparece nos 2 gráficos anteriores com uma produção de cerca de 3 Milhões de Teps e com 5% da cota do mercado da energia solar, respectivamente, estando assim perto da média europeia.

Como forma de demonstrar a evolução de Portugal nos últimos anos em relação à implementação do solar térmico, apresenta-se o gráfico seguinte.

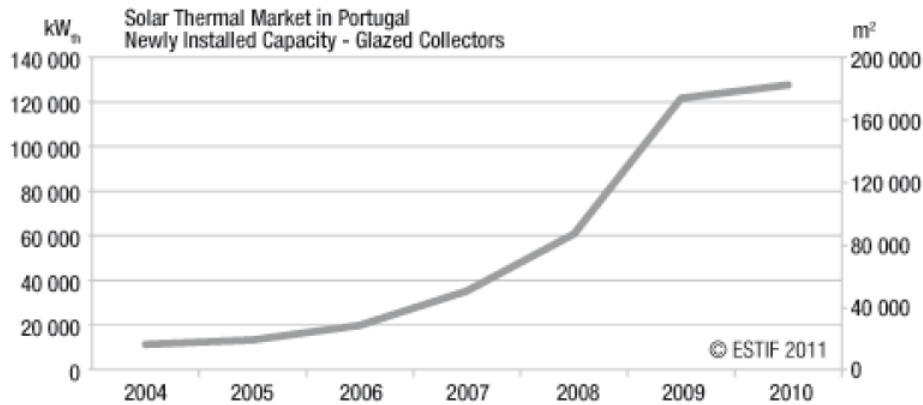


Gráfico 1.6 - Evolução do solar térmico em Portugal. (4)

Esta evolução, quase exponencial, do mercado solar térmico em Portugal poderá ser explicada pelas medidas implementadas por parte do governo, nomeadamente pelos incentivos e pela obrigatoriedade de implementação em edifícios novos, nomeadamente com a entrada em vigor do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), em 2006, o qual obriga à implementação deste sistema em edifícios novos. Além deste regulamento importa também referir a entrada em vigor do Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que também ajudou a contribuir para a referida evolução.

A quebra acentuada no crescimento do ano 2009 para 2010 poder-se-á explicar pela crise que teve início em 2009 na Europa.

Assim como forma de explicar melhor a evolução de Portugal quer no consumo, quer na produção do solar térmico, é em seguida apresentada uma análise cronológica do contexto jurídico dos últimos anos.

1.2. Contexto jurídico europeu e nacional

Em virtude dum conjunto de factores que vêm diminuindo as reservas de petróleo em todo o mundo, sendo alguns dos factores como a crise petrolífera da década de 70 ou o crescente consumo de países emergentes, como o caso da China e mais recentemente da Índia, a comunidade mundial, nomeadamente a União Europeia (UE), criou um conjunto de medidas que visam a redução da dependência dos seus países dos combustíveis fósseis.

Assim os líderes mundiais iniciaram um conjunto de conferências como forma de combater não só os efeitos dos gases com efeitos de estufa, mas também que visassem a redução dos consumos de energia proveniente do petróleo. Estas conferências foram iniciadas em Montreal em 1988, de onde surgiu o Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas, sendo que a mesma reunião teve o seu seguimento em 1992 na Cimeira da Terra no Rio de Janeiro, nesta última foi aprovada a Agenda 21. Em 1997 houve a conferência de Quioto, onde Portugal participou de forma activa nas negociações, estando presente na Convenção Quadro. Nesta cimeira foi elaborado o Protocolo de Quioto (PQ), tendo como principal medida acção acordada para a redução dos gases com efeitos de estufa (GEE) em 8 pontos percentuais entre o quinquénio de 2008-2012 face aos níveis registados em 1990.

Assim como forma de honrar os compromissos acordados na cimeira de 1988, Portugal elaborou em 1990 o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), através do Decreto-Lei (DL) 40/1990, sendo que o mesmo visava melhorar a salubridade, higiene e conforto nos edifícios em geral, sem esquecer o consumo e a potência para o conforto térmico e visual, bem como a qualidade da construção em geral. Além destes pontos permitia também a aplicação do mesmo na fase de licenciamento e abertura sobre a forma de auditoria energética.

Oito anos passaram até à criação do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), DL 118/98, o qual pretendia parametrizar o dimensionamento e as instalações dos sistemas energéticos de climatização, pretendendo assim regulamentar as condições em que se deve processar e dimensionar a instalação e utilização dos sistemas de conforto térmico em edifícios e complementar o anterior regulamento.

Ainda nesse ano, 1998, e visto Portugal ter feito parte da Convenção Quadro do PQ, deu-se início à elaboração do Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), após a aprovação da Resolução do Conselho de Ministros (RCM) n.º 72/98. No entanto o documento final só saiu em 2001.

Em 2001 Portugal criou através da Portaria (P) n.º 198/2001 um programa nacional de apoio da economia de nome Programa Operacional de Economia (POE), o qual continha o subprograma de Medidas de Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético e Racionalização do Consumo (MAPE). Estas medidas foram definidas tendo em vista o espaço temporal entre 2000 – 2006. Com esta medida Portugal pretendeu dar resposta não só ao acordado no PQ, mas também ao Livro Branco da U.E., em virtude de Portugal fazer parte da U.E. desde 1986.

Com o intuito de dar maior relevância às energias renováveis, em particular às solares, o governo português criou o Plano de Políticas Energéticas (PPE), contemplando as medidas de apoio atrás citadas.

Ainda durante o mesmo ano foi criado o Programa Eficiência Energética e Energias Endógenas (Programa E4), através da RCM n.º 154/2001. A incidência deste programa foram os objectivos do PPE, nomeadamente a redução do consumo de energia do exterior; segurança das reservas de energia; assegurar a competitividade da economia portuguesa no mercado global; limitação do impacto ambiental na produção de energia, fazendo assim este programa uma ponte de ligação para os acordos internacionais assinados.

No ano seguinte o programa POE foi revisto e renomeado para Programa de Incentivos à Modernização da Economia (PRIME), esta reforma foi necessária após a implementação do Programa E4. Além deste programa foi criado o Plano Nacional para Eficiência Energética nos Edifícios (P3E) que visa interligar todas as medidas aplicadas aos edifícios, nomeadamente o RSECE e o RCCTE no Programa E4

Em 2003 foi criada através da RCM 63/2003 a Política energética portuguesa, sendo que a mesma define o cumprimento de 8 objectivos, nomeadamente: liberalização do mercado; redução da intensidade energética no produto; redução da factura energética; melhoria da qualidade do serviço; segurança do aprovisionamento e do abastecimento; diversificação das fontes e aproveitamento dos recursos endógenos; a minimização do impacto ambiental; contribuição para o reforço da produtividade da economia nacional.

Em 2004 e posteriormente em 2006 o PNAC é reformulado para adequar as medidas estabelecidas até então às necessidades portuguesas, estando a última reforma presente na RCM 119/2006.

Em 2005 foi criada a Estratégia nacional para a energia, através do RCM 169/2005, esta estratégia visa garantir a segurança do abastecimento de energia, estimular e favorecer a concorrência, promovendo a defesa dos consumidores e a competitividade entre as empresas, garantindo a adequação ambiental de todo o processo energético.

No ano que se seguiu, em 2006, além das alterações ao PNAC também foram efectuadas reformas ao RSECE e ao RCCTE e foi criado o Desempenho Energético dos Edifícios, através do DL 78/2006, para dar resposta à directiva 2002/91/CE do Conselho e do Parlamento Europeu (PE). Esta directiva tem como objectivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios, tendo em conta as condições externas e internas dos edifícios e a sua rentabilidade. As reformas efectuadas aos regulamentos anteriormente mencionados visam a obrigatoriedade de implementação de solar térmico em todos os novos edifícios, ou para grandes remodelações.

Ainda durante o mesmo ano, mas a nível europeu implementou-se o Livro Verde, que apresenta sugestões e aponta possíveis soluções para a criação de uma nova base da política energética europeia, identificando para isso seis grandes domínios nos quais é necessária intervenção como forma de dar resposta aos desafios colocados.

Tendo como base esta necessidade de resposta às questões colocadas no Livro Verde criou-se a directiva 2006/32/CE do PE que têm como objectivo efectuar a relação custo-eficácia da melhoria da eficiência em função da utilização da energia, revogando para isso a anterior Directiva 93/76/CEE do Conselho. Além desta última directiva foi ainda emitido o comunicado da Comissão Europeia (COM) 545 sobre o Plano de Acção para a Eficiência Energética, que tem como objectivo primordial a formulação de um conjunto de políticas que visem a manutenção da posição da Europa como uma das regiões de maior eficiência energética no mundo. Este comunicado propõe 10 acções prioritárias e que abrangem todos os sectores energéticos.

Em 2008 foi criado o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE), através da RCM 80/2008 que visa, como o seu homónimo europeu, trazer uma maior coerência às políticas de eficiência energética, ampliando o seu campo de aplicação a todos os sectores, sendo que para isso implementa um conjunto de 12 programas específicos. Este plano foi a resposta do governo português à Directiva 2006/32/CE e do PE, anteriormente mencionada.

Foram ainda criadas medidas adicionais para o PNAC através da P 1530/2008 como forma de responder às directivas europeias e aproveitando para a criação de uma ponte de ligação entre os planos, PNAC e PNAEE.

Ainda neste ano, mas a nível europeu, houve um reforço das medidas impostas pela Directiva 2006/32/CE, através da difusão de um comunicado, COM (2008) 772, visto existir uma discrepância entre o compromisso político assumido e as acções praticadas.

Este comunicado conhecido por “Eficiência Energética”, e dentro das rectificações efectuadas ao anterior comunicado, impõe uma poupança de 20% nos consumos de energia primária, uma redução de 20% das emissões do GEE e ter 20% em energias renováveis até 2020, ficando esta política conhecida como três 20’s.

No ano seguinte, com o intuito de responder à directiva europeia 2009/28/CE do PE, que pretende promover a utilização de energia de fontes renováveis, fixando para tal objectivos nacionais obrigatórios quer para a cota global, quer para o consumo bruto de energia, quer para o consumo da energia nos transportes, quer no estabelecimento de regras para a transferência de energia. Assim o governo português deu início à criação do Plano Nacional para as Energias Renováveis (PNAER) para ser aprovado em 2010.

Em 2010 havendo agendada a aprovação do PNAER a mesma foi suspensa, em virtude de as medidas que deveriam ser implementadas serem transpostas para a Estratégia Nacional para a Energia (ENE2020), reformulando o documento de 2005. Este plano contempla um conjunto de 10 medidas que irão não só responder à directiva europeia 2009/28/CE, mas também irá agilizar de uma melhor forma a interacção entre os vários planos em vigor à data, nomeadamente PNAC, PNAEE, PNAER (no entanto este último foi absorvido pelo ENE2020).

A nível europeu o comunicado COM (2010) 639, sobre a Estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura, revela aspectos positivos e negativos das políticas energéticas aplicadas até então, e define uma nova estratégia com 5 prioridades.

Em 2011 foi criado o COM (2011) 885/2, onde é apresentado o “Energy Roadmap 2050”, que tem por objectivos: efectuar uma redução de 80 a 95% das emissões de GEE, dos valores de 1990; uma redução das emissões de carbono de 40% para 2050; obtenção de um sistema energético disponível, competitivo e descarbonizado até 2050.

1.3. Estrutura do Trabalho

O presente documento irá contemplar um projecto solar térmico para uma escola de ensino básico, nomeadamente Escola Básica Guilherme Stephens, localizada na Marinha Grande, distrito de Leiria. Sendo a mesma a que se encontra assinalada a azul na figura que se segue, Figura 1.2.

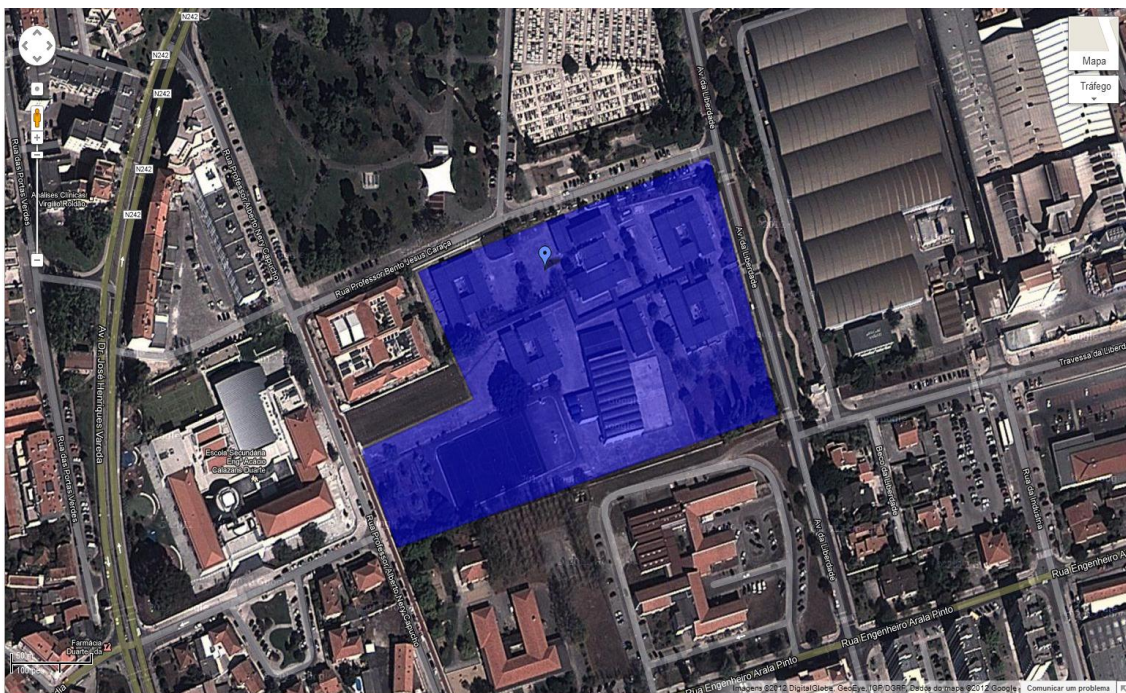


Figura 1.2 - Localização da Escola Básica Guilherme Stephens. (5)

Para se determinar valores aproximados dos consumos, foi efectuado um inquérito aos alunos durante as aulas de educação física e de desporto escolar.

Após a análise dos inquéritos será elaborado um perfil de consumo, ao longo de um dia, no entanto deverão ser tomadas algumas considerações, as quais serão apresentadas no desenvolvimento do presente documento.

Deverá também ser elaborado um esquema de princípio onde irão constar todos os equipamentos e acessórios necessários para a construção do projecto, excepto os comprimentos dos tubos e do número de curvas, pois para estas singularidades são necessários os desenhos de implementação da instalação. Assim sendo estes desenhos também terão de ser elaborados, sendo os mesmos apresentados no desenrolar do presente documento.

No entanto deverá ser dada particular atenção à protecção anti-corrosiva dos materiais e equipamentos, devido aos agentes externos a que a instalação se encontra exposta, em virtude de uma parte da instalação se encontrar no exterior e fazer-se sentir a influência do mar.

Após a elaboração do perfil de consumo é necessário, não só efectuar a selecção do tipo de colectores, que deverão ser de uma marca nacional, mas também como o número de utilizadores da instalação.

Após esta selecção, serão efectuadas as simulações no “*software*” SolTerm, do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), visto ser este o programa aconselhado pelo RSECE.

Depois da simulação, contemplando eventuais optimizações realizadas dentro do programa, irão ser efectuadas um conjunto de análises comparativas, nomeadamente:

1. Optimização do depósito de acumulação;
2. Optimização do colector solar.

Estas optimizações serão efectuadas fazendo variar a fracção solar, rendimento global anual do sistema, em função do capital investido e período de recuperação do capital (PRC) inicialmente investido.

Após todas as análises referidas, serão retiradas as devidas conclusões.

2. Fundamentos da Energia Solar

2.1. Radiação Solar

As estrelas, como o Sol, emitem um espectro contínuo de radiação electromagnética, e através desse valor é possível classifica-las. Os espectros emitidos estão próximos dos emitidos por um corpo negro, a uma determinada temperatura, pelo que se pode estimar a temperatura da superfície das mesmas.

Um corpo negro pode ser definido como aquele que absorve toda a radiação electromagnética que nele incide. No entanto estes corpos emitem radiação, permitindo através do equilíbrio termodinâmico calcular a sua temperatura, visto que um corpo negro ideal irradia energia à mesma taxa que a absorve.

Assim a variação do poder emissivo de um corpo negro em função do comprimento de onda para várias temperaturas pode ser observado pelo gráfico da Lei de Wien apresentado no gráfico que se segue Gráfico 2.1.

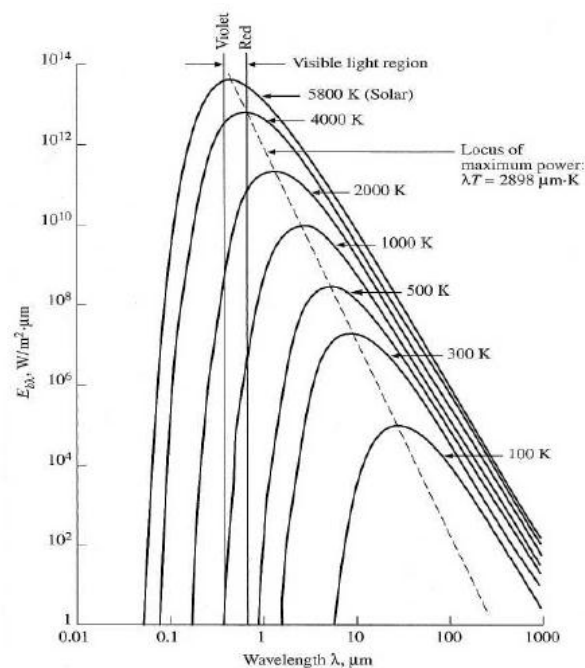


Gráfico 2.1 - Espectro da radiação para diferentes temperaturas de superfícies. (6)

O Sol pode então ser aproximado a um corpo negro com uma temperatura de superfície na ordem dos 6000K. A energia irradiada pelo sol pode ser considerada de constante e ser definida como o fluxo radiante que incide numa superfície unitária, perpendicularmente ao feixe da radiação solar, a uma distância média entre a Terra e o Sol, sendo o valor 1353 W/m^2 (7 p. 49).

Mas a energia solar nem sempre chega ao observador nas melhores condições, isto é, nem sempre a radiação é directa, às vezes pode ser difusa, e mesmo ambos os tipos de radiação sofrem influência da altura do dia a que nos encontramos.

Com isto pretende-se dizer que existem mais efeitos para considerar quando da energia irradiada pelo sol, como por exemplo a difusão de Rayleigh (difusão de moléculas de ar), difusão de Mie (difusão de partículas de pó e contaminação do ar), reflexão causada pela atmosfera, ou absorção pelas moléculas presentes na atmosfera. A figura que se segue tenta exprimir o que foi referido anteriormente.

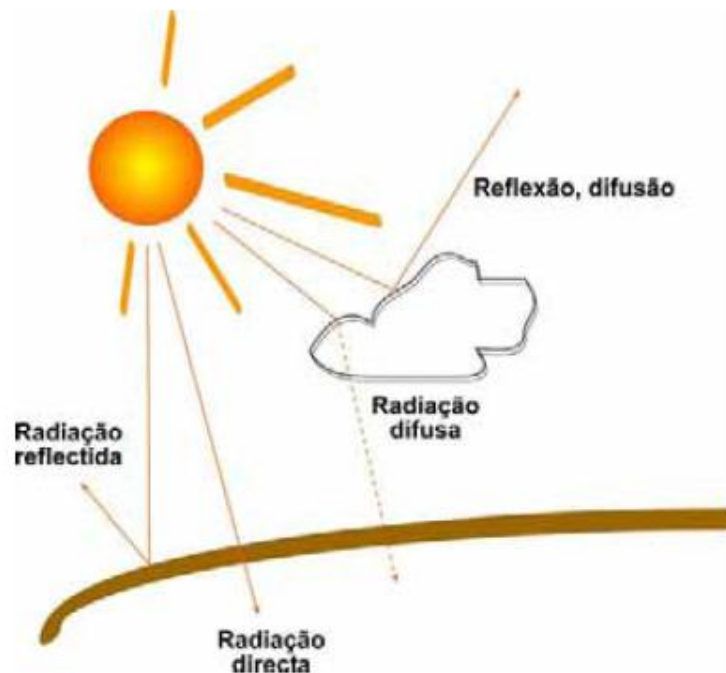


Figura 2.1 - Tipos de radiação. (1)

Assim sendo a inclinação a que se irá encontrar a superfície receptora influencia quando necessitamos de obter maior rendimento. Logo é necessário definir um ângulo com a incidência solar, mas para se definir este ângulo é necessário ter em consideração a estação do ano a que se irá dar preferência, pois se for o caso do Inverno, as horas de exposição solar são menores e os ângulos solares sobre uma superfície absorvedora são maiores. Ao dar-se preferência ao Verão acontece o inverso, ou seja, mais horas de exposição solar e um ângulo entre a superfície absorvedora e o chão menor.

Para se perceber melhor a diferença de radiação entre os meses de inverno e verão observe-se a figura que se segue.

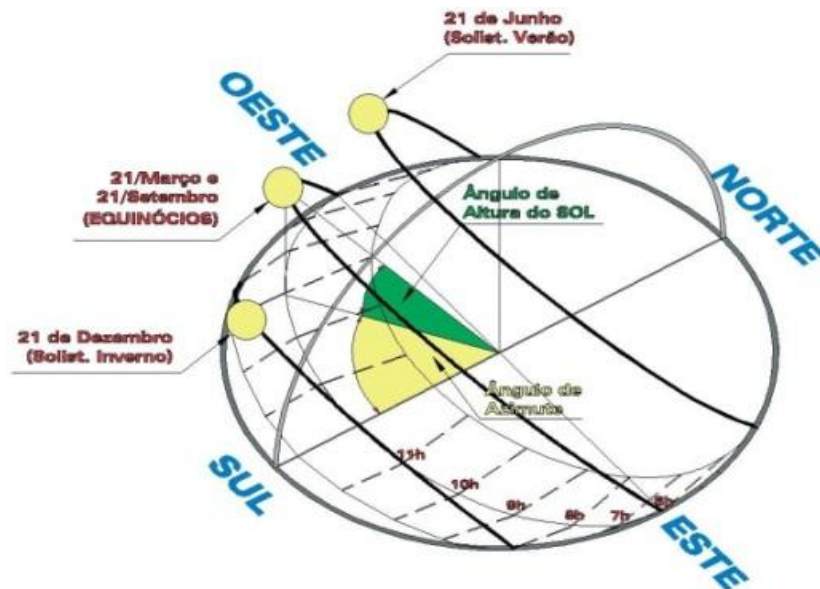


Figura 2.2 – Posição do sol ao longo do ano para Portugal. (8)

Outra informação importante que é necessária retirar da figura anterior é a orientação dos colectores solares, ou seja, o importante não é só o ângulo de inclinação com o solo, mas também a orientação dos colectores, sendo que estes deverão estar virados para sul, sempre que possível. Com isto pretende-se dizer que o ângulo de azimute deverá ser de 0° sempre que possível.

Assim sendo a aposta de Portugal no aproveitamento de energia solar é uma boa aposta pois Portugal, visto ser um dos países mais a sul da Europa têm uma maior disponibilidade horária deste recurso, conforme demonstram as seguintes imagens, Figura 2.3, Figura 2.4 e Figura 2.5.

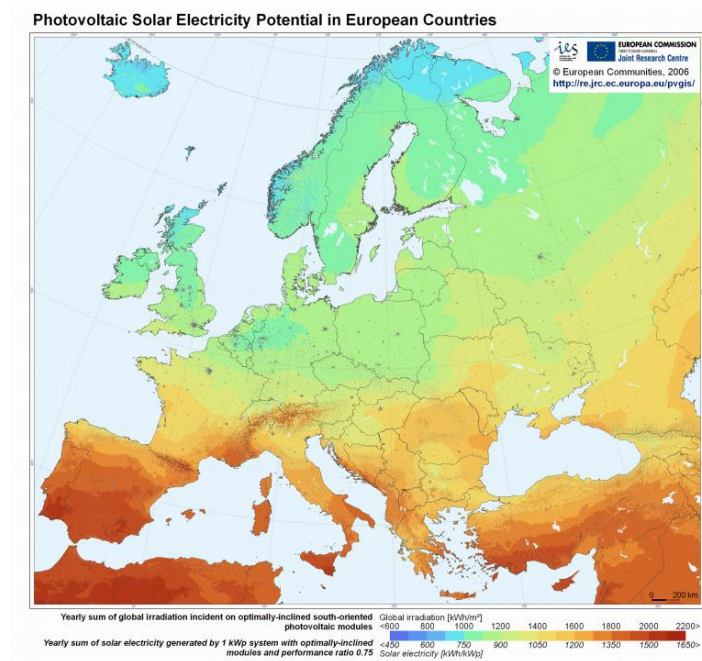


Figura 2.3 - Irradiação solar na Europa. (9)

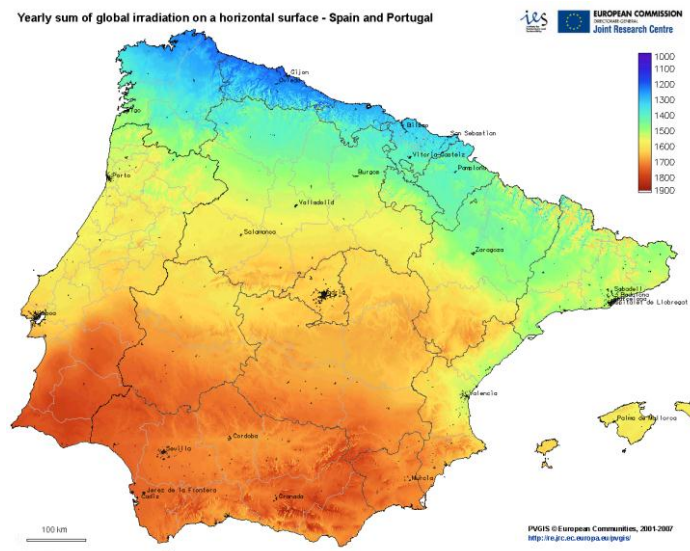


Figura 2.4 - Irradiação solar na Península Ibérica. (9)

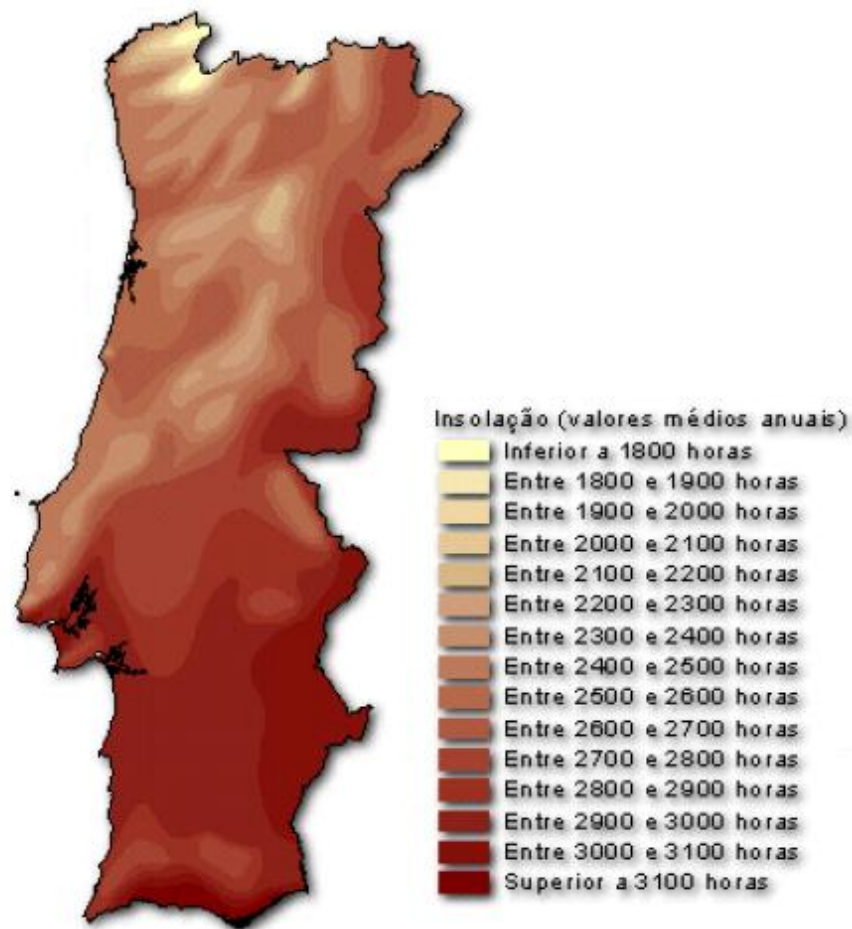
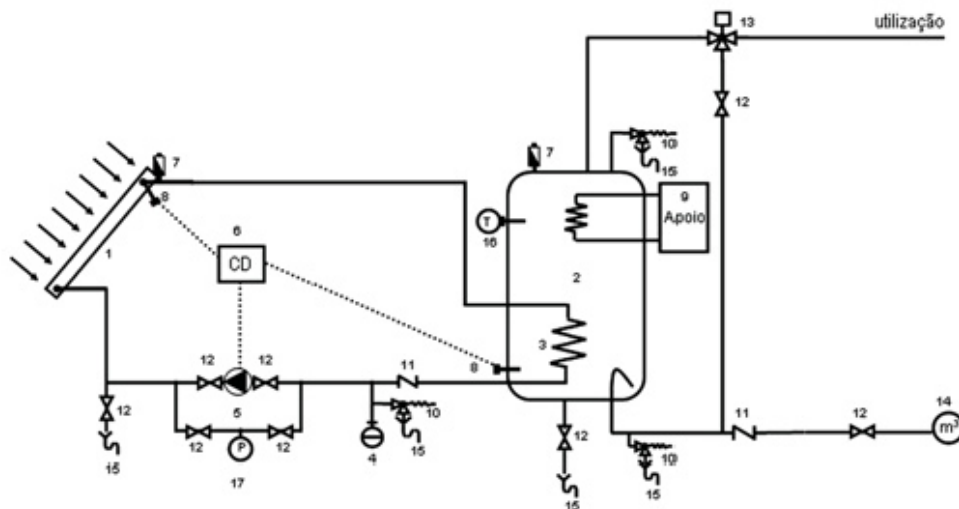


Figura 2.5 - Valores médios de insolação em Portugal. (1)

Como forma de aproveitar esta energia é apresentado no ponto seguinte alguns dos componentes principais de um sistema solar térmico.

2.2. Sistema Solar térmico

Existem no mercado várias opções para efectuar o Aquecimento de Águas Sanitárias, ou também designadas de águas quentes sanitárias, (AQS), sendo que a principal diferença dos mesmos dizem respeito à localização das unidades de apoio. Para demonstrar o que foi referido é apresentado o seguinte conjunto de imagens, Figura 2.6 a Figura 2.9.



1_collector solar; 2_deposito de acumulação; 3_permutador de calor; 4_vaso de expansão; 5_bomba circuladora; 6_comando diferencial; 7_purgador de ar; 8_sonda de temperatura; 9_energia de apoio; 10_valvula de segurança; 11_valvula de retenção; 12_valvula de passagem; 13_valvula misturadora; 14_contador de agua; 15_esgoto sifonado; 16_termometro; 17_manometro

Figura 2.6 - Instalação solar com depósito de dois permutadores internos. (10)

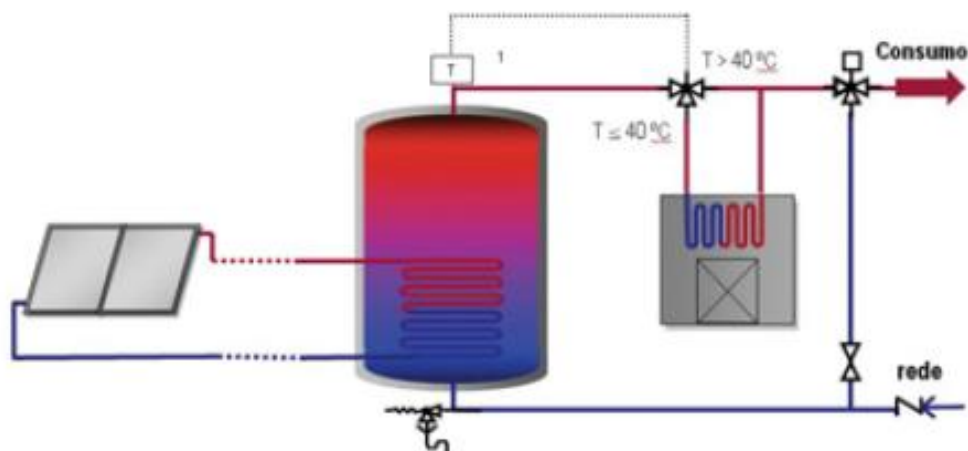


Figura 2.7 - Instalação solar com um depósito com permutador interno, unidade de apoio separada. (10)

Os dois sistemas apresentados anteriormente são sistemas usualmente aplicados em habitações unifamiliares, sendo que o primeiro caso, Figura 2.6, necessita que o ponto de consumo esteja próximo do depósito, uma vez que a unidade de apoio se encontra inserida no interior do mesmo. O depósito presente neste tipo de instalação é vulgarmente designado de depósito de dupla serpentina.

O sistema da Figura 2.7 também é bastante comum utilizar em instalações de habitações unifamiliares do tipo vivendas, onde existe a possibilidade de haver um espaço reservado para o depósito, e a unidade de apoio mais distante, instalado usualmente na cozinha. Este tipo de sistema apresenta várias vantagens em relação ao anterior, no que diz respeito ao aproveitamento da energia conservada no interior do depósito.

Uma das vantagens que este segundo sistema apresenta, é a capacidade poder ter a unidade de apoio separada do depósito, fazendo com que as perdas térmicas entre o ponto de consumo e armazenamento sejam menores.

Em termos de custos de instalação o primeiro caso é mais barato, uma vez que a unidade de apoio do segundo caso necessita de ter sensores de temperatura à entrada e à saída de forma a controlar a chama da unidade de apoio.

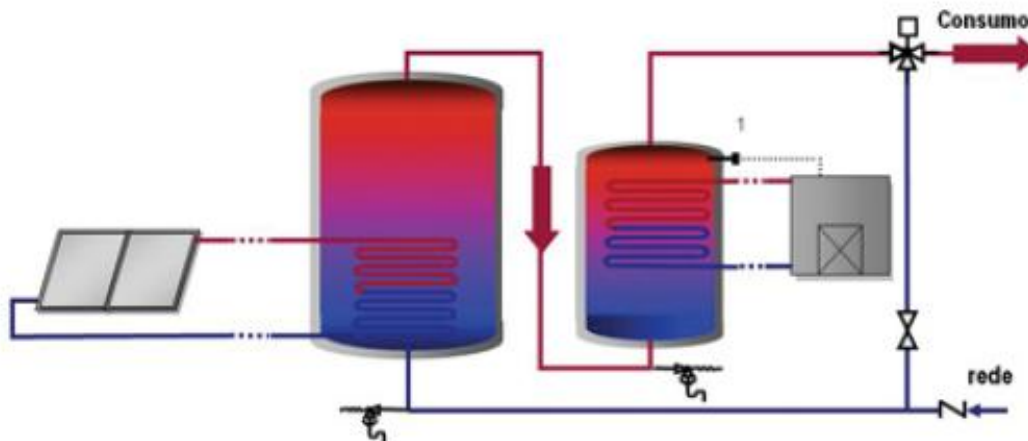


Figura 2.8 - Instalação Solar com 2 depósitos, cada um com permutador interno. (10)

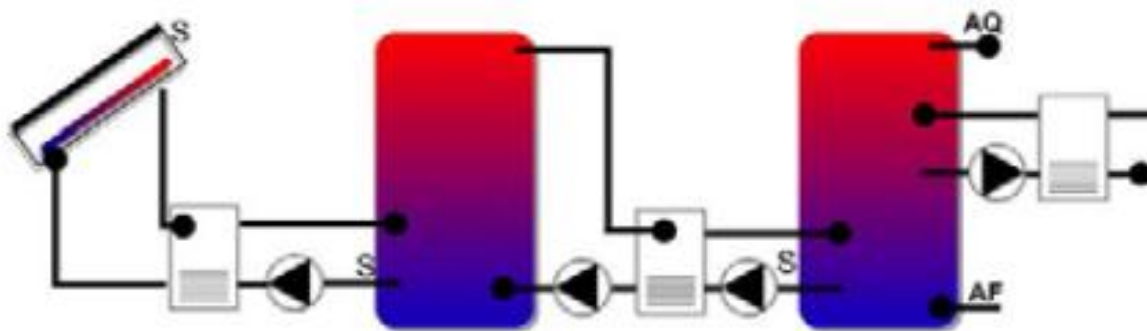


Figura 2.9 - Instalação solar com 2 depósitos, mas permutadores externos. (1)

Os sistemas apresentados na Figura 2.8 e Figura 2.9, são sistemas aplicados em médias e grandes instalações. A solução apresentada na Figura 2.8, destina-se a aplicar onde o ponto de consumo está distante do ponto de capação de radiação solar. Neste caso é usual ter um depósito junto dos colectores solares, usualmente denominado depósito solar, e outro depósito junto ao ponto de consumo. O propósito dos dois depósitos destina-se a reduzir as perdas de energia, entre o ponto de acumulação de água e o ponto de consumo.

No sistema apresentado na Figura 2.9 é um sistema em tudo idêntico ao anterior, mas com a diferença de haver permutadores externos, de placas, em vez dos permutadores internos.

A aplicação dos permutadores de placas além de aumentar o rendimento da instalação, pois a troca de calor efectuada nos permutadores é feita de uma forma mais eficiente, torna a instalação mais cara.

O encarecimento da instalação não se deve só ao preço dos permutadores de placas, mas também ao facto de que quando se efectua um sistema deste género é para instalações que não podem parar pelo que é necessário haver uma duplicação do sistema aplicado, isto é, existe a necessidade de introduzir um sistema em “*stand-by*” para quando o sistema principal estiver em manutenção, ou por qualquer motivo de paragem do sistema principal. (compreenda-se que nos sistemas em “*stand-by*” se está a referir ao grupo das bombas)

De seguida será efectuada uma breve caracterização dos vários tipos de colectores solares existentes e com maior aplicação no mercado, bem como algumas vantagens e desvantagens da aplicação dos mesmos.

2.2.1. Colectores Solares

Um colector caracteriza-se por ser uma superfície receptora, capaz de transferir a maior parte de irradiação solar recebida para o resto do sistema. Existem vários tipos de colectores solares, como por exemplo:

- Plano;
- CPC – Colector Parabólico Concentrador;
- Vácuo;

2.2.1.1. Plano

Podem ser divididos em dois tipos com e sem cobertura, os mais utilizados são os com cobertura. Este tipo de colectores solares pode ser caracterizado com recurso à seguinte imagem:

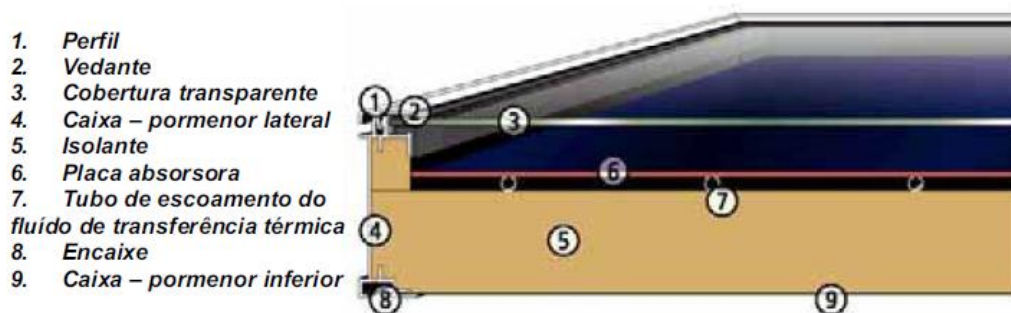


Figura 2.10 - Caracterização do coletor solar plano. (1)

- Cobertura transparente – esta cobertura serve para provocar o efeito de estufa, reduzir as perdas de calor. Assim sendo a cobertura deve possuir uma elevada transmissibilidade e baixa reflexão (baixa emissividade), sendo que também deve ser resistente o suficiente para tolerar elementos que possam danificar a cobertura, provenientes do meio ambiente. O seguinte quadro, Tabela 2.1, mostra as vantagens e desvantagens de dois tipos de coberturas.

Cobertura	Vidro	Plástico
Transmissão	Estabilidade a longo prazo	Deterioração
Estabilidade mecânica	Estável	Estável
Preço	Elevado	Baixo
Peso	Elevado	Baixo

Tabela 2.1- Vantagens e desvantagens das coberturas. (1)

- Placa absorvora – é constituída por um conjunto de tubos metálicos, em serpentina, em serie¹ ou em paralelo. As placas absorvoras podem ser em chapa moldada, ou em tubos prensados. Estas placas são revestidas com um material especial que aumenta a absorção da radiação. Este tipo de acabamento é denominado por placas selectivas.

Mas existem vários tipos de placa absorvoras observe-se a seguinte tabela, com registo das vantagens e desvantagem de cada uma das mesmas, Tabela 2.2.

Modelo de absorvora	Vantagens	Desvantagens
Absorvora Roll-bond	Boas propriedades térmicas, separação de materiais – reciclagem simplificada	Sujeito a corrosão do alumínio em contacto com tubo de cobre
Faixa absorvora com tubo de cobre soldado	Tamanho flexível e barato	Muitos pontos de soldadura
Absorvora com sistema de tubo prensado entre duas folhas de metal	Separção de materiais – reciclagem simplificada	Custo elevado de produção por causa das ligações
Absorvora com sistema de tubos “clipados”	Tamanho flexível – taxa de escoamento flexível	Baixa optimização de transferência de calor
Absorvora de escoamento total em aço inoxidável	Optimização óptima de calor para o líquido	Peso elevado e inércia térmica
Absorvora em serpentina	Dois pontos soldados no sistema de tubos	Elevadas perdas de pressão em relação ao absorvora de superfície total
Absorvora de superfície total	Baixas perdas de pressão em relação ao absorvora em serpentina	Muitos pontos de soldadura no sistema de tubos, preço elevado
Absorvora de superfície total	Baixas perdas de pressão em relação ao absorvora em serpentina	Muitos pontos de soldadura no sistema de tubos

Tabela 2.2- Vantagens e desvantagens dos vários tipos de placas absorvoras. (1)

- Isolante – Tem como finalidade de impedir/reduzir ao máximo as perdas de calor por condução térmica entre a caixa e a placa absorvora. Normalmente são utilizados os seguintes materiais como isolante: poliuretano, poliuretano isento de CFCs, lã de rocha ou a lã de vidro.
- Caixa isoladora – Serve para reduzir as perdas de calor, dar rigidez à construção e proteger a mesma contra os agentes exteriores. Na tabela que se segue, tabela 2.3, encontram-se vantagens e desvantagens de alguns tipos de materiais utilizados para a construção das caixas isoladoras.

¹ Este tipo de disposição dos tubos também é conhecido como a disposição em harpa.

Caixa	Alumínio	Aço	Plástico	Madeira envernizada
Peso	Baixo	Elevado	Médio	Elevado
Construção	Fácil	Fácil	Médio	Difícil
Consumo energético	Alto	Baixo	Médio	Baixo
Custo	Alto	Baixo	Baixo	Médio
Outros	Aumento do tempo de recuperação energética e reciclável	Raramente utilizado	Pouco Utilizado	Material ecológico, apenas instalações integradas no telhado

Tabela 2.3- Vantagens e desvantagens dos vários tipos de caixas isoladoras. (1)

- Vedante – O vedante não só serve para proteger o equipamento, mas para manter o rendimento dos mesmos, visto que a entrada de água, poeiras e/ou insectos podem danificar quer os materiais no interior do colector quer a transferência de calor para o fluido, tendo assim um impacto directo no rendimento. Usualmente os vedantes são de EPDM ou de silicone. Normalmente o tempo de vida útil do colector é determinado pela qualidade do vedante.

2.2.1.2. CPC

Estes colectores são caracterizados por uma geometria diferente dos outros tipos de colectores, esta é gerada pelo seu modo de funcionamento e de construção. A sua construção é efectuada tendo por base uma superfície parabólica, sendo que “no centro” da mesma passa o tubo que transporta o fluido térmico. A parábola tem uma superfície reflectora, semelhante a um espelho, que concentra a radiação no tubo onde passa o fluido térmico. Para melhor se perceber observe-se a Figura 2.11.

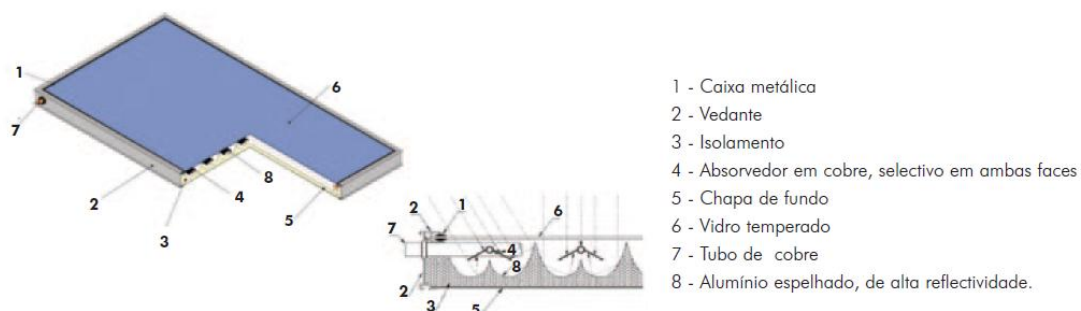


Figura 2.11 - Exemplo de um CPC e dos seus constituintes. (10)

2.2.1.3. Colector de vácuo

Estes colectores solares caracterizam-se por terem fluido térmico a circular em tubos coaxiais, sendo estes constituídos por uma tubagem exterior “transparente” à radiação e por uma interior de superfície escura, para melhor absorver a radiação solar. Entre as duas tubagens existe vácuo, como forma de aumentar a condução de energia para fluido térmico. Para melhor perceber a descrição atrás efectuada observem-se as Figura 2.12 e Figura 2.13.



Figura 2.12 - Colector solar de vácuo. (1)



Figura 2.13 - Constituintes de um tubo de um colector solar de vácuo. (1)

Existem dois tipos de painéis de vácuo, os de fluxo directo e os de separação de fluido. Os primeiros, de fluxo directo, caracterizam-se pelo fluido térmico que circula no interior dos tubos, ser o mesmo que circula no resto do circuito hidráulico. Sendo que o fluido térmico é conduzido através de um sistema de tubos coaxiais para a base do absorber e depois para a caixa colectora. Normalmente este circuito caracteriza-se por utilizar tubos em U.

Os segundos tipos de colectores caracterizam-se pelo facto do fluido térmico estar separado do fluido de consumo. No entanto o princípio de funcionamento é idêntico ao anterior.

De forma a se poder comparar os vários tipos de colectores anteriormente descritos observe-se a seguinte imagem, Figura 2.14, que permite verificar as diferenças de temperatura permitidas por cada colector.

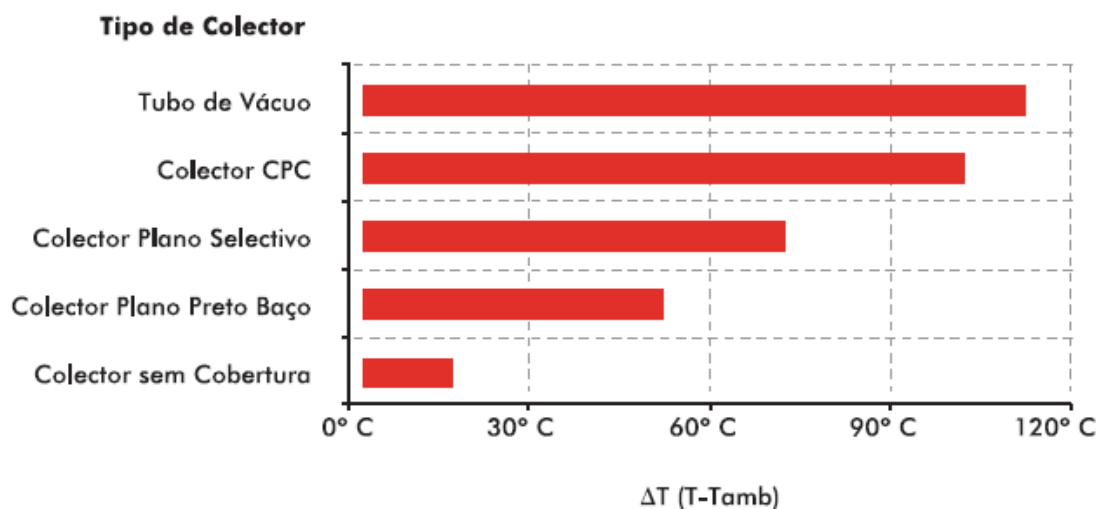


Figura 2.14 - Variação para cada tipo de permutador. (11)

Da análise da figura anterior pode-se constatar que os colectores que permitem maior variação de temperatura são os de vácuo e os que permitem menor variação são os de colectores planos sem cobertura.

Da imagem anterior temos que o “colector sem cobertura” é o melhor a ser utilizado em aquecimento de água para piscinas onde é necessário uma pequena variação de temperatura, cerca de 5°. Este colector não é mais que um colector plano sem a placa de cobertura transparente.

No que se refere ao aquecimento de AQS, pode observar-se que o colector plano com cobertura é uma boa aposta quando se pretende uma variação até 40°, sendo que após esse ponto a melhor opção serão os colectores de vácuo.

Para os processos em que o diferencial de temperaturas seja superior aos 100°C a melhor opção é o colector de tubos de vácuo.

2.2.2. Modo de ligação entre colectores

Em instalações solares térmicas nem sempre é possível implementar apenas um colector solar que cumpra com os requisitos das instalações, assim sendo, surge muitas vezes a necessidade de ligar de forma conjunta os colectores solares. Estas ligações têm não só de garantir um potenciamento do rendimento colectivo dos colectores mas também trazer equilíbrio hidráulico à instalação. As ligações podem ser em:

- Série;
- Paralelo;
- Paralelo em canais
- Misto.

As ligações em série são caracterizadas por ligar a saída da fonte quente do primeiro colector à entrada de fonte fria do segundo colector, passando depois para os restantes colectores, seguindo o mesmo princípio atrás descrito. Com este tipo de ligação tem-se o melhor rendimento no primeiro colector, sendo que depois este vai baixando ao longo da passagem pelos vários colectores existentes no circuito.

Assim sendo e segundo Roriz (7 p. 129) temos a seguinte tabela, Tabela 2.4, de vantagens e desvantagens deste tipo de ligação.

Vantagens	Desvantagens
Adapta-se a qualquer tipo de colector: plano serpentina e harpa, CPC, tubos de vácuo	Baixo rendimento
Baixo custo de instalação	Custos de energia de apoio elevado
Instalação simples	Número limitado de colectores montados em série (por perda de carga elevada)

Tabela 2.4 - Vantagens e desvantagens da ligação em série.

De forma a se perceber melhor o que foi explicado anteriormente deve-se observar a seguinte imagem, Figura 2.15:

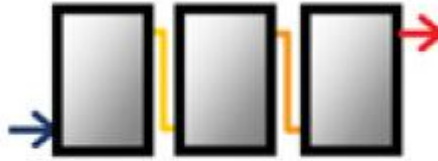


Figura 2.15 - Ligação em série de colectores. (10)

Nas ligações em paralelo cada painel trabalha de forma independente, ou seja, existe uma linha de admissão e de escoamento comum, sendo que para cada painel é efectuada uma derivação, tanto para a admissão como para o escoamento. Caso todos os colectores sejam do mesmo modelo, a temperatura de saída será igual, pelo que a perda de carga dos colectores também.

Existe no entanto uma particularidade neste tipo de colectores, esse pormenor prende-se com o facto de a admissão ter de ser efectuada de forma invertida, isto para garantir um equilíbrio hidráulico, conforme o referido anteriormente e apresentado na Figura 2.18.

Da mesma forma que no caso anterior Roriz apresenta uma tabela onde descreve os aspectos positivos e negativos daquele tipo de ligação, de seguida transcreve-se uma tabela para este tipo de ligação, Tabela 2.5.

Vantagens	Desvantagens
Adapta-se a qualquer tipo de colector: plano serpentina e harpa, CPC, tubos de vácuo	Instalação medianamente complexa
Perda de carga baixa	Custos de instalação mais elevados que na ligação em série
Bom rendimento térmico	-
Custos com energia de apoio reduzidos	-
Número ilimitado de colectores montados em paralelo	-

Tabela 2.5 - Vantagens e desvantagens da ligação em paralelo. (7 p. 130)

Como forma de entender melhor a explicação da ligação em série observe-se a seguinte figura, Figura 2.16.

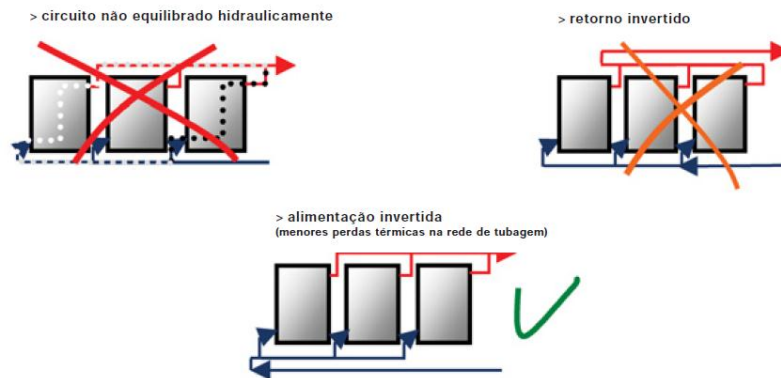


Figura 2.16 - Esquemas de montagem das ligações em paralelo. (11)

O sistema de ligação em paralelos de canais não pode ser usado com todos os tipos de colectores e também não deve ser usado com mais do que quatro colectores. O princípio de funcionamento deste tipo de ligação caracteriza-se pelo fluido térmico entrar no primeiro colector e parte do fluido segue para o colector seguinte, sendo que o remanescente é aquecido no primeiro colector, este processo repete-se até ao último colector.

Como foi apresentado nos casos anteriores segue-se uma tabela com os benefícios e os inconvenientes deste tipo de ligação, tabela 2.7.

Vantagens	Desvantagens
Perda de carga baixa	Não se podem ligar mais de quatro painéis, entre si
Bom rendimento térmico	Não se adapta a todos os tipos de colectores
Baixo custo de montagem	-
Custos com energia de apoio reduzidos	-
Instalação simples de executar	-

Tabela 2.6 - Vantagens e desvantagens da ligação em paralelo de canais. (7)

De seguida será apresentada uma imagem que tentará clarificar o princípio de funcionamento explicado anteriormente, Figura 2.17.

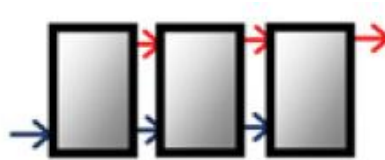


Figura 2.17 - Ligação em paralelo de canais.

No caso de se ter instalações onde as necessidades são bastante elevadas normalmente utilizam-se ligações mistas, ou seja, ligações em paralelo entre linhas de colectores e série ou paralelo de canais entre colectores do mesmo grupo.

Para se perceber a explicação fornecida observe-se a seguinte imagem, Figura 2.18.

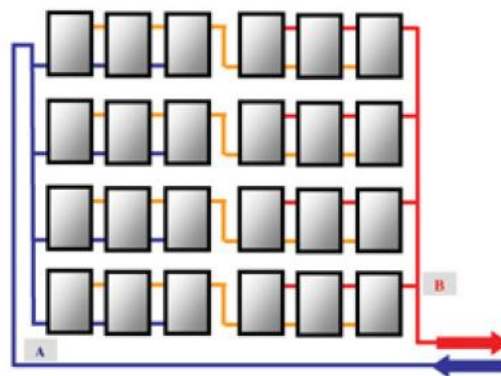


Figura 2.18 - Ligação mista de colectores. (11)

Segundo o documento do DGGE/IP-AQSpP de 2004 (11), deve-se provocar um desnível nos colectores de forma a facilitar a saída de bolsas de ar, o desnível deverá ser de 2mm por colector, observe-se a Figura 2.19.

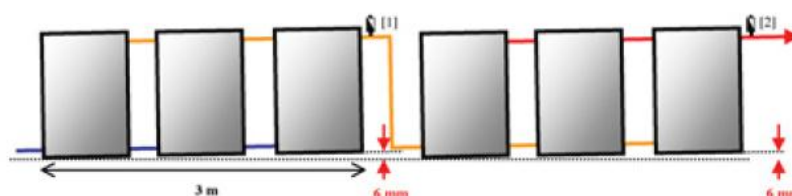


Figura 2.19 - Montagem de baterias de colectores. (11)

3. Caso de estudo

3.1. Localização

A escola a implementar o sistema solar térmico para AQS situa-se no distrito de Leiria, Concelho e localidade da Marinha Grande, na Rua Professor Bento Jesus Caraça, na Escola Básica Guilherme Stephens.² No entanto observe-se a Figura 3.1, onde está delimitado a vermelho o espaço confinado à escola.

A escolha desta escola deveu-se ao facto de a mesma ainda não ter sido abrangida pelo programa do Governo português denominado “Parque Escolar”.

3.2. Caracterização do edifício

A escola é constituída por 7 edifícios todos separados, sendo um deles o pavilhão polidesportivo. Os pontos de consumo de AQS são: o edifício onde se encontra o refeitório e o pavilhão polidesportivo. Estes encontram-se definidos pela imagem que em seguida é apresentada, Figura 3.1.

Todos os espaços são para leccionar aulas excepto o edifício central, que tem dois pisos e onde se situa o refeitório e os serviços administrativos.

O pavilhão polidesportivo é caracterizado por ter três zonas separadas, uma para os docentes e duas para os alunos, estando esta última separada em vestiários masculinos e femininos.

² Uma imagem referente à escola já foi apresentada no ponto 1.3, sendo a mesma a Figura 1.2



Figura 3.1 - Localização dos pontos de consumo. (5)

3.3. Consumos de água quente

Antes de dar início às simulações propriamente ditas convém referir que foram efectuados inquéritos a todas as turmas da escola em questão, o mesmo encontra-se no Apêndice C.I, como forma de se obter, não só um perfil de consumo, mas também obter um valor percentual do número de alunos que tomam banho.

Assim obteve-se o valor médio de 51% de alunos que tomam banho depois das aulas de educação física e um valor médio de 13% de alunos que tomam banho depois das aulas de desporto escolar. Perante esta discrepância tão grande e sabendo que o valor utilizado pelo “Parque Escolar”, que é de 8%, optou-se por se utilizar o valor de 13% para este projecto, sobredimensionando assim o valor do “Parque Escolar” em 60%.

Do mesmo levantamento verificou-se que existem 13 turmas a serem leccionadas, até à data dos inquéritos, tendo um valor médio de 23 alunos por turma e com uma média por banho de 9 min. No entanto, visto o número máximo de alunos ter sido aumentado pelo Ministério da Educação e Ciência para 28 alunos, optou-se por efectuar um sobredimensionamento, passando os alunos de 23 para 28 alunos.

Assim e com recurso ao anexo IV do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, foi utilizado o valor de 0,1 l/s para o consumo efectuado numa bateria de chuveiros.

Foi ainda considerado que a escola estaria aberta de segunda a sexta, das 08h até as 20h fazendo 8 blocos de 1:30, sendo que um destes blocos seria destinado para a almoço.

Para o consumo de água quente efectuado na cozinha foi utilizado o valor do número de refeições servidas no ano lectivo 2011/2012, sendo que esse valor foi de 69435 refeições, e o valor de consumo de água quente utilizada por refeição foi retirado do anexo E do relatório de Thrasher, W.H e DeWerth, D.N., (12 p. 200), sendo o mesmo de 2,4 galões de água quente por refeição, aproximadamente 9,08 l por refeição. Além destes pressupostos também foi considerado que a cozinha estaria aberta 220 dias, iniciando o seu funcionamento às 8h e cessando o mesmo às 16h.

Assim como forma de apresentar os valores atrás referido apresenta-se a seguinte tabela resumo, sendo que as tabelas que a geraram estão apresentadas no Apêndice C.II.

Total Banhos	Resultados
Número de alunos máximo	28
Percentagem máxima de alunos que tomam banho	13%
Variação	0%
Percentagem a utilizar de alunos que tomam banho	13%
Número máximo a utilizar de alunos que tomam banho simultaneamente	4
Total diário de alunos que tomam banho	21
Total mensal de alunos que tomam banho	462
Duração horária máxima dos banhos [min]	10
Desvio da duração dos banhos [min]	1
Duração horária máxima utilizada dos banhos [min]	9
Duração diária total [min]	210
Duração mensal dos banhos [min]	4620
Quantidade de Água utilizada	
Por banho [l]	54
Por dia [l]	1260
Por mês [l]	27720
Total Refeitório	Resultados
Total de dias do 1º Período	66
Total de dias do 2º Período	66
Total de dias do 3º Período	88
Total de dias	220
Refeições servidas diariamente	316
Refeições servidas mensalmente	6944
Refeições no 1º Período	20856
Refeições no 2º Período	20856
Refeições no 3º Período	27808
Consumo de água quente por refeição [l]	9,08
Consumo total de água quente diário [l]	2869,28
Consumo total de água quente horário [l]	358,66

Tabela 3.1 - Consumos de água quente considerados.

3.4. Simulações

As simulações executadas foram efectuadas tendo por base vários cenários, sendo que nesses cenários optou-se por se variar os seguintes elementos:

1. Colectores Solares;
2. Capacidade do depósito solar;
3. Viabilidade económica do sistema aplicado.

No primeiro caso efectuou-se a variação dos colectores solares sendo a mesma efectuada entre 3 modelos de duas marcas. Os pressupostos utilizados para a dita comparação estão no Apêndice C.III. Apresenta-se de seguida um gráfico, resumo das simulações, Gráfico 3.1.

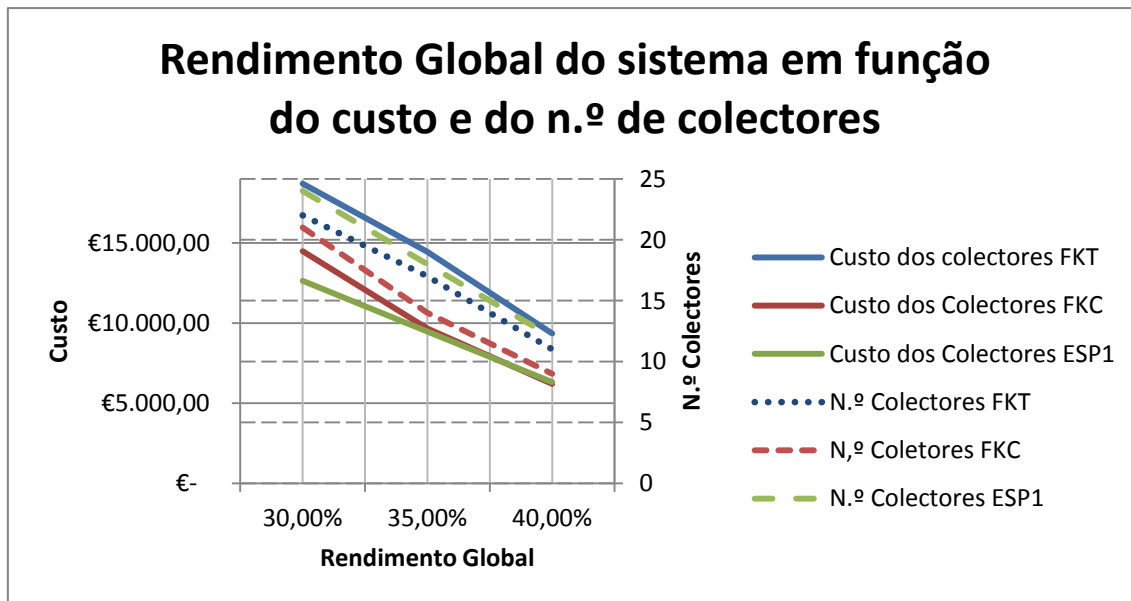


Gráfico 3.1 - Rendimento Global do sistema em função do custo e do n.º de colectores.

Da análise do gráfico pode-se retirar que a melhor opção para a escolha dos colectores são os colectores da marca Solargus, modelo ESP1 (linha a cheio da cor verde), visto que independentemente do rendimento global anual do sistema, estes colectores têm quase sempre o menor custo associado.

Optou-se por se efectuar a comparação em função ao rendimento global anual do sistema, visto este ser um parâmetro mais estável em todas as simulações dos painéis.

Para a selecção do depósito solar efectuaram-se 4 simulações variando a capacidade do depósito solar em função de 3 perfis de consumo diferentes.

A variação dos consumos efectuada foi no primeiro caso só com o perfil de consumo de 13% durante os dias de semana, sendo que os fins-de-semana e os meses de Agosto e Setembro não tinham consumo. No segundo caso introduziram-se consumos em Agosto e Setembro como consumos de fins-de-semana, para os dias de semana, e houve também a introdução do perfil de consumo de fim-de-semana, para os fins-de-semana. A variação que se efectuou para o último caso, foi apenas de se retirar os consumos de dias de semana referentes aos meses de Agosto e Setembro do caso anterior.

Obtiveram-se assim os seguintes gráficos das receitas em função da capacidade dos depósitos solares, sendo que os pressupostos dos mesmos se encontram no Apêndice C.IV.

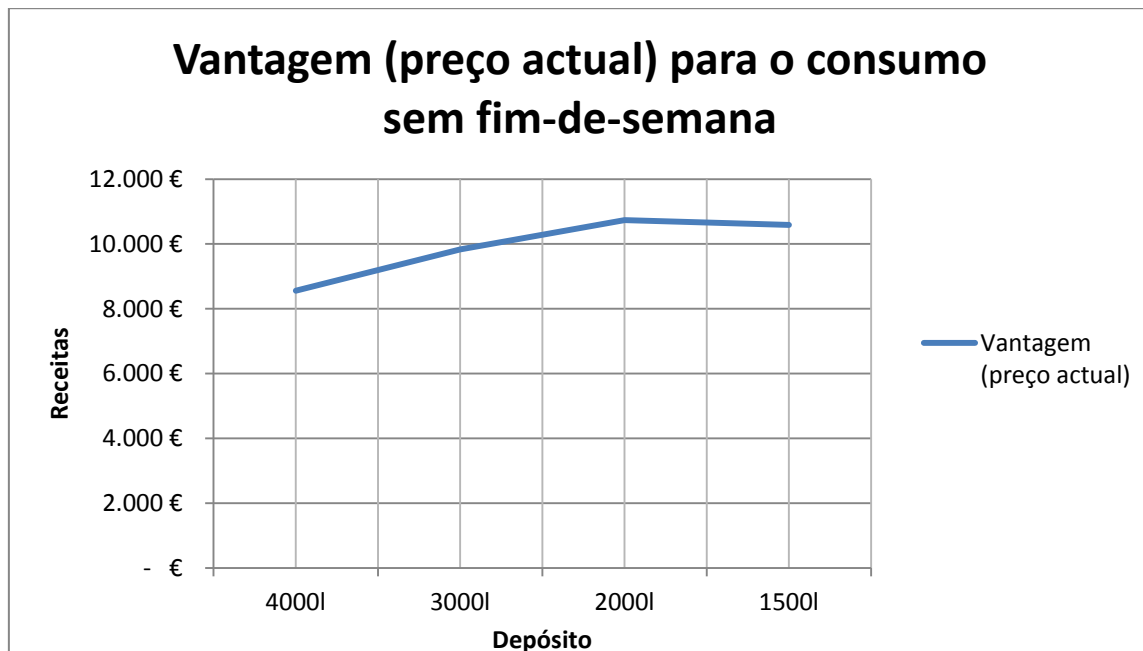


Gráfico 3.2 - Receitas a preço actual para o consumo sem fim-de-semana.

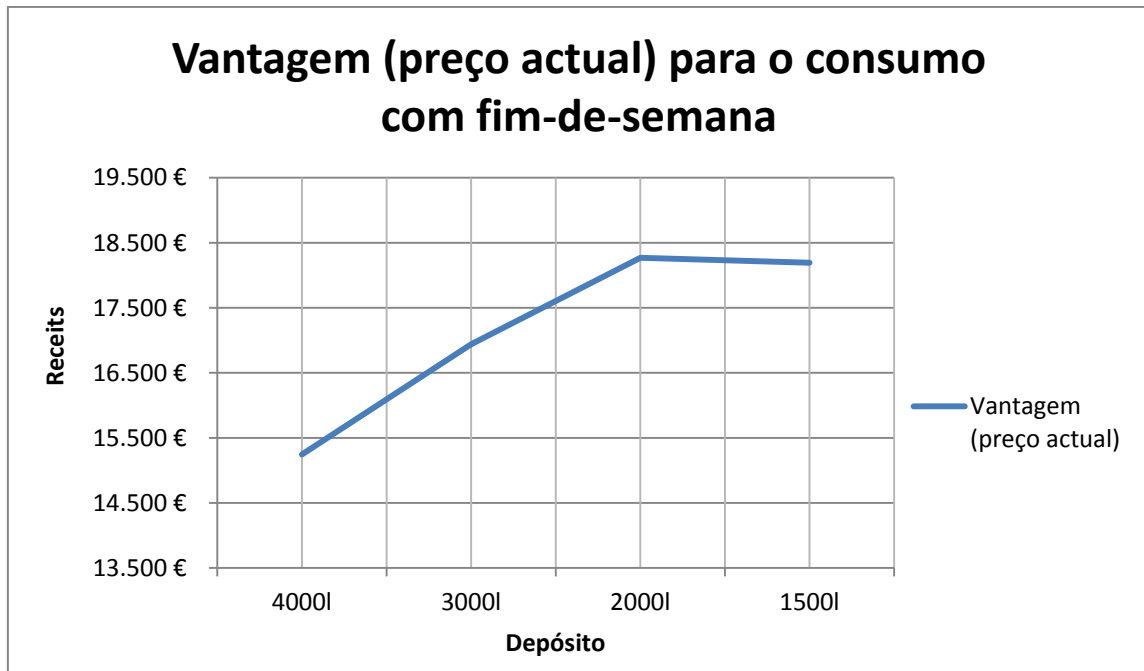


Gráfico 3.3 - Receitas a preço actual para o consumo com fim-de-semana.

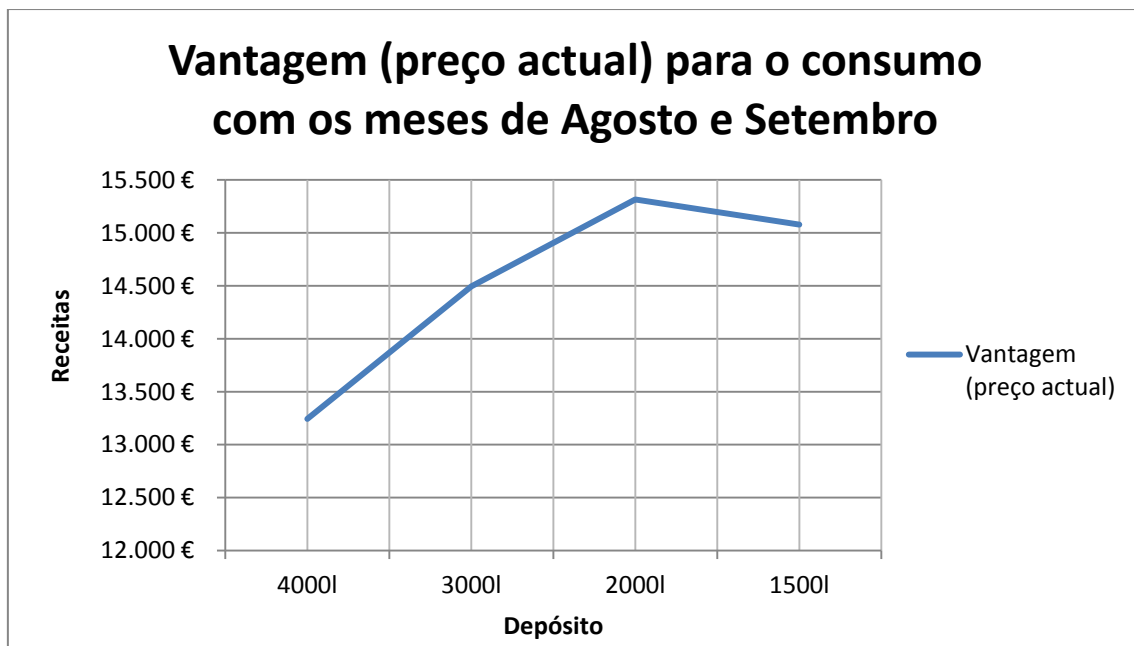


Gráfico 3.4 - Receitas a preço actual para o consumo com os meses de Agosto e Setembro.

Pela análise dos gráficos pode-se observar que em todos os casos o depósito solar que irá trazer maior vantagem/receita será o de 2000l, pelo que será este o utilizado.

Após a selecção dos colectores solares e do depósito solar foi iniciada a simulação económica como forma de se observar quais as receitas do sistema a aplicar e respectiva viabilidade do sistema.

Para esta análise foi considerado o segundo perfil de consumo mencionado no caso anterior, em virtude de ser este o perfil de consumo que mais se aproxima à realidade.

A nível de colectores foram seleccionados os colectores da Solargus, ESP1, pelas razões mencionadas na comparação de colectores. Pela mesma razão foi seleccionado o depósito solar de 2000l.

A análise económica foi efectuada tendo por base o separador de mesmo nome do programa utilizado, SolTerm, sendo que as considerações necessárias para efectuar a referida análise encontram-se no Apêndice D.I..

Para esta análise foram considerados dois casos um onde existe capital próprio e uma outra análise recorrendo ao crédito bancário. Para o primeiro caso mencionado obteve-se a vantagem/receita apresentada na figura que se segue, Figura 3.2:

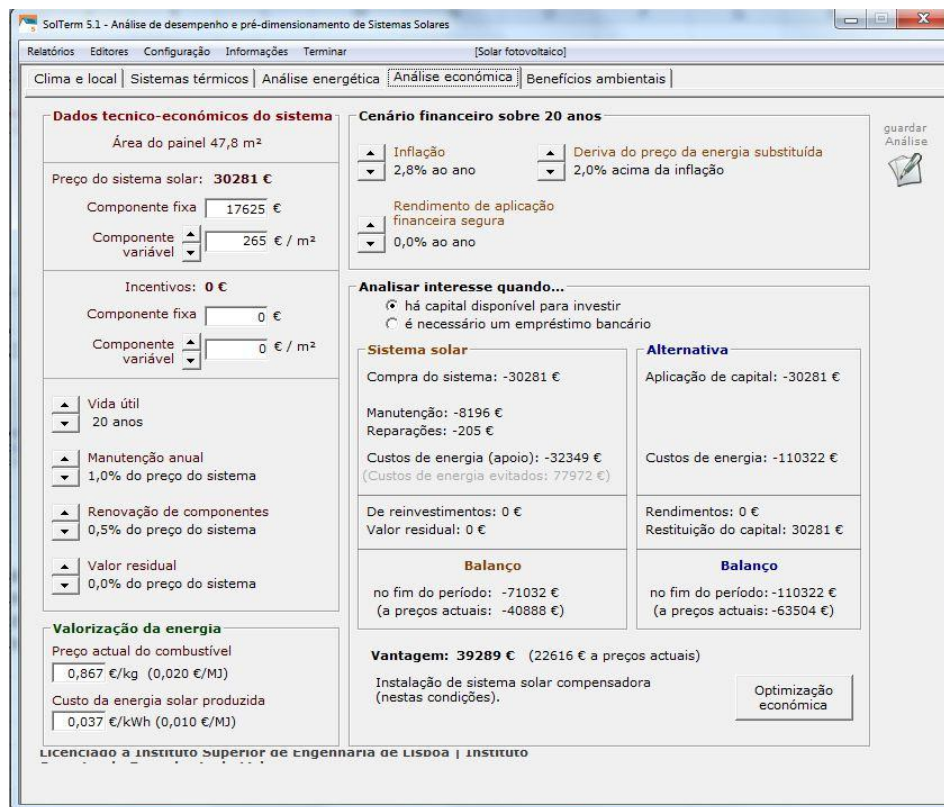


Figura 3.2 - Análise económica com capital próprio.

Para o caso com recurso ao crédito bancário a vantagem obtida é a apresentada na figura que se segue, Figura 3.3.

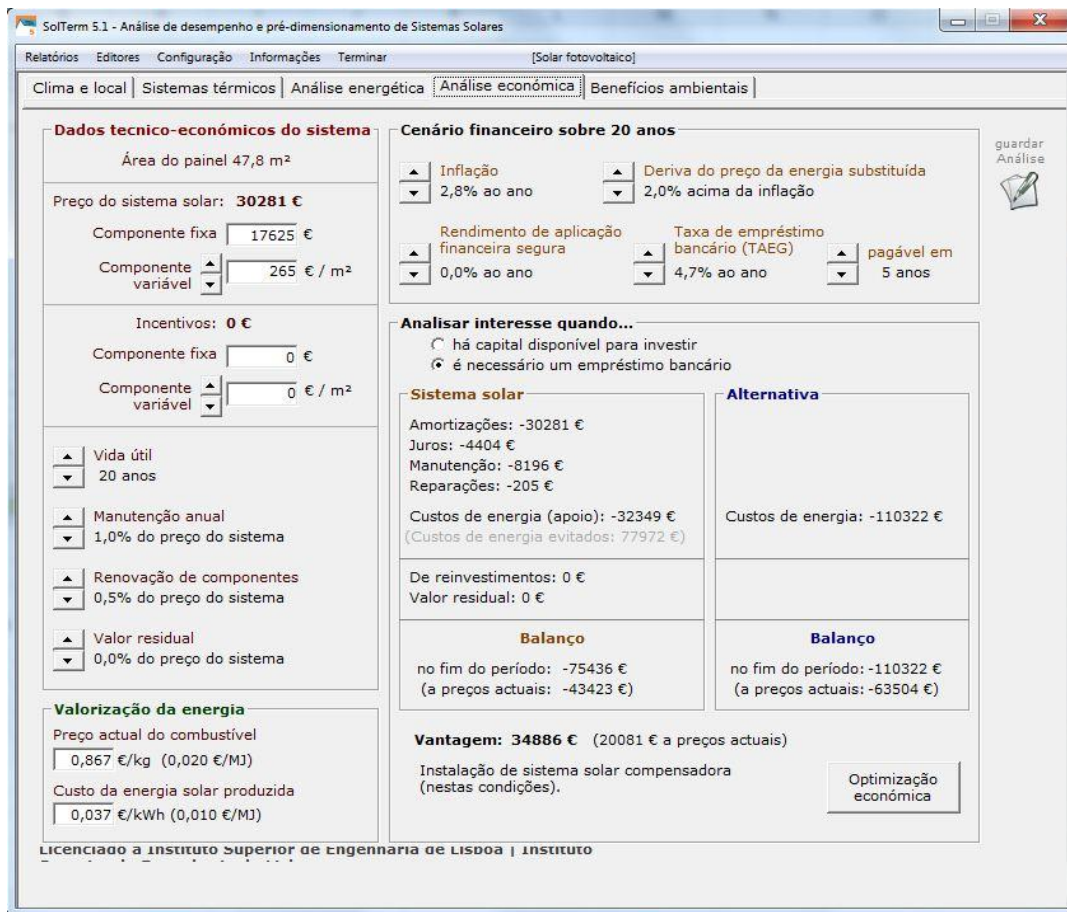


Figura 3.3 - Análise económica com recurso a empréstimo bancário.

Poder-se-á concluir da análise destas duas imagens, que o sistema a aplicar apesar de gerar receita não é o suficiente para o pagar. Observe-se a seguinte tabela, Tabela 3.2, onde se encontram alguns indicadores económicos.

Período de Recuperação do Capital com capital próprio [anos]	PRC	26
Taxa de Índice de Rentabilidade com capital próprio	TIR	-0,14%
Valor Actual Líquido com capital próprio	VAL	-8.748,18 €
Período de Recuperação do Capital com empréstimo [anos]	PRC	29
Taxa de Índice de Rentabilidade sem capital próprio	TIR	-1,18%
Valor Actual Líquido sem capital próprio	VAL	-12.933,18 €

Tabela 3.2 - Indicadores económicos.

Para uma análise mais detalhada sobre os valores apresentados na Tabela 3.2, aconselha-se a observação do Apêndice C.V.

3.5. Sistema aplicado

O sistema aplicado será do tipo apresentado na Figura 2.8, mas terá algumas diferenças, nomeadamente irá contemplar dois depósitos de AQS, um para alimentação da cozinha e outro para a alimentação do pavilhão polidesportivo. Além desta diferença a unidade de apoio será do tipo caldeira, representado na Figura 2.7.

3.5.1. Colectores Solares

Irão ser instalados colectores solares de alto rendimento, na cobertura do pavilhão C, conforme peças desenhadas, no Apêndice A. Os colectores irão ser colocados sobre uma estrutura metálica apropriada fixa à cobertura e deverão ter uma inclinação com a horizontal de 40° sendo orientados a SUL.

Sobre a cobertura serão então aplicados 24 colectores que permitem o aquecimento da água do depósito solar com um volume de 2000 litros. Estes colectores serão de alto rendimento, com caixa exterior em chapa de alumínio, de modo a resistir à radiação directa.

A caixa será totalmente revestida no seu interior do material isolante do tipo lã mineral com 50 mm de espessura. O vidro será do tipo vidro solar com 4 mm de espessura.

A grelha de tubos para a circulação da água será em cobre com dois tubos horizontais de diâmetro de 22 mm e 10 tubos verticais de 8 mm de diâmetro, sendo que a sua superfície será de um acabamento selectivo.

No seu conjunto, os colectores deverão ser capazes de resistir a uma temperatura de estagnação de 200°C .

Os colectores solares deverão ser fornecidos com as respectivas estruturas de suporte e apoio. A fixação destes deverá ser efectuada à estrutura de fibrocimento presente na da cobertura do referido pavilhão, ficando estes com uma inclinação de 40° em relação à horizontal e virados a Sul.

As estruturas e parte metálicas, bem como o sistema de fixação ao fibrocimento devem possuir protecção anticorrosiva, devendo ser dimensionadas de modo a suportar o peso próprio dos colectores em funcionamento nominal e ventos até cerca de 130 km/h.

A tubagem do circuito fechado dos colectores será em cobre, sendo este circuito abastecido com água glicolada, com uma proporção em volume de 25% de glicol e 75% de água, e à saída dos colectores solares será instalada uma válvula de segurança de modo a descarregar o vapor de água que porventura se forme no Verão, se a instalação estiver desligada por um período de tempo significativo.

O sistema de enchimento/compensação do circuito primário dos colectores deverá estar de acordo com as normas da EPAL e as normas europeias EN 1717 e EN 12729, de modo a poluição da água da rede.

As características técnicas dos colectores considerados são as seguintes:

- Rendimento óptico – 0,80.
- Coeficiente de perda linear – 3,90 W/m²°C.
- Coeficiente de perda secundário – 0,009 W/m²°C.

A água glicolada é aquecida no circuito primário através da radiação solar captada pelos colectores é encaminhada para o depósito de energia solar, depósito de água solar (**D1**), onde será efectuada a permuta de calor, através de um permutador interno, para a água. Este circuito é composto pelo grupo de bombas, painéis solares, depósito solar, tubagens de ligação e por equipamentos de controlo, comando, monitorização e segurança.

No circuito primário dos colectores solares será instalada uma bomba de circulação de água, **B1**, para provocar o movimento da água entre os colectores e o permutador de calor incorporado no depósito solar, conforme peças desenhadas e apresentadas na Figura 3.4.

A bomba, deverá ser da marca Wilo ou equivalente, modelo Star-RSL 25/06, com um caudal de água de cerca de 0,564 l/s; 2,64 m.c.a. de altura manométrica; um motor eléctrico com um consumo de 98,9 W - 230 V.

O sistema de controlo do circuito primário dos colectores solares, será constituído por duas sondas de temperatura, uma no depósito **D1** e outra na saída de cada uma das fiadas de colectores, conforme peças desenhadas.

Quando a temperatura da água de saída dos colectores for superior em 6°C à temperatura da água do **D1**, o sistema **UC1** faz arrancar a bomba **B1**. Logo que esta diferença seja inferior a 2°C , a bomba pára. A diferença de temperatura deve ser regulável.

A temperatura definidas como óptima para a água no depósito é de 80°C .

Haverá casos em que o depósito atinja uma temperatura superior á definida e nesse caso irá entrar em funcionamento a unidade de dissipação de calor. Este sistema deverá entrar em funcionamento principalmente nos meses em que a escola estará fechada, nomeadamente última quinzena de Julho, Agosto e primeira quinzena de Setembro. Esta unidade entrará em funcionamento quando a temperatura do depósito for de 85°C e irá cessar o seu funcionamento quando a temperatura for de 80°C .

O sistema de controlo **UC1** será instalado na central térmica, junto ao quadro eléctrico.

A marca de referência dos colectores considerados neste Projecto foi, Solargus, modelo ESP1. Refere-se no entanto, que os colectores deverão possuir a certificação “Solar Keymark” e/ou “Certif”.

As marcas apresentadas são meramente indicativas, pelo que outras marcas e/ou modelos poderão ser utilizadas desde que verifiquem as condições técnicas acima descritas.

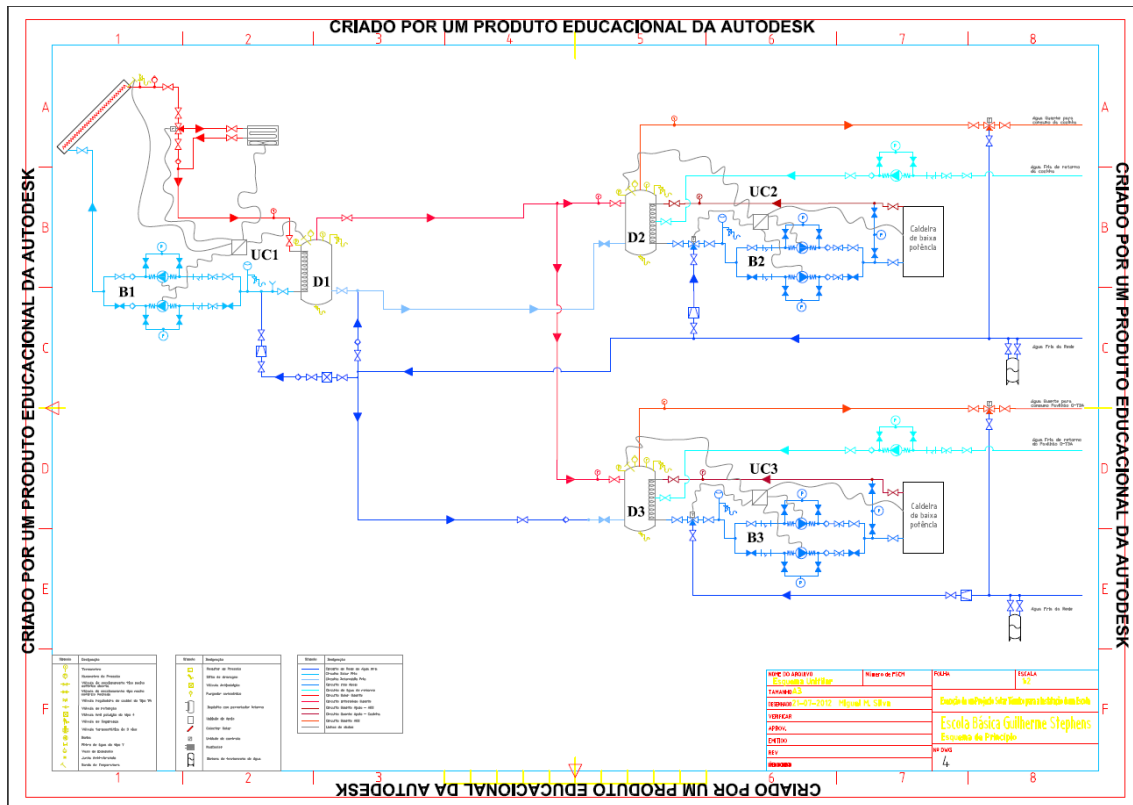


Figura 3.4 - Esquema de princípio.

3.5.2. Caldeira

Foram previstas duas caldeiras, para o apoio dos depósitos de acumulação, sendo que as duas caldeiras foram introduzidas nos edifícios onde se irá efectuar o consumo, nomeadamente no edifício C (edifício onde se situa a cozinha) e no pavilhão G-T3A (pavilhão polidesportivo), conforme peças desenhadas.

A caldeira será do tipo mural de condensação estanque, com queimador modulante de alto rendimento, a gás natural, acendimento automático, controlo de chama por sonda de ionização, módulo hidráulico que é composto por uma bomba de circulação de água, uniões para a bomba, grupo de enchimento automático, purgador de ar automático, vaso de expansão, válvula de segurança com manómetro, válvula de pressão diferencial e diversos acessórios entre os quais se destacam o quadro programável, diferentes tipos de válvulas, bem como todos os sistemas de segurança necessários ao seu perfeito funcionamento incluindo a possível falha de chama por termopar.

Condições de funcionamento:

- Temperatura de saída da água da caldeira: $T = 80^{\circ}\text{C}$; $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$.
- Potência de aquecimento:
 - Pavilhão G-T3A de 25 kW;
 - Pavilhão C de 21 kW.

A bomba de circulação de água **B2**, situada na cozinha do pavilhão C, deverá ter uma pressão total disponível à saída da caldeira de cerca de 6,84 kPa \approx 0,84 m.c.a...

O sistema de comando e controlo que será fornecido com a caldeira, sistema **UC2**, fará o seu arranque e paragem e controlo de chama da própria caldeira.

A bomba de circulação de água **B3**, situada na cozinha do pavilhão G-T3A, deverá ter uma pressão total disponível à saída da caldeira de cerca de 6,64 kPa \approx 0,81 m.c.a..

O sistema de comando e controlo que será fornecido com a caldeira, sistema **UC3**, fará o seu arranque e paragem e controlo de chama da própria caldeira.

A admissão de ar novo para a combustão da caldeira, far-se-á através de uma conduta do tipo spiro, com ligação directa à caldeira, sendo o ar novo aspirado na Cobertura. A exaustão dos gases de escape será efectuada por uma conduta de evacuação do tipo spiro isolada termicamente com manta de lã mineral de alta densidade e 30 mm de espessura, bem como forra mecânica, possuindo na Cobertura uma chaminé tipo chapéu chinês. O topo da chaminé deverá estar a cerca de 1 m acima da cumieira.

Ambas as condutas possuem um diâmetro de $\Phi = 80$ mm e ventilador incorporado.

A marca de referência da unidade considerada neste Projecto foi LuxMagna, sendo que o modelo utilizado para ambos os pavilhões foi o Monza 31 a gás natural.

3.5.3. Depósitos de Água

Serão fornecidos e instalados três depósitos de água quente, um ligado ao circuito dos colectores solares, **D1**, outro de acumulação para a cozinha, **D2** e outro de acumulação para o pavilhão polidesportivo **D3**, estando todos colocados nas áreas destinadas, conforme as peças desenhadas e apresentadas em apêndice.

Os depósitos estarão interligados entre si através de tubagem de cobre, à excepção da tubagem de água da rede que será em “**PEX multi-camada**” e em funcionamento normal da Instalação, a água da rede será introduzida na parte inferior do depósito solar **D1** e a saída da água de utilização será efectuada na parte superior do depósito **D2** e **D3**.

A água do depósito **D2** será aquecida directamente pela caldeira, sempre que a água proveniente do **D1** esteja a uma temperatura inferior a $T = 45^{\circ}\text{C}$. O sistema de funcionamento e controlo da caldeira, **UC2**, inclui uma sonda de temperatura no depósito **D2**, que fará a regulação das chamas das caldeiras em função da temperatura da água. Este sistema será fornecido com a caldeira. Um sistema idêntico será implementado para o pavilhão polidesportivo.

A bomba de circulação de água, **B2**, deverá ser da marca Wilo ou equivalente, modelo Star RS 30/04, com um caudal de água de cerca de 0,472 l/s; 0,84 m.c.a. de altura manométrica; um motor eléctrico com um consumo de 48 W - 230 V.

No caso da bomba de circulação de água, **B3**, que alimenta o circuito fechado das unidades de recuperação de energia dos Balneários, deverá ser da marca Wilo ou equivalente, modelo Star RS 15/4-130, com um caudal de água de cerca de 0,472 l/s; 0,98 m.c.a. de altura manométrica; um motor eléctrico com um consumo de 48 W - 230 V.

Na saída para a utilização, será instalada uma válvula termostática que permite a regulação da temperatura da água de distribuição, através da mistura de água fria da rede.

Os depósitos serão constituídos pelo corpo e fundos copados de geometria normalizada, que serão em chapa de aço. O corpo ou parte cilíndrica será enrolado e soldado segundo a direcção de laminagem da chapa.

Todas as soldaduras deverão ser radiografadas para assegurar a inexistência de risco de ruptura. No interior serão revestidos com uma dupla vitrificação de alta resistência, anulando assim a possibilidade de corrosão e aumentando significativamente o seu tempo de vida útil.

A água de ambos os depósitos será aquecida através de um permutador interno do tipo serpentina também revestido tanto no interior como no exterior da tubagem com a dupla vitrificação, que fará a troca de calor entre a água quente dos colectores solares (circuito primário) e a água do depósito **D1** (circuito secundário), bem como da caldeira (circuito primário) e a água do depósito **D2** (circuito secundário) e como da caldeira (circuito primário) e a água do depósito **D3** (circuito secundário).

Serão isolados termicamente na superfície exterior com espuma rígida de poliuretano injectado de alta densidade com 80 mm de espessura e com protecção mecânica exterior adequada.

Apesar de todas as precauções em termos de tratamentos anti-corrosivos, não será dispensada uma conveniente protecção catódica.

Os depósitos terão as seguintes características principais:

- Capacidade: **D1** – 2000 litros; **D2** – 800 litros; **D3** – 400.
- Pressão máxima de serviço - 8 bar.
- Pressão de ensaio - 12 bar.
- Tipo – cilíndrico.
- Posição – vertical.

NOTAS:

- a) Os depósitos, tal como referido anteriormente, deverão ser do tipo vertical em que a sua altura deverá ser aproximadamente $h = d \times 1.75$, para a devida estratificação da água.
- b) Os depósitos serão fornecidos com a respectiva protecção catódica, através de ânodo de sacrifício, sistemas de segurança e todos os acessórios necessários para o seu perfeito funcionamento.

A marca de referência da unidade considerada neste Projecto foi, Vulcano, sendo:

- Modelo MV 2000 para o depósito solar;
- Modelo MV 800 para o depósito do pavilhão C;
- Modelo MV 400 para o depósito do pavilhão G-T3A.

Os modelos apresentados são meramente indicativos, sendo que poderão ser escolhidos outros desde que se cumpram com as condições técnicas acima descritas.

3.5.4. Unidade de dissipação de calor

Para a libertação de energia acumulada no depósito do sistema solar e que poderá não ser consumida, será instalada uma unidade de arrefecimento do tipo “*rad cooler*”.

Esta unidade será colocada no exterior à intempérie, na Cobertura, conforme peças desenhadas, fixa sobre apoios apropriados.

O sistema de controlo **UC1**, fará o arranque da unidade e accionará a válvula de três vias para desviar a água quente dos colectores para o rad cooler, logo que a temperatura do depósito **D1** ultrapasse um valor pré-estabelecido, cerca de $T = 85^{\circ}\text{C}$. Assim, garantimos que nos meses de Verão quando temos menos consumo de água quente, a temperatura da água não excede os $T = 90^{\circ}\text{C}$.

Este equipamento deverá ser capaz de dissipar 27 kW de energia e para um caudal de 2 m³/h de caudal volúmico de água glicolada.

O dissipador de calor considerado foi da marca Zantia, modelo DSC 40, que deverá ser introduzido na cobertura do pavilhão C, conforme as peças desenhadas. No entanto esta marca é meramente indicativa, sendo que outras poderão ser apresentadas/instaladas desde que verifiquem as especificações técnicas em cima descritas.

NOTA:

Considera-se como parte integrante da unidade, todos os acessórios necessários para o seu perfeito funcionamento nas condições supracitadas, nomeadamente a protecção anti-corrosiva, etc.

3.5.5. Vasos de expansão

Nas linhas onde foram consideradas bombas foram também considerados vasos de expansão com a finalidade de manter a pressão nos circuitos o mais estável possível.

Foram então considerados para este projecto três vasos de expansão da marca **Wilo**, modelo **ACS CE 5**. No entanto estes equipamentos deverão ser capazes de sustentar as pressões existentes em cada circuito, nomeadamente:

- Volume nominal do circuito da bomba B1 – 3,78 m³;
- Volume nominal do circuito da bomba B2 – 0,77 m³;
- Volume nominal do circuito da bomba B3 – 0,45 m³;

3.5.6. Estação de tratamento de águas

Na linha de admissão de água da rede aos circuitos de água fria e água quente, será instalada uma estação de tratamento de água, com o objectivo de promover a sua descalcificação e o seu acondicionamento químico para o controlo de corrosão no sistema. Será instalada na Central Térmica.

3.5.6.1. Unidade de Descalcificação

Deverá ser instalada uma unidade de descalcificação constituída por uma coluna de resinas catiónicas, em poliéster reforçado a fibra de vidro e um sistema de regeneração automático controlado volumetricamente e equipado com cuba de salmoura em polietileno.

Esta unidade deverá possuir uma capacidade de interregenerações mínima de 100 °F x m³ e um caudal de ponta de 1200 l/h.

3.5.6.2. Unidade de Tratamento Químico

Esta unidade deverá prever a dosagem proporcional, ao caudal de água de reposição, de um produto químico inibidor de corrosão, adequado ao sistema em causa, constituída por contador volumétrico emissor de impulsos, bomba doseadora de elevada precisão de dosagem e cuba para o produto.

3.5.7. Rede de Tubagem

3.5.7.1. Tubagem de Água

As tubagens de água da rede consideradas neste Projecto, serão executadas em polietileno reticulado, “**PEX multi-camada**”.

3.5.7.1.1. Características Principais

As tubagens de água fria e quente são compostas por polietileno reticulado com uma folha de alumínio integrado na sua composição, o que lhe proporciona uma maior estabilidade e resistência mecânica reduzindo a sua dilatação linear. Deverá suportar pressões até 10 bar, sendo no entanto a pressão média de funcionamento de 3,0 bar aproximadamente.

Nas peças desenhadas as dimensões da tubagem estão especificadas em função do diâmetro exterior.

Todos os troços de tubagem, bem como todos os acessórios intercalados nesta, serão isolados termicamente.

Todas as singularidades aplicadas, nomeadamente curvas, T's, reduções, juntas de dilatação, etc., serão de material apropriado e fixas à tubagem com sistemas indicados pelo fabricante, de modo a garantir uma estanqueidade total à pressão de ensaio.

A protecção mecânica será constituída por uma folha de alumínio de 0,5 mm de espessura a envolver completamente o exterior da tubagem, incluindo as válvulas e acessórios intercalados nestes ramais.

A tubagem quando em percursos no exterior do edifício, será sempre encaminhada em caleira técnica visitável.

Deverão ser previstas juntas de dilatação de modo que a tubagem encaminhada nas calhas técnicas não afecte as suas fixações.

A marca de referência considerada neste Projecto foi **Wirsbo** modelo **PERT- AL- PERT** (multi – camada).

3.5.7.2. *Tubagem de Cobre*

Serão executadas em tubo de cobre sem costura isolado exteriormente. Em todos os percursos deverá ser utilizada calha metálica com tampa.

Todas as singularidades aplicadas, nomeadamente curvas, T's, reduções etc., serão soldadas à tubagem.

NOTA IMPORTANTE:

Deverão ser utilizados troços rectos sem costura. Nos pontos onde sejam efectuadas soldaduras, e sempre que se justifique serão previstas caixa de visita.

3.5.7.2.1. Isolamento

As tubagens e acessórios dos circuitos de água quente deverão ser isolados termicamente. O isolamento será de alta densidade e com a espessura apropriada.

As espessuras do material isolante a aplicar nestes casos serão os mesmos das tubagens onde os acessórios estiverem intercalados.

O isolamento terá as espessuras mínimas indicadas de acordo com o diâmetro da tubagem:

$$\phi \leq 60 \text{ mm} \Rightarrow 20 \text{ mm de espessura do isolamento}$$

Nos percursos exteriores, a espessura do isolamento será aumentada de 10 mm, segundo especificações do RSECE. Deverão também possuir protecção mecânica.

A marca de referência considerada neste Projecto foi, **ARMAFLEX DuoSolar**.

3.5.8. Válvulas e Acessórios

3.5.8.1. Válvulas Balanceadoras com Tomada de Pressão

Para calibração dos caudais de água em circulação serão aplicadas válvulas de dupla regulação com tomada de pressão, para calibração dos circuitos.

O seu dimensionamento é função do caudal e da velocidade linear da água. Assim, o seu diâmetro deverá ser confirmado com o Fabricante de modo que a sua regulação se possa efectuar nas condições nominais. Terão o corpo, obturador e sede, em bronze, com anilhas de seda ou fibra substituíveis. Terão a haste em latão de alta resistência. Deverão possuir duas tomadas de pressão para calibração dos caudais de água dos circuitos.

A marca de referência considerada neste Projecto foi, **Tour & Andersson "TA"**, modelo **STAF**.

3.5.8.2. Válvula Motorizada de Três Vias "ON-OFF"

No caso do circuito do rad cooler do sistema solar, será aplicada uma válvula motorizada de três vias do tipo "ON OFF", conforme esquema de princípio.

Estas válvulas deverão ter o corpo e órgãos internos em bronze. Deverão ser fornecidas completas, com motor eléctrico de accionamento e ligação mecânica motor-válvula. O motor deverá ser protegido por uma caixa metálica estanque à poeira e à humidade.

Na face anterior da caixa motorizada da válvula, deverá existir um ponteiro indicador de posição de abertura da válvula. A válvula deve ter a indicação de aberta, fechada e sentido de passagem do fluido.

As ligações eléctricas internas deverão ser trazidas a uma caixa terminal do tipo estanque, fixada ao corpo de motorização da válvula. A alimentação e o sistema de comando e controlo serão efectuados a partir do quadro eléctrico. As válvulas serão intercaladas no circuito através de sistema de encaixe apropriado.

3.5.8.3. *Válvula de Três Vias Termostática*

Na saída para a utilização, será colocada uma válvula de três vias termostática para regulação da temperatura da água no circuito da utilização, conforme esquema de princípio.

Esta válvula deverá ter o corpo e órgãos internos em bronze. Deverá ser fornecida completa, com sensor de temperatura na saída.

A válvula deve ter a indicação de aberta, fechada e sentido de passagem do fluido. A válvula será intercalada no circuito através de sistema de encaixe apropriado.

3.5.8.4. *Válvulas de Enchimento com Redução de Pressão*

Para proceder ao enchimento dos circuitos do sistema solar, serão instaladas válvulas de enchimento.

Terão o corpo construído em bronze e próprias para o enchimento de circuitos, com redução da pressão da água para um valor pré-seleccionado. A válvula será intercalada no circuito através de sistema de encaixe apropriado.

3.5.8.5. *Válvulas Anti-Poluição*

Na admissão da água da rede aos circuitos fechados, serão colocadas válvulas anti-poluição do tipo 4, de modo a garantir a não contaminação da água da rede com glicol. Deverá ser da marca **SYR** ou equivalente.

3.5.8.6. *Válvulas de Seccionamento do Tipo Macho Esférico*

Estas válvulas, terão o corpo, monobloco, e anéis de obturação em aço inox. Terão haste de manobra em latão de alta resistência e volante em duralumínio injectado.

3.5.8.7. Válvulas de Retenção

Terão o corpo em bronze, obturador guiado e sede.

3.5.8.8. Válvulas de Segurança

Deverão ser do tipo de mola e reguladas para pressões adequadas aos circuitos que protegem.

Estas válvulas, devem permitir o escoamento normal da água até que a pressão atinja o valor indicado. A ligação do escape das válvulas deverá ser feita para um esgoto visível.

3.5.8.9. Juntas Anti-Vibráteis

Serão de borracha apropriada para água quente, com os mesmos diâmetros que os da tubagem. Serão montadas nas ligações à caldeira.

3.5.8.10. Filtros de Água

Os filtros de água serão em forma de Y, com corpo em ferro fundido. Deverá ser de diâmetro igual ao da tubagem em que serão montados, com extremidade roscada e cesto em rede de aço inoxidável.

3.5.8.11. Purgadores de Ar

Os purgadores de ar serão do tipo automático, com corpo em latão e o conjunto boiador válvula em aço inoxidável. A saída de purga será ligada a um circuito de drenagem.

NOTA:

Serão colocados em todos os pontos mais altos dos circuitos.

3.5.8.12. *Válvula de Purga e Limpeza*

A colocar no ponto mais baixo da instalação, permitindo o esvaziamento e limpeza da rede de água de tubagem de água.

3.5.9. Instalações Eléctricas de Potência, Comando e Controlo

3.5.9.1. *Alimentações Eléctricas*

Nesta instalação todas as ligações de potência, comando e controlo da caldeira, dos grupos electrobombas e do “rad cooler”, a partir do quadro eléctrico da Central Térmica.

Está ainda incluído nesta empreitada, o fornecimento e montagem do quadro eléctrico da Central Térmica, para proteger e alimentar os diversos equipamentos.

O sistema de aquecimento por energia solar é composto por quatro unidades de controlo, sondas de temperatura e actuadores, que serão colocados junto do quadro eléctrico da central técnica de energia solar.

3.5.10. **Sistemas de Comando e Controlo**

O sistema de energia solar possuirá quatro unidades de comando e controlo, uma do circuito primário dos colectores solares, **UC1**, composto por duas sondas de temperatura, uma no depósito **D1** e outra na saída de uma fiada de colectores, de modo que quando a temperatura da água de saída dos colectores for superior em 6°C à temperatura da água do **D1**, arranca a bomba **B1** e pára logo que esta diferença seja inferior a este valor. Para proceder à libertação de energia, caso o consumo de água quente nos meses de Verão seja baixo, será instalado o sistema fará arrancar o rad cooler, quando a temperatura da água for superior a $T = 85^{\circ}\text{C}$ e inferior a $T = 80^{\circ}\text{C}$, sendo estes valores pré-reguláveis.

O sistema **UC2** está incorporado na caldeira e será constituído por uma sonda de temperatura colocada no depósito **D2**, que dará o sinal à caldeira (situada no pavilhão C, mais propriamente na cozinha) para a regulação da chama necessária.

O sistema **UC3** está incorporado na caldeira e será constituído por uma sonda de temperatura colocada no depósito **D3**, que dará o sinal à caldeira (situada no pavilhão G-T3A) para a regulação da chama necessária.

A marca de referência dos sistemas de comando e controlo considerados neste Projecto foi, **Vulcano**.

3.5.11. Ensaios das Instalações

Os ensaios do sistema solar deverão ser executados segundo a legislação em vigor, nomeadamente o RSECE.

4. Conclusões

Após todas as análises efectuadas optou-se pela utilização de 24 colectores ESP1 da marca Solargus, com uma inclinação de 40°. Serão instalados 3 depósitos, um de 2000 l como depósito solar, outro de 800 l de capacidade para cobrir as necessidades da cozinha e o terceiro depósito de 400 l para o pavilhão G-T3A. Com a aplicação dos depósitos com estas capacidades pretende-se garantir o armazenamento de pelo menos 80% do consumo diário dos vários pontos de consumo.

Assim, e após todos os acessórios contabilizados, a instalação ficará com o preço final próximo de 30000€, pelo que o retorno, da melhor simulação efectuada no ponto 3.4, será de aproximadamente 22000€ em 20 anos. Como forma de tentar viabilizar o projecto anteriormente definido foram efectuados os seguintes cenários financeiros:

1. Haver capital próprio para o investimento;
2. Taxa de inflação, e taxa de deriva do preço de combustível acima da taxa de inflação;
3. Custo de manutenção e de renovação de equipamentos;
4. Preço da energia por unidade mássica.

Com os valores apresentados a implementação da instalação solar térmica passará a não ser viável uma vez que o PRC é superior ao ciclo de vida útil da instalação. Esta conclusão poderá ser explicada pela falta de ajudas/incentivos estatais e europeus, pelo baixo preço do gás natural face aos restantes combustíveis fósseis e pela conjectura económica actualmente.

No entanto, no início da elaboração do presente projecto, ainda havia hipótese de contar com incentivos europeus e por parte do estado, nomeadamente através do projecto “Parque Escolar”, tornando assim a instalação deste sistema viável, visto que parte do investimento seria a fundo perdido. Assim e de acordo com a revista Arquitectura 21 (13), os encargos do financiamento seriam distribuídos segundo a tabela abaixo apresentada, Tabela 4.1.

Designação	Siglas	Valor
Banco Europeu do investimento	BEI	44%
Banca de Investimento	BI	20%
Estado - OIDDAC	-	15%
QREN - FEDER	-	14%
Banco Conselho Desenvolvimento da Europa	BCDE	7%

Tabela 4.1 - Encargos do financiamento do projecto "Parque Escolar". (13)

Assim considerando este cenário para o valor da instalação obtém-se a seguinte tabela dos montantes do investimento para cada um dos intervenientes o financiamento do projecto,

Designação	Siglas	Valor
Banco Europeu do investimento	BEI	13.200,00 €
Banca de Investimento	BI	6.000,00 €
Estado - OIDDAC	-	4.500,00 €
QREN - FEDER	-	4.200,00 €
Banco Conselho Desenvolvimento da Europa	BCDE	2.100,00 €

Tabela 4.2 - Montante do financiamento das entidades credoras.

Com este cenário de investimento obter-se-iam os seguintes indicadores financeiros:

Designação	Siglas	Valor
Período de Recuperação do Capital com empréstimo [anos]	PRC	19
Período do empréstimo [anos]	n	Variável
Taxa de empréstimo	i	Variável
Montante do empréstimo	-	Variável
Taxa do Índice de Rentabilidade com empréstimo	TIR	1%
Valor Actual Líquido com empréstimo	VAL	-3.852,67

Tabela 4.3 - Indicadores financeiros para o cenário económico com financiamento do estado e europeu.

Os valores referentes ao período de empréstimo, taxa de empréstimo são variáveis visto haver várias instituições de financiamento, mas os valores considerados para esta análise encontram-se na Tabela 4.4. O campo referente ao montante de empréstimo encontra-se como variável pelas razões indicadas na Tabela 4.2.

Designação	Siglas	Taxas de juro associadas	Tempo de pagamento [anos]
Banco Europeu do investimento	BEI	1,20%	20
Banca de Investimento	BI	4,50%	5
Estado - OIDDAC		-	-
QREN - FEDER		-	-
Banco Conselho Desenvolvimento da Europa	BCDE	1,20%	20

Tabela 4.4 - Considerações tomadas para as taxas de juro e período de pagamento do investimento com crédito europeu.

Existe ainda a hipótese da escola em questão injectar capital próprio para o pagamento do projecto, e com o retorno da aplicação do sistema efectuar uma aplicação bancária/financeira, rentabilizando assim mais cedo a despesa da instalação.

Outra hipótese, abordada no decurso deste projecto, seria o de um pedido de empréstimo, que face à conjuntura económica actual não seria viável, visto que as taxas de juro estão altas e a inflação está baixa.

Assim sendo, o melhor cenário para este caso seria num futuro próximo, nomeadamente daqui a 5 anos, esperando que a actual crise estivesse ultrapassada, e onde a taxa de inflação fosse ligeiramente superior e os juros de créditos mais baixos. No entanto outro aspecto deverá ser abordado nesta análise que é o da liberalização do mercado energético que irá provocar um aumento dos preços de combustíveis.

Assim com o aumento da taxa da energia de apoio para 4,5% sobre a inflação, sendo que esta última se manteria na média europeia de 2,8%, obter-se-iam os valores apresentados na Tabela 4.5.

Designação	Siglas	Valor
Período de Recuperação do Capital com capital próprio [anos]	PRC	20
Taxa do Índice de Rentabilidade sem empréstimo	TIR	2,99%
Valor Actual Líquido sem empréstimo	VAL	696,33 €
Período de Recuperação do Capital com capital próprio e com uma aplicação financeira [anos]	-	18
Período de Recuperação do Capital com empréstimo [anos]	PRC	22
Período do empréstimo [anos]	n ₂	5
Taxa de empréstimo	i ₃	4,65%
Montante do empréstimo igual ao montante da instalação [€]	-	30.000,00
Taxa do Índice de Rentabilidade com empréstimo	TIR	1,92%
Valor Actual Líquido com empréstimo	VAL	-3.488,67 €
Aplicação financeira	-	3,0%

Tabela 4.5 - Análise financeira para um cenário em que a taxa do preço de combustível aumenta para 4,5% acima da inflação.

Como se pode observar pela tabela anterior, ter-se-ia de se baixar a taxa de empréstimo bancário para se tornar o sistema economicamente viável, com recurso a crédito bancário. Por outro lado só a alteração da taxa da subida do preço do combustível já torna viável, pelo que pouco vantajoso, este investimento com capital próprio.

Em todo o caso se se efectuasse uma aplicação financeira dos recebimentos, a uma taxa agora em vigor, na ordem dos 3%, iria implicar uma receita no final dos últimos dois anos na ordem dos 5500€. Pelo que caso se aumentasse a taxa dessa aplicação, pelas razões acima indicadas, poder-se-ia aumentar o lucro da instalação.

Como último cenário a apresentar, e como mais rentável, têm-se o conjugar de dois panoramas apresentados anteriormente, o de haver incentivos por parte do estado e o do aumento da taxa de energia acima da inflação.

Assim os valores obtidos para este panorama seriam os apresentados na tabela que se segue, Tabela 4.6.

Designação	Siglas	Valor
Período de Recuperação do Capital com empréstimo [anos]	PRC	14
Período do empréstimo [anos]	n	Variável
Taxa de empréstimo	i	Variável
Montante do empréstimo	-	Variável
Taxa do Índice de Rentabilidade com empréstimo	TIR	5%
Valor Actual Líquido com empréstimo	VAL	5.591,84 €

Tabela 4.6 - Análise financeira para um cenário em que a taxa do preço do combustível aumenta 4,5% acima da inflação e em que há participações a nível europeu e estatal.

Com este cenário poder-se-ia obter uma receita acumulada de 5.591,84 €, pelo que ainda se poderia efectuar uma aplicação financeira das receitas do sistema, ao longo dos 6 anos que restam do ciclo de vida da instalação, podendo assim maximizar os ganhos. Considerando então uma aplicação financeira de 3% ao ano, poder-se-ia obter um total de 19.112,38 € (a valor presente), o que tornaria a aplicação deste sistema muito atractiva.

Por outro lado poder-se-iam efectuar modificações ao sistema solar térmico considerado, visando a redução de custo da instalação, melhorando assim a viabilidade económica. A redução de custos poderia ser efectuada nos seguintes pontos:

1. Retirando as unidades descalcificadoras;
2. Utilizando o esquentador existente na cozinha/refeitório;
3. Utilizando a solução de tapar os colectores quando não é necessário o aquecimento de água, em vez de se ter uma unidade de dissipação de calor.

Outro aspecto que convém fazer referência são os benefícios ambientais que a implementação deste projecto poderá trazer. Estes benefícios poderão ser discriminados como o consumo evitado de cerca de 2750 kg de Gás Natural por ano, podendo assim reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em cerca de 6,96 toneladas de CO₂ equivalente por ano³. Estes benefícios não só contribuem para a pegada ecológica, como também ajudaram a atingir as metas de emissão de CO₂ que Portugal se propôs nos acordos e pactos assinados, conforme o descrito anteriormente.

³ Os valores apresentados referem-se à análise ambiental efectuada pelo SolTerm.

5. Bibliografia

1. **GreenPro.** *Energia Solar Térmica, manual sobre tecnologias, projecto e instalações.* s.l. : GreenPro, 2004.
2. **BP.** BP Statistical Review of World Energy June 2012. *BP.* [Online] 2012. [Citação: 07 de 08 de 2012.] <http://www.bp.com/statisticalreview>.
3. **Solar Heating & Cooling Programme.** *Solar Heat Worldwide - Markets and Contribution to Energy Supply 2009.* s.l. : SHC, 2011.
4. **European Solar Thermal Industry Federation.** *Solar Thermal Markets in Europe.* s.l. : ESTIF, 2011.
5. **Google.** Google Maps. *Google Maps.* [Online] [Citação: 2012 de 08 de 08.] <https://maps.google.pt/maps>.
6. **Costa, Jorgue Mendonça e.** *Radiação.* [Apresentação] Setembro de 2008.
7. **Roriz, Luís, et al., et al.** *Energia Solar em Edifícios.* 1^a. s.l. : Edições Orion, 2010. 978-972-8620-15-8.
8. **Fórum meteopt.com.** Fórum meteopt.com. *Fórum meteopt.com.* [Online] [Citação: 2012 de 02 de 28.] <http://www.meteopt.com/forum/astrologia/o-nascer-do-sol-o-ocaso-se-nw-1219.html>.
9. **European Commission.** European Commission. *Institute for Energy and Transport.* [Online] 10 de 02 de 2012. [Citação: 08 de 08 de 2012.] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm>.
10. **DGGE/IP-AQSpP.** *Colectores Solares para Aquecimento de Água, pavilhões desportivos e piscinas.* [Documento] s.l. : DGGE/IP-AQSpP, 2004.
11. —. *Guia para Instaladores de Colectores Solares, aquecimento de água com garantia de qualidade.* [Documento] s.l. : DGGE/IP-AQSpP, 2004.

12. **Thrasher, W.H. e DeWerth, D.W.** *Comparison of collected and compiled existing data on service hot water use patterns in residential and commercial establishments.* Ohio : Thechnical Commite 6.6 Service Water Heating, 1993.
13. *"Parque Escolar EPE".* s.l. : Arquitectura 21, Maio de 2009.
14. **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.** *Renewables 2010 Global Status Report.* s.l. : REN21, 2010.
15. **APISOLAR.** *Estatísticas Solar Térmico 2010 e 1º trimestre de 2011.* s.l. : APISOLAR, 2011.
16. Decreto-Lei 79/2006. *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.* 4 de 04 de 2006, pp. I Série-A.
17. **Caleffi.** *As Instalações Solares, técnicas e esquemas de realização.*
18. Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010. *Estratégia Nacional para a Energia 2020.* s.l. : Diário da República, 2010. *Estratégia Nacional para a Energia 2020.*
19. *Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis ao abrigo da directiva 2009/28/CE.* [Documento] s.l. : APREN, 2010.
20. *PNAC 2006.* [Documento] 2006.
21. Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008. *Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética.* 2008. *Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética.*
22. **Santos, João Paulo Teixeira Begonha dos.** *Estudo de Sistemas Solares Térmicos para Aplicação de Micro-cogeração.* [Documento] Porto : s.n., 2008.
23. **Lacasta, Nuno S. e Barata, Pedro Martins.** *Protocolo de Quioto sobre Alterações Climáticas: análise e prespectivas.* [Documento] 1999.
24. **Camelo, Susana, et al., et al.** *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios, manual de apoio à aplicação do RCCTE.* [Documento] Lisboa : INETI, 2006.

25. **Lebeña, Eduardo Perez e Costa, Jorge Cruz.** *Instalações Solares Térmicas.* s.l. : INETI, 2006.

26. **Mendes, Carlos António da Silva.** *Redes de Fluidos.* s.l. : aeisel, 2009.

6. Apêndices

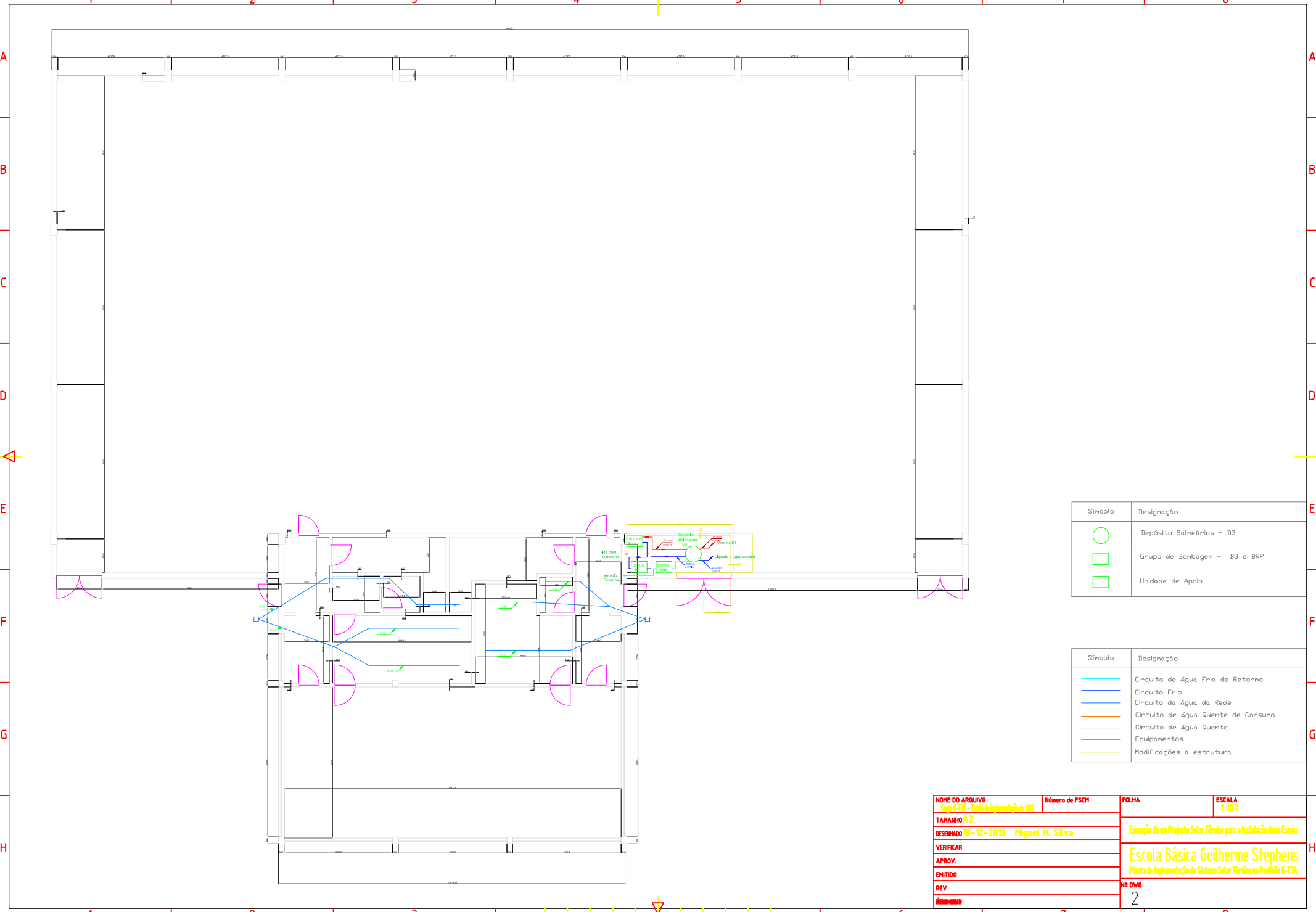
Apêndices

Apêndice A – Plantas	70
Apêndice A.I – Implementação	71
Apêndice A.II – Princípio.....	75
Apêndice B – Inquérito	77
Apêndice C – Folhas de cálculo	79
Apêndice C.I – Inquéritos.....	80
Apêndice C.II – Consumos.....	84
Apêndice C.III – Comparação entre colectores.....	93
Apêndice C.IV – Selecção do depósito solar	97
Apêndice C.V – Selecção de Equipamentos	106
Apêndice D – Simulações SolTerm	113
Apêndice D.I – 13ª Aproximação do SolTerm.....	114

Apêndice A – Plantas¹

¹ Devido ao tamanho das plantas, as mesmas encontram-se no cd que segue com o documento. As plantas apresentadas encontram-se assim em tamanho reduzido, em formato de página A4.

Apêndice A.I – Implementação

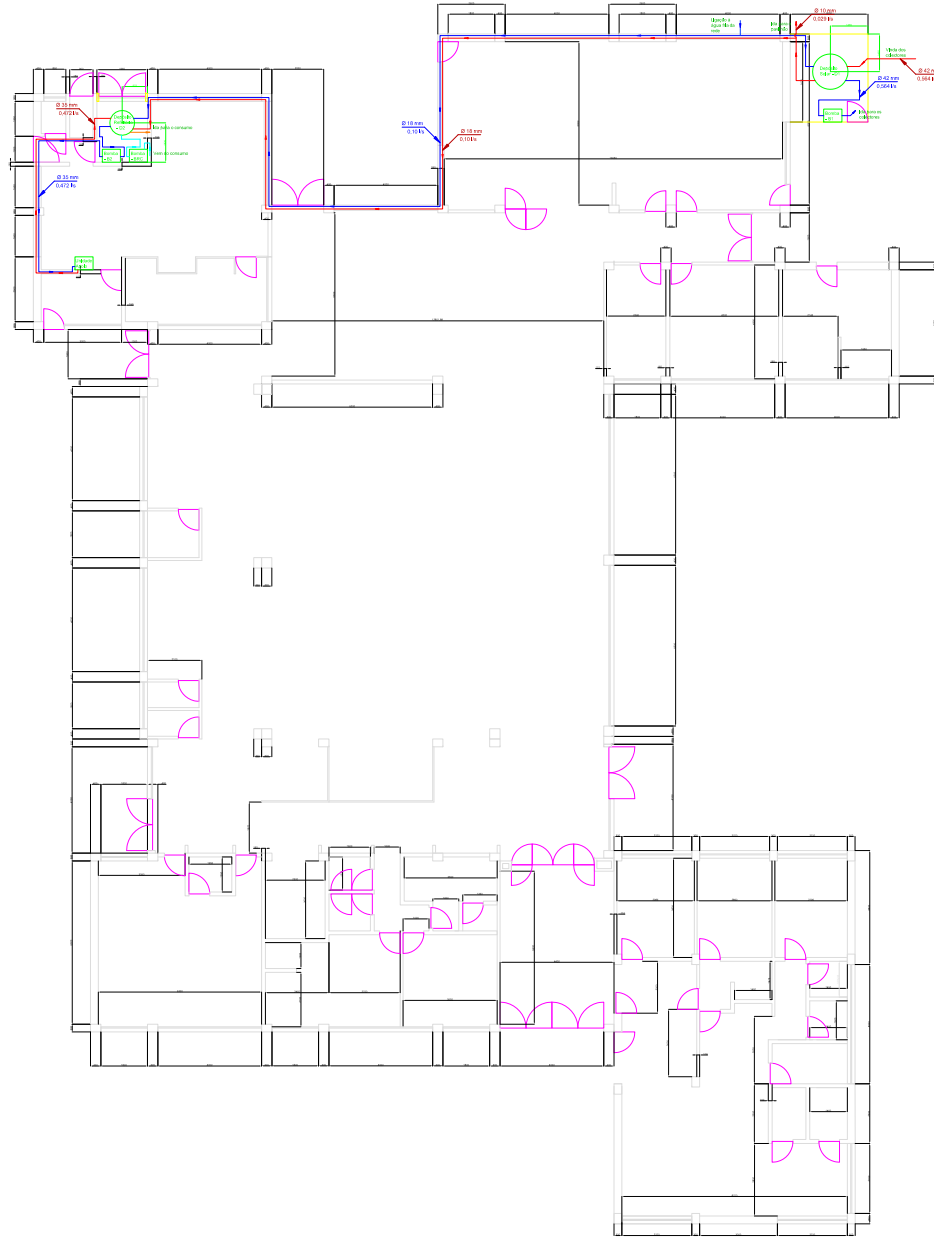


Símbolo	Designação
	Depósito Balneários - D3
	Grupo de Bombagem - B3 e BRP
	Unidade de Apoio

Símbolo	Designação
	Circuito de água Fria de Retorno
	Circuito Frio
	Circuito de água da Rede
	Circuito de água Quente de Consumo
	Equipamentos
	Modificações à estrutura

NOME DO ARQUIVO <i>Casa 6-538 - Plano de Implantação de ACS</i>	Número de FSCM	FOLHA	ESCALA 1:100
TAMANHO A2	Execução de um Projecto Solar Térmico para a Instalação numa Escola		
DESENHADO 18-12-2012 Miguel M. Silva	Escola Básica Guilherme Stephens		
VERIFICAR	Plano de Implantação de Sistema Solar Térmico no Pavilhão 6-T2A		
APROV.	NR DWG		
EMITIDO	2		
REV			
Alteração			

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK



Símbolo	Designação
	Depósito Cozinha e Solar - D1 e D2 respectivamente
	Grupo de Bombagem - B1, B2 e BRC
	Unidade de Apoio

Símbolo	Designação
	Circuito de Água Fria de Retorno
	Circuito Frio
	Circuito de Água Quente de Consumo
	Circuito de Água Quente
	Equipamentos
	Modificações à estrutura

NOME DO ARQUIVO Projeto de B. Potabiliz. - Grupo 1	Número de FECH	FOLHA	ESCALA 1/200
TAMANHO A1		Exemplo de um Projeto Solar Térmico para a habitação de uma Escola	
SEMANA 08 - 12 - 2012	14/09/2012	Escola Básica Guilherme Stephens	
VERIFICAR		Documento de implementação de sistemas de águas de Potabiliz. C	
APROV.		de DADOS	
ENTRO		3	
REV			
Autodesk			

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

Apêndice A.II – Esquema de princípio

Apêndice B – Inquérito

Ano:		Período:	
Turma:		N.º Alunos	

Questionário	Respostas
Quantos alunos tomam banho depois da aula de educação física?	
Qual o tempo médio dos banhos?	
Quantos alunos participam no desporto escolar?	
Quantos alunos do desporto escolar tomam banho depois da actividade desportiva?	
Qual o tempo médio desses banhos?	

Apêndice C – Folhas de cálculo

Apêndice C.I – Inquéritos

Inquéritos do 2º Período										
Ano	Turma	Aulas				Desporto Escolar				Docente
		N.º Alunos	N.º Alunos que tomam banho	Percentagem	Tempo médio [min]	N.º Alunos	N.º Alunos que tomam banho	Percentagem	Tempo médio [min]	
5	A	8	4	0,5	5	3	1	0,333	5	Delfim
5	B	25	10	0,4	5	6	0	0	0	Delfim
5	C	20	15	0,75	10	5	1	0,2	10	Carlos
5	D	20	15	0,75	10	0	0	0	0	Delfina
5	E	26	10	0,385	15	2	0	0	0	Delfina
5	F	23	10	0,435	10	3	0	0	0	Daniela
5	G	21	6	0,286	5	5	1	0,2	5	Delfim
5	H	22	13	0,591	10	6	0	0	0	Daniela
6	A	11	4	0,364	5	3	1	0,333	5	Delfim
6	B	28	20	0,714	15	2	2	1	20	Delfina
6	C	20	10	0,5	15	0	0	0	0	Delfina
6	D	20	5	0,25	12	0	0	0	0	Daniela
6	E	28	20	0,714	15	10	1	0,1	10	Carlos
6	F	23	21	0,913	10	12	0	0	0	Daniela
6	G	28	17	0,607	5	15	2	0,133	5	Delfim
6	H	20	18	0,9	15	4	0	0	0	Carlos
6	I	25	15	0,6	12	6	0	0	0	Hélder
7	A	20	15	0,75	15	12	10	0,833	10	Hélder
7	B	21	0	0	0	3	0	0	0	Paula
7	C	26	20	0,769	15	15	0	0	0	Hélder
7	D	27	11	0,407	15	5	3	0,6	5	Delfina
7	E	27	0	0	0	8	0	0	0	Paula
8	A	21	6	0,286	6	3	0	0	0	Paula
8	B	20	15	0,75	7	0	0	0	0	Sandra
8	C	20	18	0,9	15	12	1	0,083	0	Sandra
8	D	29	3	0,103	5	9	1	0,111	15	Paula
8	E	28	0	0	0	7	1	0,143	5	Paula
8	F	18	0	0	0	0	0	0	0	Paula
9	A	20	15	0,75	10	0	0	0	0	Sandra
9	B	24	24	1	15	9	0	0	0	Sandra
9	C	19	10	0,526	15	5	0	0	0	Hélder
9	D	26	11	0,423	15	10	0	0	0	Sandra
Média		22,313	11,281	51%	9,594	5,625	0,781	13%	8,636	

Inquéritos do 3º Período										
Ano	Turma	Aulas				Desporto Escolar				Docente
		N.º Alunos	N.º Alunos que tomam banho	Percentagem	Tempo médio	N.º Alunos	N.º Alunos que tomam banho	Percentagem	Tempo médio	
5	A	8	5	0,625	5	3	1	0,333	5	Delfim
5	B	25	12	0,480	5	6	0	0,000	0	Delfim
5	C	20	17	0,850	15	5	1	0,200	10	Carlos
5	D	20	15	0,750	0	0	0	0,000	0	Delfina
5	E	26	17	0,654	15	2	2	1,000	10	Delfina
5	F	23	15	0,652	10	3	0	0,000	0	Daniela
5	G	21	6	0,286	5	5	1	0,200	5	Delfim
5	H	22	14	0,636	10	6	0	0,000	0	Daniela
6	A	11	5	0,455	5	3	1	0,333	5	Delfim
6	B	28	25	0,893	15	2	2	1,000	20	Delfina
6	C	20	16	0,800	15	0	0	0,000	0	Delfina
6	D	20	5	0,250	12	0	0	0,000	0	Daniela
6	E	28	22	0,786	15	10	1	0,100	10	Carlos
6	F	23	23	1,000	10	12	0	0,000	0	Daniela
6	G	28	18	0,643	5	15	2	0,133	5	Delfim
6	H	20	19	0,950	15	4	0	0,000	0	Carlos
7	A	20	15	0,750	15	12	10	0,833	10	Hélder
7	B	21	0	0,000	0	3	0	0,000	0	Paula
7	C	26	20	0,769	15	15	0	0,000	0	Hélder
7	D	27	20	0,741	15	5	3	0,600	5	Delfina
7	E	27	0	0,000	8	0	0	0,000	0	Paula
8	A	21	6	0,286	6	3	0	0,000	0	Paula
8	B	20	18	0,900	10	7	0	0,000	0	Hélder
8	C	20	19	0,950	15	12	1	0,083	15	Hélder
8	D	29	3	0,103	5	9	1	0,111	15	Paula
8	E	28	0	0,000	0	7	1	0,143	5	Paula
8	F	18	0	0,000	0	0	0	0,000	0	Paula
9	A	26	22	0,846	15	10	0	0,000	0	Hélder
9	B	24	20	0,833	15	9	0	0,000	0	Hélder
9	C	19	10	0,526	15	5	0	0,000	0	Hélder
9	D	26	18	0,692	15	10	0	0,000	0	Hélder
Média		22,419	13,065	58%	9,871	5,903	0,871	16%	9,231	

Total	N.º Alunos	N.º Alunos que tomam banho	Percentagem	Tempo médio	N.º Alunos	N.º Alunos que tomam banho	Percentagem	Tempo médio
1º Período	22,21	9,50	44%	9,32	5,35	0,69	9%	7,736
2º Período	22,31	11,28	51%	9,59	5,63	0,78	13%	8,636
3º Período	22,42	13,06	58%	9,87	5,90	0,87	16%	9,231
Variação	0,11	1,78	7%	0,28	0,28	0,09	4%	0,90
Média	22,31	11,28	0,51	9,59	5,63	0,78	13%	8,636
Totais								
Turmas	33							
Alunos	714							

Apêndice C.II – Consumos

Consumos das aulas de Educação Física		Observações/unidades
Blocos de aulas disponíveis	20	
Total de turmas	33	
Total de blocos diários sem sobreposições	4	
Sobreposições semanal	13	
Sobreposições diária	3	
Total de blocos diários com sobreposições	7	
Número de alunos máximo	28	
Percentagem máxima de alunos que tomam banho	58%	
Variação	7%	
Percentagem a utilizar de alunos que tomam banho	51%	
Número máximo a utilizar de alunos que tomam banho	15	
Total diário de alunos que tomam banho	105	
Total mensal de alunos que tomam banho	2310	
Duração horária máxima dos banhos	9,87	min
Desvio da duração dos banhos	0,28	min
Duração horária máxima utilizada dos banhos	9,59	min
Duração diária total	1008	min
Duração mensal dos banhos	22176	Contas a 22 dias uteis
Quantidade de Água utilizada		
Por banho	57,5625	l
Por dia	6048	l
Por mês	133056	l

Para a elaboração desta tabela foi considerado que as aulas começavam às 08:00h e terminavam as 20:00h, havendo assim um conjunto de oito blocos de 1:30h de aulas, sendo que o bloco das 12:30 até às 14:00h ter sido considerado para almoço.

Em virtude de haver 33 turmas possíveis para 20 blocos disponíveis de aulas, foi considerada a possibilidade de sobreposição de turmas para as aulas de educação física. Essa sobreposição semanal seria de 13 blocos, sendo que os mesmos poderiam variar de ano para ano.

Foi também considerado que as turmas seriam no máximo de 28 alunos apesar de a média do número de alunos presentes nas turmas ser de 23. Esta consideração deve-se ao facto de o número de alunos alterar entre anos lectivos, sendo que o valor de 28 alunos é o valor máximo considerado pelo Ministério da Educação e Ciência, para escola do Ensino Básico.

Para o cálculo da percentagem do número de alunos que tomam banho foi, considerado o valor médio, que na realidade é o valor do segundo Período. Esta aproximação deve-se ao facto de se ter considerado um desvio padrão para o cálculo do 1º Período, fazendo então o segundo período o valor médio.

Para o cálculo da duração dos banhos foi considerada para efeitos de cálculo o valor médio das máximas registadas. Assim sendo o valor da duração diária dos banhos será o produto entre a média da duração máxima, com o total de alunos que diariamente tomam banho. Para o valor mensal bastará apenas multiplicar esse valor pelo número de dias úteis do mês, que foi considerado de 22 dias.

Para a quantidade de água quente utilizada por banho foi considerado o valor presente no anexo IV do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, que é de 0,1 l/s, assim sendo o produto deste valor com o da duração dos banhos dará a quantidade de água quente utilizada por banho.

Para a determinação da quantidade de água quente diária bastará apenas efectuar o produto entre a duração diária total e o valor retirado do regulamento supracitado. De forma idêntica deverá ser calculada a quantidade de água quente mensal, bastando substituir o valor da duração diária total pela duração mensal total, da expressão anterior.

Consumos das actividades desportivas		Observações/unidades
Blocos disponíveis	15	
Total de actividades desportivas	9	
Total de blocos diários sem sobreposições	0	
Sobreposições semanal	0	
Sobreposições diária	0	
Total de blocos diários com sobreposições	4	
Número de alunos máximo	28	
Percentagem máxima de alunos que tomam banho	16%	
Variação	3%	
Percentagem a utilizar de alunos que tomam banho	13%	
Número máximo a utilizar de alunos que tomam banho	4	
Total diário de alunos que tomam banho	60	
Total mensal de alunos que tomam banho	1320	
Duração horária máxima dos banhos	4	min
Desvio da duração dos banhos	0,90	min
Duração horária máxima utilizada dos banhos	3,10	min
Duração diária total	186	min
Duração mensal dos banhos	4092	min
Quantidade de Água utilizada		
Por banho	18,58669	l
Por dia	1116	l
Por mês	24552	l

Para o cálculo dos consumos das actividades desportivas foram considerados nove desportos a serem praticados: Futsal iniciados masculinos, Futsal infantis masculinos, Voleibol iniciados femininos, ténis de mesa, badminton, orientação, patinagem em velocidade, hóquei em patins e natação adaptada.

Foram considerados 4 blocos diários para a práticas destas actividades, com início às 14h e término às 20h, pelo que não haverá sobreposições.

Os restantes valores como número máximo de alunos, percentagem de alunos que tomam banho, total diário e mensal de alunos que tomam banho, duração horária e mensal dos banhos e a quantidade de água utilizada foram calculadas de forma igual ao do caso anterior, consumos de água das aulas de Educação Física (EF).

Total Banhos	Resultados
Número de alunos máximo	28
Percentagem máxima de alunos que tomam banho	13%
Variação	0%
Percentagem a utilizar de alunos que tomam banho	13%
Número máximo a utilizar de alunos que tomam banho	4
Total diário de alunos que tomam banho	21
Total mensal de alunos que tomam banho	462
Duração horária máxima dos banhos [min]	10
Desvio da duração dos banhos [min]	1
Duração horária máxima utilizada dos banhos [min]	9
Duração diária total [min]	210
Duração mensal dos banhos [min]	4620
Quantidade de Água utilizada	
Por banho [l]	54
Por dia [l]	1260
Por mês [l]	27720

O número máximo de alunos considerados foi de 28 alunos mantendo as mesmas considerações tomadas anteriormente.

Para o cálculo dos consumos dos banhos optou-se por se utilizar o valor da percentagem dos alunos que tomam banho depois das actividades desportivas, visto que este valor é mais próximo do valor utilizado pelo projecto parque escolar, sobredimensionado assim em 60% o valor utilizado pelo projecto “Parque Escolar”.

O número total de alunos que tomam banho diariamente é o produto entre o total de alunos que tomam banho pela percentagem máxima utilizada. O total mensal deste factor é obtido pela multiplicação do factor anterior pelo número de dias úteis considerados.

A duração máxima dos banhos considerada foi a duração máxima registada, 10 min. Assim a duração total diária é obtida pela multiplicação entre a duração máxima dos banhos pelo total de alunos que tomam banho. De forma idêntica o total mensal é obtido pela multiplicação da duração total diária pelo total de dias úteis do mês.

A quantidade de água utilizada foi obtida da mesma forma que nos casos anteriores.

Total Refeitório	Resultados
Total de Refeições	69435
Total de dias do 1º Período	66
Total de dias do 2º Período	66
Total de dias do 3º Período	88
Total de dias	220
Refeições servidas diariamente	316
Refeições servidas mensalmente	6944
Refeições no 1º Período	20856
Refeições no 2º Período	20856
Refeições no 3º Período	27808
Consumo de água quente por refeição [l]	9,08
Consumo total de água quente diário [l]	2869,28
Consumo total de água quente horário [l]	358,66

Para o total de refeições foi considerado o valor disponibilizado pela Escola Básica. Em relação ao número total de dias em que o refeitório se encontra aberto foi considerado o número total de dias em que a escola se encontra aberta, para tal foi considerado o calendário escolar da mesma.

Para a obtenção do valor de consumo de água quente por refeição foi utilizado o valor referenciado no Anexo E do relatório de Thrasher, W.H. e DeWerth, D.W. (12 pág.200).

Outra consideração efectuada foi a de se considerar que este espaço estaria aberto 8h, iniciando o seu trabalho às 08h e cessando o mesmo às 16h.

Após todas as considerações apresentadas obteve-se o seguinte perfil horário a ser introduzido no programa SolTerm.

Horas		Refeitório	Banhos	Total
00:00	01:00	0	0	0
01:00	02:00	0	0	0
02:00	03:00	0	0	0
03:00	04:00	0	0	0
04:00	05:00	0	0	0
05:00	06:00	0	0	0
06:00	07:00	0	0	0
07:00	08:00	0	0	0
08:00	09:00	359	105	464
09:00	10:00	359	105	464
10:00	11:00	359	105	464
11:00	12:00	359	105	464
12:00	13:00	359	105	464
13:00	14:00	359	105	464
14:00	15:00	359	105	464
15:00	16:00	359	105	464
16:00	17:00	0	105	105
17:00	18:00	0	105	105
18:00	19:00	0	105	105
19:00	20:00	0	105	105
20:00	21:00	0	0	0
21:00	22:00	0	0	0
22:00	23:00	0	0	0
23:00	00:00	0	0	0
Total [l]		2869	1260	4129

Estes consumos foram introduzidos para os dias de semana durante todos os meses do ano, excepto Agosto e Setembro, sendo que nestes meses se considerou o consumo de fim-de-semana. Esta consideração deve-se ao facto de as escolas estarem fechadas durante o mês de Agosto e metade dos meses de Julho e Setembro, mas visto que não é possível considerar parte do mês optou-se por deixar estar o consumo normal durante o mês de Julho e reduzir o consumo no mês de Setembro, tentando assim aproximar o consumo à realidade.

Para o perfil do consumo de água quente para o fim-de-semana considerou-se um total de 15 pessoas e um total de 6 horas para a prática desportiva, sendo que as mesmas se realizam das 12h às 14h e das 16h às 20h. Além destas considerações estimou-se que 20% dos indivíduos não iriam utilizar as instalações para banhos, e que o tempo médio despendido por cada individuo para banho é de 6 min. Obteve-se a seguinte tabela resumo com as considerações efectuadas.

Fim-de-semana	Resultados
Número total de alunos	15
Blocos de uma hora disponíveis	6
Percentagem de alunos a tomar banho	80%
Duração horária dos banhos [min]	6
Duração diária total [min]	432
Duração mensal dos banhos [min]	9504
Consumo de água quente por banho [l]	36
Consumo de água quente por dia [l]	2592
Consumo de água quente por mês [l]	57024

Assim o perfil utilizado para o fim-de-semana e para os meses de Agosto e Setembro são os que se encontram na tabela abaixo.

Horas		Agosto	Setembro	FDS ²
00:00	01:00	0	0	0
01:00	02:00	0	0	0
02:00	03:00	0	0	0
03:00	04:00	0	0	0
04:00	05:00	0	0	0
05:00	06:00	0	0	0
06:00	07:00	0	0	0
07:00	08:00	0	0	0
08:00	09:00	0	0	0
09:00	10:00	0	0	0
10:00	11:00	0	0	0
11:00	12:00	0	0	0
12:00	13:00	432	432	432
13:00	14:00	432	432	432
14:00	15:00	0	0	0
15:00	16:00	0	0	0
16:00	17:00	432	432	432
17:00	18:00	432	432	432
18:00	19:00	432	432	432
19:00	20:00	432	432	432
20:00	21:00	0	0	0
21:00	22:00	0	0	0
22:00	23:00	0	0	0
23:00	00:00	0	0	0
Total [I]		2592	2592	2592

² FDS – Fim-de-semana

Apêndice C.III – Comparação entre colectores

Nesta primeira comparação efectuou-se a variação dos colectores solares, sendo que os modelos e as marcas dos mesmos são:

1. Marca: Vulcano; modelo: FKT;
2. Marca: Vulcano; modelo: FKC;
3. Marca: Solargus; modelo: ESP1;

Assim como forma de se comparar os diferentes colectores solares efectuou-se a análise do sistema tendo por base como constantes: o perfil de consumo e o depósito solar.

O perfil de consumo seleccionado para este campo foi referenciado como de 13%, obtido conforme o descrito no apêndice anterior, Apêndice C.II, onde se considerou que o mesmo seria aplicado em todos os meses, excepto Agosto e Setembro, e que durante o fim-de-semana também não seria aplicado nenhum consumo.

Como primeira aproximação, e visto o campo do depósito solar ser um dos parâmetros que se irá analisar com mais pormenor, optou-se por se considerar o consumo diário da instalação, ou seja, o volume do depósito seleccionado foi de 4000l.

Assim sendo considerou-se como parâmetros variáveis o rendimento global anual do sistema, o número de colectores e o custo associado dos colectores.

A opção de se utilizar o rendimento global anual do sistema em vez da fracção solar deve-se ao facto de este campo ser menos susceptível a variações, uma vez que bastaria os colectores analisados em cada caso terem uma superfície conjunta de captação diferente para o valor da fracção já não ser igual entre as análises, o mesmo não se passa no rendimento global anual do sistema. Assim efectuaram-se 3 simulações, uma para 30%, outra para 35% e outra para 40% do rendimento global anual do sistema.

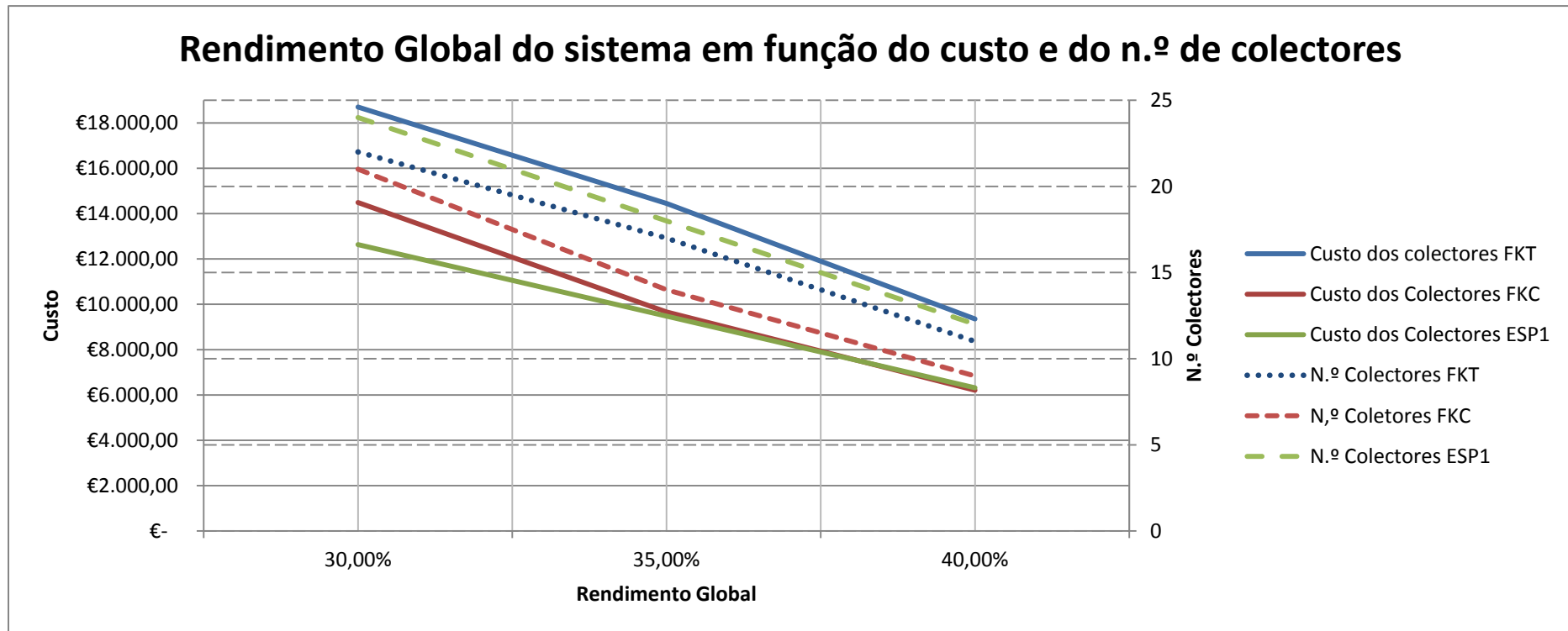
Nas simulações em cima descritas teve-se que se aproximar o número de colectores para se perfazer os valores do supracitado rendimento, obtendo para as várias simulações os valores apresentados na tabela que se segue.

As variações do rendimento global anual do sistema e do número associado de colectores foram efectuadas com recurso ao programa utilizado na elaboração do presente projecto, através do programa SolTerm.

Em relação ao custo unitário dos colectores este foram obtidos através do contacto junto dos representantes das referidas marcas. Pelo que após definido o número total de colectores segundo as condições apresentadas anteriormente, obtiveram-se os valores do custo dos grupos de colectores para cada um dos rendimentos e modelos.

Pode-se observar, quer pela tabela, quer pelo gráfico apresentados em seguida, que a opção mais vantajosa é a dos colectores ESP1, visto serem estes que independentemente do rendimento global anual do sistema têm um custo associado mais baixo. Este facto pode ser explicado pelo baixo custo unitário dos colectores, quando comparados com os outros em estudo.

	Colector FKT	Colector FKC	Colector ESP1	Colector FKT	Colector FKC	Colector ESP1	Colector FKT	Colector FKC	Colector ESP1
Capacidade de armazenamento [l]	4000			4000			4000		
Rendimento global anual do sistema	30%	30%	30%	35%	35%	35%	40%	40%	40%
N.º de colectores solares	22	21	24	17	14	18	11	9	12
Custo [€]	18.700,00	14.490,00	12.636,00	14.450,00	9.660,00	9.477,00	9.350,00	6.210,00	6.318,00



Apêndice C.IV – Selecção do depósito solar

Nesta selecção efectuou-se a comparação do sistema a aplicar com vários tipos de consumos. Estes consumos tiveram como base os consumos apresentados no Apêndice C.II – Consumos, sendo que foram efectuadas variações dos mesmos. Essas variações efectuadas foram:

1. Consumo de 13% durante todos os meses, excepto Agosto e Setembro, só para dias de semana e sem consumos aos fins-de-semana;
2. Consumo de 13% durante todos os meses, excepto Agosto e Setembro, tendo estes últimos os consumos de fim-de-semana, para dias de semana. Para o consumo de fim-de-semana o consumo utilizado foi o de mesmo nome para todos os meses excepto os meses de Agosto e Setembro;
3. Consumo de 13% durante todos os meses, excepto Agosto e Setembro, só para dias de semana, e o consumo de fim-de-semana para todos os meses excepto Agosto e Setembro, só para os fins-de-semana.

Para a comparação dos vários casos de consumos para os vários depósitos houve a necessidade da introdução de valores referentes ao custo fixos da instalação, onde só foram contabilizados o custo dos depósitos (neste caso 3, um de 4000l para o circuito solar, outro de 2000l para a cozinha e outro de 1500l para o pavilhão polidesportivo)³, os custos variáveis que serão os dos colectores (serão de 24 colectores visto que garantem um rendimento global anual do sistema entre os 30% e 40% e uma fracção solar superior aos 70%, o colector seleccionado foi o ESP1 da marca Solargus, pelas razões explicadas no Apêndice C.III).

A informação relativa à inflação, rendimento de aplicação financeira segura, TAEG, foi introduzida com informação recolhida em diversos bancos, sendo que para este caso de comparação utilizada a informação referente ao banco BPI, e o período do investimento para qual as simulações foram efectuadas foram de 5 anos.

A definição de 5 anos do crédito deve-se ao facto de ser este o período habitual para um crédito unipessoal. No entanto este valor pode ser alargado ou encurtado podendo assim variar a taxa de juro aplicada pelo banco. Usualmente quando uma empresa pede um

³ Os preços foram retirados da tabela de preços da SaniLuz referente a Novembro de 2009.

crédito bancário entram em conta factores como “*rating*” da empresa para o banco em questão, o tipo de cliente, período do empréstimo, entre outros aspectos.

Assim tem-se a noção de que o valor do período de pagamento do empréstimo tem influência directa no valor final da taxa de juro que será aplicado ao mesmo, mas para se tentar chegar a um valor mais próximo da realidade, foram utilizados os valores já referidos e apresentados nas tabelas que se seguem das simulações.

Os valores referentes à vida útil do sistema, renovação de componentes, manutenção anual do sistema e deriva do preço da energia de substituição são os valores normalmente utilizados no mercado.

O valor referente ao preço da energia foi calculado com recurso à seguinte aproximação:

$$\begin{aligned} \text{Custo da energia}(\text{€/kg}) \\ = \frac{\text{Custo da energia}(\text{€/kWh}) \times \text{PCI} (\text{MJ/m}^3)}{\text{Factor de conversão} (\text{MJ/kWh}) \times \text{massa volúmica} (\text{kg/m}^3)} \end{aligned}$$

Sendo que o custo da energia por kWh teve de ser retirado da tabela de preços da Lusitâniagás⁴, sendo que para tal foi necessário calcular o consumo de gás da instalação em m³. Assim sendo a equação utilizada para tal foi:

$$\text{Consumo} (\text{m}^3) = \frac{\text{Factor de conversão} (\text{MJ/kWh}) \times \text{Energia do sistema} (\text{kWh})}{\text{PCI} (\text{MJ/m}^3) \times \text{Rendimento do apoio} (\%)} \times 100\%$$

Através do valor do consumo e da tabela da Lusitaniagás retira-se o escalão do consumo e consecutivamente o custo da energia por kWh.

⁴ Os preços de Gás Natural foram retirados do endereço na internet da Galp, acedido dia 10/09/2012 às 12:05 em <http://www.galpennergia.com/PT/ProdutosServicos/GasNatural/Mercado-Regulado/Tarifario/Paginas/Tarifario.aspx?tipoUtilizacao=1>

Além destas variações foi efectuada a análise económica dos vários casos como forma de seleccionar o depósito solar, assim obtiveram-se as seguintes tabelas resumos, sendo a primeira coluna referente ao primeiro caso dos tipos de consumos, referidos anteriormente e assim sucessivamente.

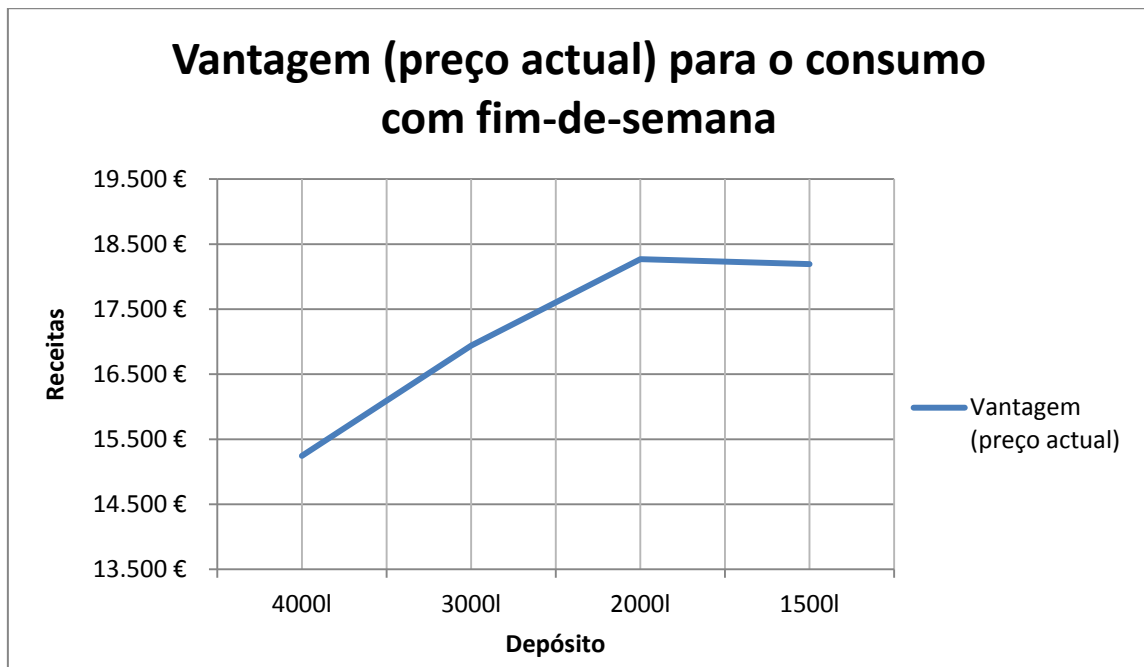
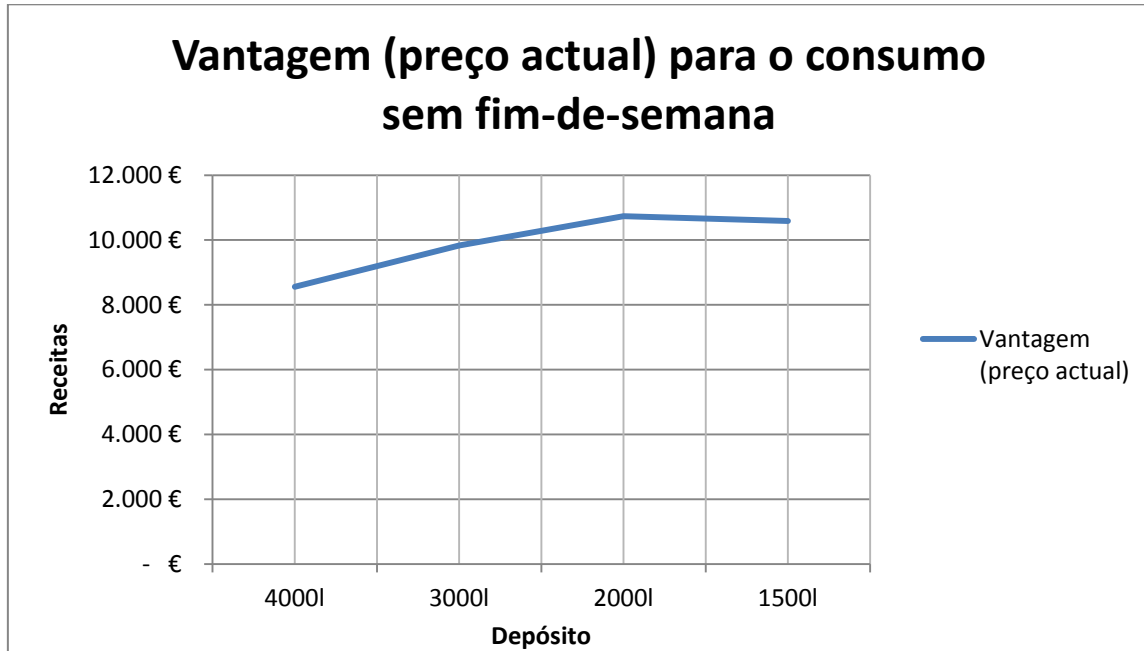
Depósito [I]	4000		
Consumo	S/ consumo ao fds	C/ consumo ao fds	Consumo nos meses A. e S.
Componente fixa	19.000 €	19.000 €	19.000 €
Componente variável	526,50 €	526,50 €	526,50 €
Colectores	24	24	24
Área dos colectores [m ²]	47,8	47,8	47,8
Incentivos	0	0	0
Vida útil [anos]	20	20	20
Manutenção anual	0,1%	0,1%	0,1%
Renovação de componentes	1,0%	1,0%	1,0%
Valor residual	0,0%	0,0%	0,0%
Preço actual do combustível [€/kg]	0,867	0,867	0,867
Inflação	2,8%	2,8%	2,8%
Deriva do preço da energia substituída	2,0%	2,0%	2,0%
Rendimento de aplicação financeira segura	0,0%	0,0%	0,0%
TAEG	10,8%	10,8%	10,8%
Período do empréstimo [anos]	5	5	5
Custo da energia só com a energia de apoio	75.018 €	102.114 €	83.266 €
Custo da energia com o sistema solar	58.764 €	70.383 €	66.907 €
Vantagem (preço actual)	8.556 €	15.244 €	13.243 €
Vantagem (preço futuro)	14.864 €	26.483 €	23.006 €

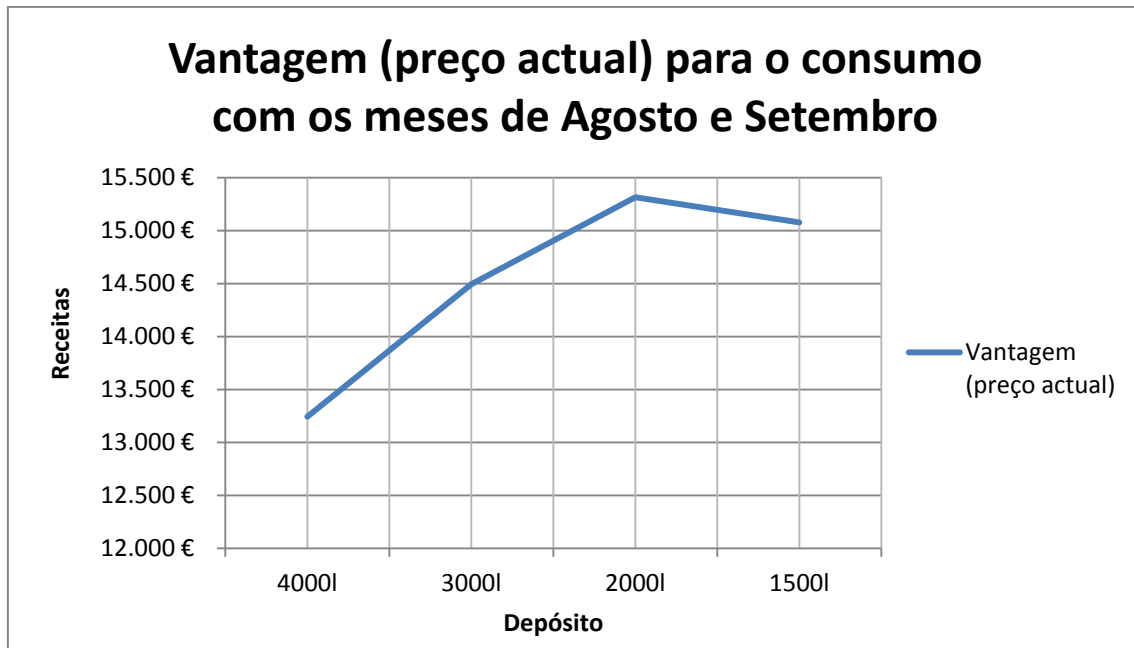
Depósito [I]	3000		
Consumo	S/ consumo ao fds	C/ consumo ao fds	Consumo nos meses A. e S.
Componente fixa	16.900 €	16.900 €	16.900 €
Componente variável	526,50 €	526,50 €	526,50 €
Colectores	24	24	24
Área dos colectores [m ²]	47,8	47,8	47,8
Incentivos	0	0	0
Vida útil [anos]	20	20	20
Manutenção anual	0,1%	0,1%	0,1%
Renovação de componentes	1,0%	1,0%	1,0%
Valor residual	0,0%	0,0%	0,0%
Preço actual do combustível [€/kg]	0,867	0,867	0,867
Inflação	2,8%	2,8%	2,8%
Deriva do preço da energia substituída	2,0%	2,0%	2,0%
Rendimento de aplicação financeira segura	0,0%	0,0%	0,0%
TAEG	10,8%	10,8%	10,8%
Período do empréstimo [anos]	5	5	5
Custo da energia só com a energia de apoio	75.018 €	102.114 €	83.266 €
Custo da energia com o sistema solar	58.064 €	70.415 €	66.165 €
Vantagem (preço actual)	9.831 €	16.940 €	14.494 €
Vantagem (preço futuro)	17.078 €	29.429 €	25.179 €

Depósito [I]	2000		
	S/ consumo ao fds	C/ consumo ao fds	Consumo nos meses A. e S.
Consumo			
Componente fixa	14.950 €	14.950 €	14.950 €
Componente variável	526,50 €	526,50 €	526,50 €
Colectores	24	24	24
Área dos colectores [m ²]	47,8	47,8	47,8
Incentivos	0	0	0
Vida útil [anos]	20	20	20
Manutenção anual	0,1%	0,1%	0,1%
Renovação de componentes	1,0%	1,0%	1,0%
Valor residual	0,0%	0,0%	0,0%
Preço actual do combustível [€/kg]	0,867	0,867	0,867
Inflação	2,8%	2,8%	2,8%
Deriva do preço da energia substituída	2,0%	2,0%	2,0%
Rendimento de aplicação financeira segura	0,0%	0,0%	0,0%
TAEG	10,8%	10,8%	10,8%
Período do empréstimo [anos]	5	5	5
Custo da energia só com a energia de apoio	75.018 €	102.114 €	83.266 €
Custo da energia com o sistema solar	56.930 €	70.019 €	64.887 €
Vantagem (preço actual)	10.735 €	18.269 €	15.315 €
Vantagem (preço futuro)	18.649 €	31.738 €	26.606 €

Depósito [I]	1500		
	S/ consumo ao fds	C/ consumo ao fds	Consumo nos meses A. e S.
Componente fixa	14.490 €	14.490 €	14.490 €
Componente variável	526,50 €	526,50 €	526,50 €
Colectores	24	24	24
Área dos colectores [m ²]	47,8	47,8	47,8
Incentivos	0	0	0
Vida útil [anos]	20	20	20
Manutenção anual	0,1%	0,1%	0,1%
Renovação de componentes	1,0%	1,0%	1,0%
Valor residual	0,0%	0,0%	0,0%
Preço actual do combustível [€/kg]	0,867	0,867	0,867
Inflação	2,8%	2,8%	2,8%
Deriva do preço da energia substituída	2,0%	2,0%	2,0%
Rendimento de aplicação financeira segura	0,0%	0,0%	0,0%
TAEG	10,8%	10,8%	10,8%
Período do empréstimo [anos]	5	5	5
Custo da energia só com a energia de apoio	75.018 €	102.114 €	83.266 €
Custo da energia com o sistema solar	56.042 €	69.256 €	63.842 €
Vantagem (preço actual)	10.588 €	18.194 €	15.078 €
Vantagem (preço futuro)	18.395 €	31.608 €	26.194 €

Para melhor se perceber as tabelas apresentam-se os gráficos das tabelas anteriores em função ao tipo de consumo utilizado.





Pela análise dos gráficos pode-se observar que em todos os casos o depósito solar que irá trazer maior vantagem/receita será o de 2000l, pelo que será este o utilizado.

Apêndice C.V – Selecção de Equipamentos

A selecção das bombas foi efectuada com recurso ao cálculo das perdas de carga em cada circuito, sendo que para tal foi necessária a utilização quer do esquema unifilar quer dos desenhos de implementação.

Assim sendo para o circuito solar, obtiveram-se as seguintes características apresentadas na tabela que se segue.

	Comprimento [m]	Caudal [m³/h]	Percentagem de Glicol [%]	Massa volúmica [kg/m³]	Velocidade [m/s]	Diâmetro nominal [mm]	Espessura da parede [mm]
Tubagem - Quente	108,8835	2,030	25	963,730	0,600	42	1,5
Tubagem - Frio	93,7354	2,030	25	993,190	0,600	42	1,5

Os valores apresentados, referentes ao comprimento de tubagem foram retirados do desenho de implementação do Apêndice A.I. Os valores de caudal e velocidade foram recolhidos do programa em utilização, SolTerm. Os valores referentes à percentagem de glicol no sistema foram introduzidos de forma a garantir que nos dias mais frios o fluido que circula neste circuito não congela. Em virtude de se ter utilizado glicol na instalação houve a necessidade de calcular a massa volúmica da mistura, pelo que para este cálculo foram utilizadas as fórmulas expressas no catálogo da empresa MEGlobal.

O diâmetro da tubagem foi retirado do SolTerm, sendo que a espessura da parede do tubo e respectiva perda de carga linear foram retirados do ábaco de perda de carga para cobre, sendo que o gráfico do mesmo se encontra no anexo com o mesmo nome. Assim sendo, os valores obtidos para estes campos são os apresentados na seguinte tabela.

	Diâmetro nominal [mm]	Espessura da parede [mm]	Perda de carga linear [Pa/m]	Perda de carga [Pa]
Tubagem - Quente	42	1,5	105,000	11433
Tubagem - Frio	42	1,5	105,000	9842

Os valores referentes às perdas de carga das singularidades, foram calculadas com recurso ao método directo, usualmente designado de método dos k's, ou seja através da seguinte equação:

$$\Delta P (Pa) = K \times \frac{\rho \times V^2}{2}$$

Legenda:

K – Coeficiente K;

ρ – Massa volúmica, em kg/m³;

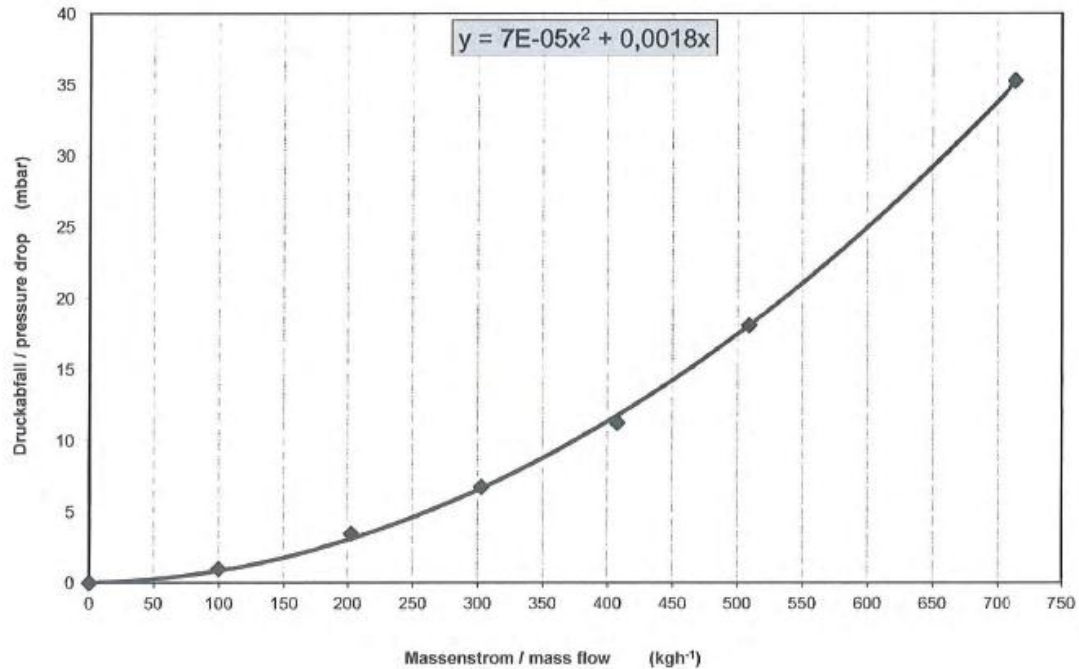
V – Velocidade do fluido, em m/s.

Assim sendo os valores obtidos para este circuito foram os apresentados na tabela seguinte.

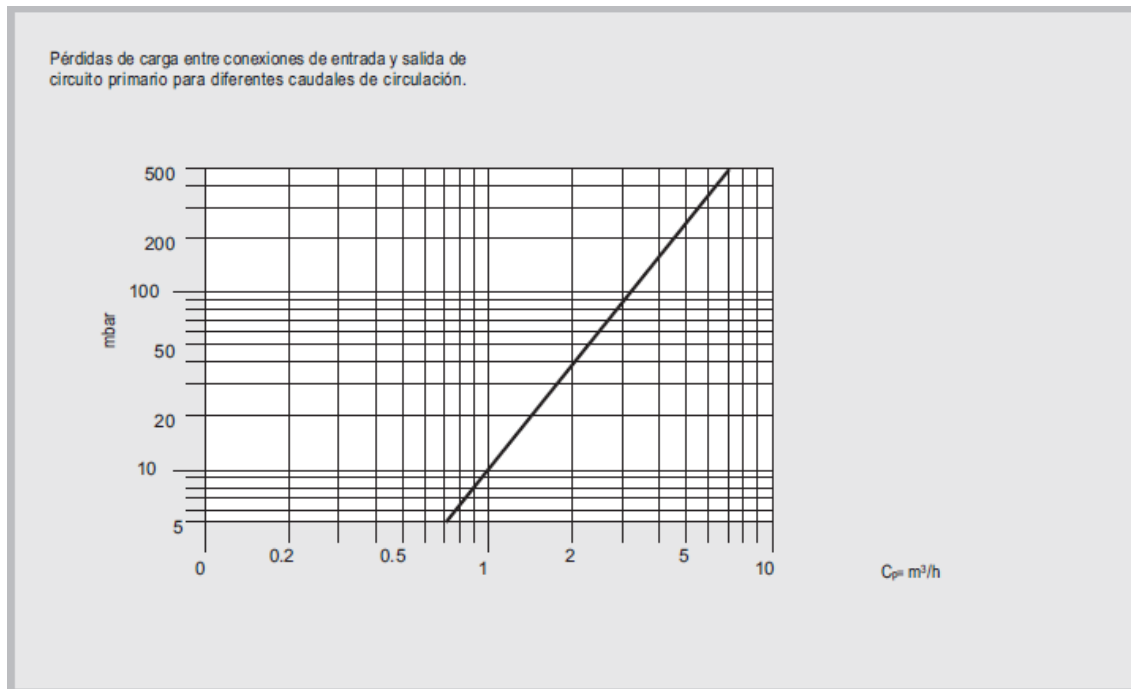
Acessórios	Quantidade	k's	Velocidade [m/s]	Perda de carga [Pa]
Curvas 90°	8	1,5	0,600	2159,87
Válvula corte	8	0,2	0,600	287,98
Válvula regulação	2	10	0,600	3599,79
Válvula anti-retorno	1	2,5	0,600	449,97
Válvula térmoeestáticas	1	10	0,600	1799,89
Permutador interno	1	-	-	5000
Colectores	24	-	-	600

Para o cálculo da perda de carga nos permutadores foi utilizado um ábaco que foi cedido pela empresa da marca dos mesmos para esse efeito, sendo que o mesmo se encontra apresentado em seguida.

Kennlinie Druckabfall / *pressure drop curve*



De forma idêntica foi efectuada o cálculo da perda de carga dos permutadores internos, sendo que para este caso em questão o mesmo se encontra apresentado em baixo.



Após todas as perdas de carga calculadas passou-se à selecção da bomba circuladora, sendo que como nota é apresentado o valor final das perdas de carga deste circuito na tabela abaixo. No entanto convém referir que no valor de perda de carga utilizado, para a selecção das bombas, foi acrescentado 20% ao valor total de forma a garantir eventuais considerações que possam ter falhado.

Perda de Carga total [Pa]	Perda de Carga total [kPa]	Perda de Carga total [m.c.a.]	Perda de Carga total [m.c.a.] + 20%
35172,495	35,172	3,59	4,30

Assim sendo foi seleccionada a bomba da marca Wilo, modelo Star ST 15/7, no entanto convém referir que neste caso específico de selecção tiveram de se efectuar conversões, uma vez que eram pedidos os valores de viscosidade cinemática e de massa volúmica da mistura. Assim sendo voltaram a ser utilizadas as fórmulas do catálogo da MEGlobal para efectuar o cálculo dos campos em questão. Obtendo os valores de consumo energético e as curvas características apresentadas no anexo referente a esta selecção.

Na selecção dos vasos de expansão as equações seguidas para o cálculo do volume nominal (V_N) da instalação foram as seguintes:

$$V_E = \frac{(0,07 \times t - 2,5)}{100} \times V_t$$

Sendo:

V_E : Volume útil do Vaso de Expansão em m^3

t : Temperatura máxima do fluido em $^{\circ}C$

V_t : Volume de fluido em todo o circuito em m^3

$$\eta = \frac{(P_{max} + 1) - (P_{frio} + 1)}{(P_{max} + 1)}$$

Sendo:

η : Rendimento de utilização do sistema

P_{max} : Pressão máxima de exercício da instalação (em bar). Na prática é a regulação da válvula de segurança

P_{frio} : Pressão absoluta inicial (em bar) à cota a que é instalado o vaso, representada pela pressão hidrostática + 0,3 bar. Na prática é a pressão de pré-carga do vaso

$$V_N = \frac{V_E}{\eta} \quad 5$$

Assim sendo o valor do volume total do circuito em análise foi obtido através dos seguintes constituintes considerados, observe-se a seguinte tabela.

Acessório	Quantidade	Volume [m^3]	Total
Colectores	24	0,0015	0,0353
Tubos	-	0,281	0,281
Permutadores	1	0,0015	0,0015
Total [m^3]			0,318
Total [l]			317,467

Os valores referentes ao volume útil e rendimento de utilização do sistema são os apresentados na tabela que se segue.

⁵ Este conjunto de 3 imagens foram retiradas da sétima aula da unidade curricular de Aplicações de Energias Renováveis do Professor João Cardoso (28).

Volume Útil do Vaso de Expansão [m³]	Rendimento de Utilização	Vt [l]	P. Frio [bar]	P. Max [bar]
9,841	0,587	317,467	0,652	3

Pelo que o valor do volume nominal e respectiva selecção do modelo da marca Wilo são os apresentados na seguinte tabela.

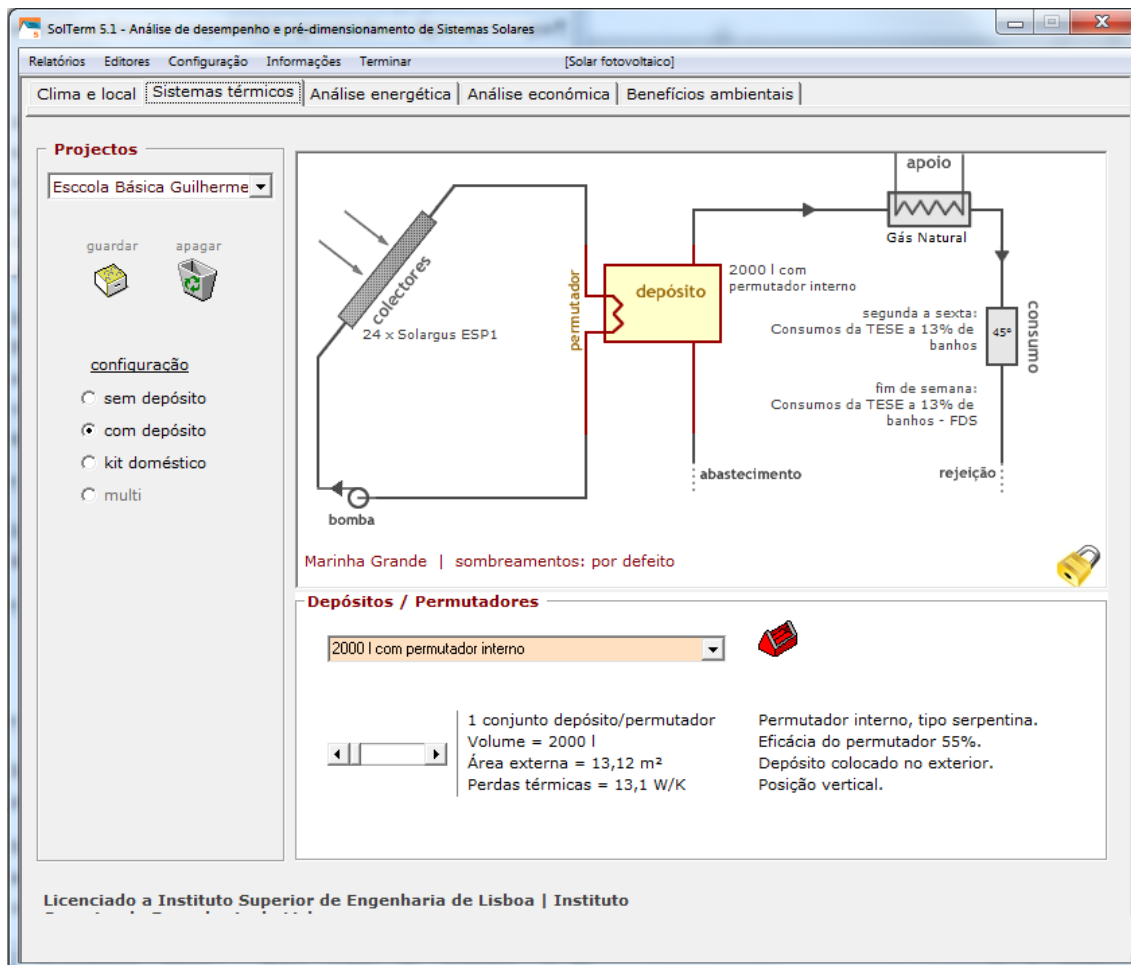
Volume Nominal do Vaso de Expansão [m³]	Modelo a utilizar
16,764	ACS CE 18

Os restantes circuitos do sistema foram calculados segundo o mesmo método de cálculo, pelo que não se irá repetir a sua explicação.

Apêndice D – Simulações SolTerm

Apêndice D.I – 13^a Aproximação do SolTerm

Para a caracterização do sistema solar térmico no programa em uso, SolTerm, é necessário definir todos os parâmetros apresentados na figura que se segue.



As características necessárias para a caracterização do depósito solar são as que se encontram no catálogo da marca considerada, sendo que a capacidade considerada para a primeira aproximação foi de 4000l conforme o descrito anteriormente, no Apêndice C.III. No que se refere à unidade de apoio foi considerada uma unidade a gás natural, em que as características utilizadas foram as características de catálogo, ou seja, de 97,7% de rendimento. Em relação ao perfil de consumo utilizado, o mesmo já foi apresentado anteriormente, nomeadamente no apêndice C.II.

Em relação ao campo dos colectores e nesta aproximação, foi considerado o modelo ESP1, visto ser esta a simulação que gerou o resultado final. As características necessárias para a definição dos campos inerentes, foram efectuados com recurso ao

catálogo da marca utilizada. A única característica que teve de ser calculada foi a aproximação do número de colectores.

A primeira aproximação foi efectuada com base no número total de alunos que tomam banho diariamente e com a área da abertura do colector, através da seguinte expressão:

$$\text{Número de colectores} = \frac{\text{Número de alunos que tomam banho diariamente}}{\text{Área de abertura do colector}}$$

Em relação às características da bomba foram adoptados os valores sugeridos pelo programa.

Para a definição da tubagem no SolTerm foi necessário recorrer às plantas de implementação para a definição do comprimento da tubagem do circuito primário. As características das mesmas foram retiradas da internet^{6,7}, excepto o diâmetro nominal que foi o sugerido aquando do acerto da velocidade de projecto com o seleccionado no campo da bomba.

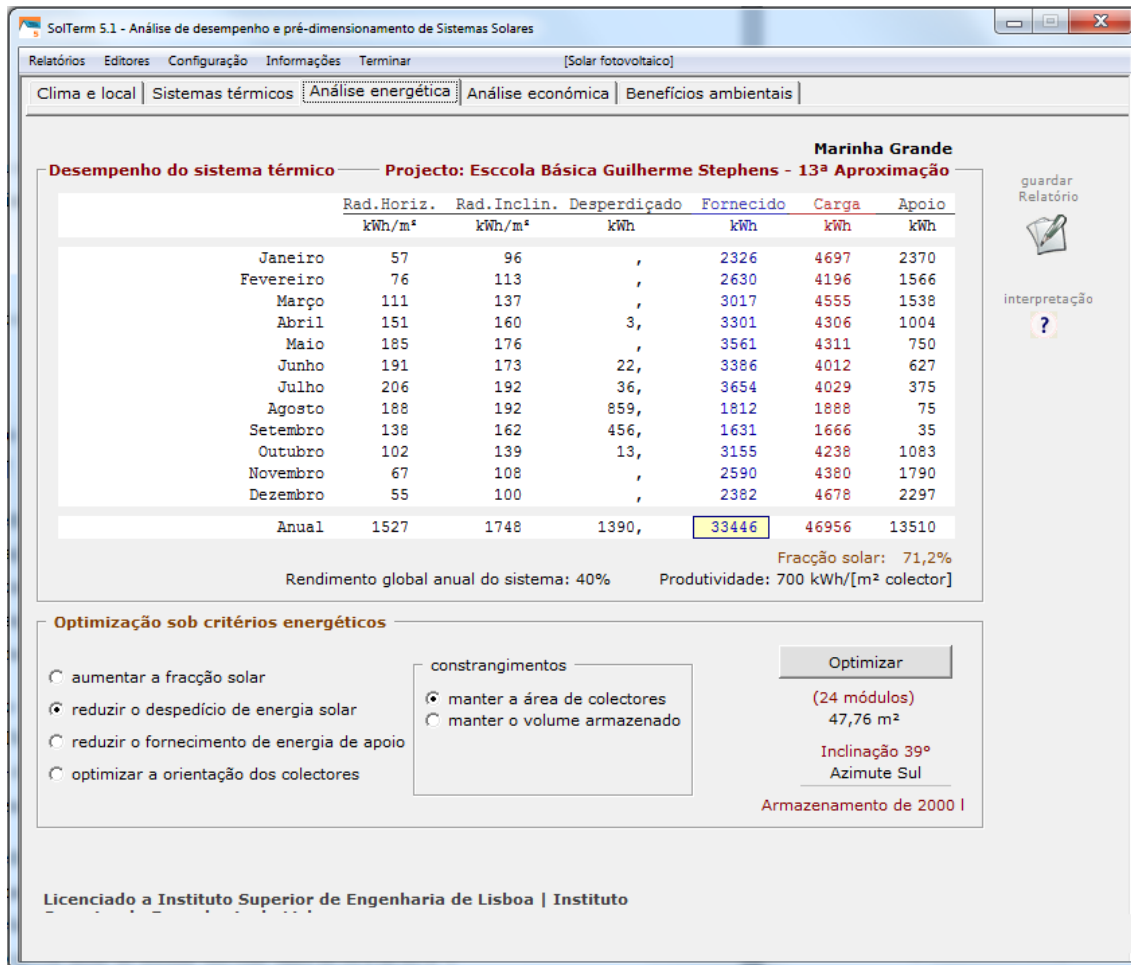
Em relação ao isolamento os parâmetros foram definidos de acordo com o modelo escolhido. No entanto acertos tiveram de ser efectuados pois a condutividade térmica do isolamento é inferior à sugerida pelo RSECE, pelo que se teve de considerar a segunda nota do Anexo III do mesmo regulamento.

Após a definição de todos os campos necessários do separador do sistema térmico, passou-se para o separador da análise energética onde se efectuaram duas optimização, uma em relação à fracção solar, aumentando a mesma para pelo menos 70%, e que o rendimento global anual do sistema estivesse entre os 30 e os 40%.

Após estas simulações efectuadas obtiveram-se os resultados apresentados na seguinte imagem.

⁶ Condutibilidade térmica - Página acedida dia 01/09/2012, às 02:28:
http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html

⁷ Espessura da tubagem - Tabela acedida em: http://www.engineeringtoolbox.com/copper-tubes-astm-b88m-d_780.html, às 02:00 de 06/07/2012



Após esta análise efectuada passa-se agora para a análise económica, onde é necessário definir vários parâmetros, nomeadamente “dados técnico-económicos do sistema”, cenários financeiros e valorização da energia.

Estes “dados técnico-económicos” referem-se a valores do preço do sistema solar que foram obtidos com base numa componente fixa, onde numa primeira fase só foram englobados os depósitos (um de 4000l para o circuito solar, outro de 2000l para a cozinha e outro de 1500l para o pavilhão polidesportivo), sendo que o valor do mesmo foi retirado do catálogo da marca seleccionado, e numa componente variável onde é introduzido o custo do colector por unidade de área.

Em relação aos parâmetros dos incentivos este campo teve de ficar nulo, visto que os mesmos deixaram de existir.

Em relação à vida útil do sistema foi considerado 20 anos, com uma manutenção anual de 1% do custo do sistema e com uma renovação dos componentes de 0,5% do preço do sistema.

Para o campo do cenário financeiro foram efectuadas simulações bancárias, sendo que as mesmas constam no Anexo A, para a obtenção dos valores do rendimento da aplicação financeira segura, da taxa de empréstimo bancária (TAEG).

Sendo que para a comparação do Apêndice C.IV foram utilizados os valores do banco BPI, mas visto que as condições da Caixa Geral de Depósitos eram mais vantajosas foram estas as utilizadas na última análise financeira. O período do empréstimo foi de 5 anos pelas razões apresentadas anteriormente, Apêndice C.IV.

Em relação à inflação foi considerado um valor médio da U.E., em virtude do ciclo de vida da instalação ser grande e não se conseguir prever o valor exacto.

Em relação ao preço do combustível por unidade de massa foram utilizadas as equações expressas anteriormente, mais propriamente no Apêndice C.IV, sendo o valor da mesma de 0,867 €/kg.

No campo da valorização da energia foi necessário efectuar a conversão do preço da energia por kWh, para o preço da energia por unidade de massa de gás natural.

Após todos os campos definidos efectuou-se a optimização económica, na qual será efectuada a relação entre a fracção solar, energia alternativa consumida (entenda-se gás natural), custo do sistema e rentabilidade do mesmo.

Assim obteve-se a seguinte imagem da simulação final e já após o acerto para um número de colectores considerados (24 colectores). Convém referir que na disposição dos colectores, sobre o telhado do pavilhão C, teve-se em atenção o sombreamento provocado pelos mesmos, pelo que foi efectuado o cálculo da distância mínima entre eles, segundo o manual de Instalações Solares Térmicas [25]

SolTerm 5.1 - Análise de desempenho e pré-dimensionamento de Sistemas Solares

Relatórios Editores Configuração Informações Terminar [Solar fotovoltaico]

Clima e local | Sistemas térmicos | Análise energética | **Análise económica** | Benefícios ambientais

Dados técnico-económicos do sistema

Área do painel 47,8 m²

Preço do sistema solar: **30281 €**

Componente fixa 17625 €

Componente variável 265 €/m²

Incentivos: **0 €**

Componente fixa 0 €

Componente variável 0 €/m²

Vida útil: 20 anos

Manutenção anual: 1,0% do preço do sistema

Renovação de componentes: 0,5% do preço do sistema

Valor residual: 0,0% do preço do sistema

Valorização da energia

Preço actual do combustível: 0,867 €/kg (0,020 €/MJ)

Custo da energia solar produzida: 0,037 €/kWh (0,010 €/MJ)

Cenário financeiro sobre 20 anos

Inflação: 2,8% ao ano

Deriva do preço da energia substituída: 2,0% acima da inflação

Rendimento de aplicação financeira segura: 0,0% ao ano

Taxa de empréstimo bancário (TAEG): 4,7% ao ano

pagável em: 5 anos

guardar Análise

Analisar interesse quando...

há capital disponível para investir

é necessário um empréstimo bancário

Sistema solar	Alternativa
Amortizações: -30281 €	
Juros: -4404 €	
Manutenção: -8196 €	
Reparações: -205 €	
Custos de energia (apoio): -32349 € (Custos de energia evitados: 77972 €)	Custos de energia: -110322 €
De reinvestimentos: 0 €	
Valor residual: 0 €	
Balanço	Balanço
no fim do período: -75436 € (a preços actuais: -43423 €)	no fim do período: -110322 € (a preços actuais: -63504 €)

Vantagem: 34886 € (20081 € a preços actuais)

Instalação de sistema solar compensadora (nestas condições).

Optimização económica

LICENCIADO a INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA | INSTITUTO

7. Anexos

Anexos

Anexo A – Crédito Bancário	122
Anexo A.I – BPI	123
Anexo A.II – Caixa Geral de Depósitos	125
Apêndice B – Selecção de bombas	129

Anexo A – Crédito Bancário

Anexo A.I – BPI

SIMULADOR DE CRÉDITO COMERCIAL

Capital	40.000,00 €	Comissão de abertura (inclui imposto de selo):	260,00 €
Prazo	60 meses	Imposto de selo sobre a utilização de capital:	240,00 €
Periodicidade Prest.	Mensal		
Tipo de Taxa	Indexada ▾		
Euribor 1 mês ▾	0,117 %		
Spread	9,250 %	Taxa Anual Efectiva (TAE)	10,074 %
Taxa Nominal (TAN)	9,367 %	Taxa Anual Efectiva Global (TAEG)	10,785 %

Período	Capital em Dívida	Amortização de Capital	Juros	Imposto de Selo s/Juros	Prestação (Capital, Juros e Imposto de Selo s/Juros)
1	40.000,00 €	525,24 €	312,23 €	12,49 €	849,97 €
2	39.474,76 €	529,34 €	308,13 €	12,33 €	849,80 €
3	38.945,41 €	533,48 €	304,00 €	12,16 €	849,64 €
4	38.411,94 €	537,64 €	299,84 €	11,99 €	849,47 €
5	37.874,30 €	541,84 €	295,64 €	11,83 €	849,30 €
6	37.332,46 €	546,07 €	291,41 €	11,66 €	849,13 €
7	36.786,39 €	550,33 €	287,15 €	11,49 €	848,96 €
8	36.236,07 €	554,62 €	282,85 €	11,31 €	848,79 €
9	35.681,44 €	558,95 €	278,52 €	11,14 €	848,62 €
10	35.122,49 €	563,32 €	274,16 €	10,97 €	848,44 €
11	34.559,17 €	567,71 €	269,76 €	10,79 €	848,27 €
12	33.991,46 €	572,15 €	265,33 €	10,61 €	848,09 €
13	33.419,31 €	576,61 €	260,87 €	10,43 €	847,91 €
14	32.842,70 €	581,11 €	256,36 €	10,25 €	847,73 €
15	32.261,59 €	585,65 €	251,83 €	10,07 €	847,55 €
16	31.675,94 €	590,22 €	247,26 €	9,89 €	847,37 €
17	31.085,72 €	594,83 €	242,65 €	9,71 €	847,18 €
18	30.490,89 €	599,47 €	238,01 €	9,52 €	847,00 €
19	29.891,42 €	604,15 €	233,33 €	9,33 €	846,81 €
20	29.287,27 €	608,87 €	228,61 €	9,14 €	846,62 €
21	28.678,41 €	613,62 €	223,86 €	8,95 €	846,43 €
22	28.064,79 €	618,41 €	219,07 €	8,76 €	846,24 €
23	27.446,38 €	623,24 €	214,24 €	8,57 €	846,05 €
24	26.823,15 €	628,10 €	209,38 €	8,38 €	845,85 €
25	26.195,05 €	633,00 €	204,47 €	8,18 €	845,66 €
26	25.562,04 €	637,94 €	199,53 €	7,98 €	845,46 €
27	24.924,10 €	642,92 €	194,55 €	7,78 €	845,26 €
28	24.281,18 €	647,94 €	189,53 €	7,58 €	845,06 €
29	23.633,23 €	653,00 €	184,48 €	7,38 €	844,86 €
30	22.980,23 €	658,10 €	179,38 €	7,18 €	844,65 €
31	22.322,14 €	663,23 €	174,24 €	6,97 €	844,45 €
32	21.658,90 €	668,41 €	169,07 €	6,76 €	844,24 €
33	20.990,49 €	673,63 €	163,85 €	6,55 €	844,03 €
34	20.316,86 €	678,89 €	158,59 €	6,34 €	843,82 €
35	19.637,98 €	684,19 €	153,29 €	6,13 €	843,61 €
36	18.953,79 €	689,53 €	147,95 €	5,92 €	843,39 €
37	18.264,26 €	694,91 €	142,57 €	5,70 €	843,18 €
38	17.569,35 €	700,33 €	137,14 €	5,49 €	842,96 €
39	16.869,02 €	705,80 €	131,68 €	5,27 €	842,74 €
40	16.163,22 €	711,31 €	126,17 €	5,05 €	842,52 €
41	15.451,91 €	716,86 €	120,62 €	4,82 €	842,30 €
42	14.735,05 €	722,46 €	115,02 €	4,60 €	842,08 €
43	14.012,59 €	728,10 €	109,38 €	4,38 €	841,85 €
44	13.284,49 €	733,78 €	103,70 €	4,15 €	841,62 €
45	12.550,71 €	739,51 €	97,97 €	3,92 €	841,40 €
46	11.811,21 €	745,28 €	92,20 €	3,69 €	841,16 €
47	11.065,93 €	751,10 €	86,38 €	3,46 €	840,93 €
48	10.314,83 €	756,96 €	80,52 €	3,22 €	840,70 €
49	9.557,87 €	762,87 €	74,61 €	2,98 €	840,46 €
50	8.795,00 €	768,82 €	68,65 €	2,75 €	840,22 €
51	8.026,17 €	774,83 €	62,65 €	2,51 €	839,98 €
52	7.251,35 €	780,87 €	56,60 €	2,26 €	839,74 €
53	6.470,47 €	786,97 €	50,51 €	2,02 €	839,50 €
54	5.683,50 €	793,11 €	44,36 €	1,77 €	839,25 €
55	4.890,39 €	799,30 €	38,17 €	1,53 €	839,00 €
56	4.091,09 €	805,54 €	31,93 €	1,28 €	838,75 €
57	3.285,54 €	811,83 €	25,65 €	1,03 €	838,50 €
58	2.473,71 €	818,17 €	19,31 €	0,77 €	838,25 €
59	1.655,54 €	824,55 €	12,92 €	0,52 €	837,99 €
60	830,99 €	830,99 €	6,49 €	0,26 €	837,74 €

Anexo A.II – Caixa Geral de Depósitos

Estimado(a) Cliente,

Agradecemos o seu contacto. Considerando a informação apresentada e a actual situação de mercado propomos-lhe as seguintes condições de crédito:

Dados da Simulação

Família de Produto	209 - CREDITO PESSOAL CREDICAIXA
Produto	028 - CREDITO PESSOAL-ENERGIAS RENOV
Finalidade do Crédito	000232 - EDP 2011 - ENERGIAS RENOVAVEIS
Montante do Empréstimo	30.000,00
Moeda	EUR
Prazo	60 - MESES
Taxa Nominal	4,2080000
T.A.E.G.	4,6503279

Plano Financeiro

Prestações: Todas

Ano /Prest	Data	Evento	Valor Líquido	Capital Vincendo	Capital	Juros	Bonificações	Cod. Encargo	Comi.	Desp.	Imp.	Cod. Seguro	Seguro
1/0	2012-11-1 2	COMISSAO DE CONTRATO	156,00	0,00	0,00	0,00	0,00	164	150,00	0,00	6,00		0,00
1/1	2012-12-1 2	VENC DE PRESTACAO	561,09	30.000,00	450,12	105,20	0,00		1,50	0,00	4,27		0,00
1/2	2013-01-1 2	VENC DE PRESTACAO	561,02	29.549,88	451,70	103,62	0,00		1,50	0,00	4,20		0,00
1/3	2013-02-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,96	29.098,18	453,28	102,04	0,00		1,50	0,00	4,14		0,00
1/4	2013-03-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,90	28.644,90	454,87	100,45	0,00		1,50	0,00	4,08		0,00
1/5	2013-04-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,83	28.190,03	456,47	98,85	0,00		1,50	0,00	4,01		0,00
1/6	2013-05-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,77	27.733,56	458,07	97,25	0,00		1,50	0,00	3,95		0,00
1/7	2013-06-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,71	27.275,49	459,67	95,65	0,00		1,50	0,00	3,89		0,00
1/8	2013-07-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,64	26.815,82	461,29	94,03	0,00		1,50	0,00	3,82		0,00
1/9	2013-08-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,58	26.354,53	462,90	92,42	0,00		1,50	0,00	3,76		0,00
1/10	2013-09-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,51	25.891,63	464,53	90,79	0,00		1,50	0,00	3,69		0,00
1/11	2013-10-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,45	25.427,10	466,16	89,16	0,00		1,50	0,00	3,63		0,00
1/12	2013-11-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,38	24.960,94	467,79	87,53	0,00		1,50	0,00	3,56		0,00
2/13	2013-12-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,32	24.493,15	469,43	85,89	0,00		1,50	0,00	3,50		0,00
2/14	2014-01-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,25	24.023,72	471,08	84,24	0,00		1,50	0,00	3,43		0,00
2/15	2014-02-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,18	23.552,64	472,73	82,59	0,00		1,50	0,00	3,36		0,00
2/16	2014-03-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,12	23.079,91	474,39	80,93	0,00		1,50	0,00	3,30		0,00
2/17	2014-04-1 2	VENC DE PRESTACAO	560,05	22.605,52	476,05	79,27	0,00		1,50	0,00	3,23		0,00
2/18	2014-05-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,98	22.129,47	477,72	77,60	0,00		1,50	0,00	3,16		0,00
2/19	2014-06-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,92	21.651,75	479,39	75,93	0,00		1,50	0,00	3,10		0,00
2/20	2014-07-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,85	21.172,36	481,08	74,24	0,00		1,50	0,00	3,03		0,00
2/21	2014-08-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,78	20.691,28	482,76	72,56	0,00		1,50	0,00	2,96		0,00
2/22	2014-09-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,71	20.208,52	484,46	70,86	0,00		1,50	0,00	2,89		0,00
2/23	2014-10-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,65	19.724,06	486,15	69,17	0,00		1,50	0,00	2,83		0,00
2/24	2014-11-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,58	19.237,91	487,86	67,46	0,00		1,50	0,00	2,76		0,00
3/25	2014-12-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,51	18.750,05	489,57	65,75	0,00		1,50	0,00	2,69		0,00
3/26	2015-01-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,44	18.260,48	491,29	64,03	0,00		1,50	0,00	2,62		0,00
3/27	2015-02-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,37	17.769,19	493,01	62,31	0,00		1,50	0,00	2,55		0,00
3/28	2015-03-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,30	17.276,18	494,74	60,58	0,00		1,50	0,00	2,48		0,00
3/29	2015-04-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,23	16.781,44	496,47	58,85	0,00		1,50	0,00	2,41		0,00
3/30	2015-05-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,16	16.284,97	498,21	57,11	0,00		1,50	0,00	2,34		0,00
3/31	2015-06-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,09	15.786,76	499,96	55,36	0,00		1,50	0,00	2,27		0,00
3/32	2015-07-1 2	VENC DE PRESTACAO	559,02	15.286,80	501,71	53,61	0,00		1,50	0,00	2,20		0,00
3/33	2015-08-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,95	14.785,09	503,47	51,85	0,00		1,50	0,00	2,13		0,00
3/34	2015-09-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,88	14.281,62	505,24	50,08	0,00		1,50	0,00	2,06		0,00
3/35	2015-10-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,81	13.776,38	507,01	48,31	0,00		1,50	0,00	1,99		0,00
3/36	2015-11-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,74	13.269,37	508,79	46,53	0,00		1,50	0,00	1,92		0,00
4/37	2015-12-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,67	12.760,58	510,57	44,75	0,00		1,50	0,00	1,85		0,00
4/38	2016-01-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,60	12.250,01	512,36	42,96	0,00		1,50	0,00	1,78		0,00
4/39	2016-02-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,53	11.737,65	514,16	41,16	0,00		1,50	0,00	1,71		0,00
4/40	2016-03-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,45	11.223,49	515,96	39,36	0,00		1,50	0,00	1,63		0,00
4/41	2016-04-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,38	10.707,53	517,77	37,55	0,00		1,50	0,00	1,56		0,00
4/42	2016-05-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,31	10.189,76	519,59	35,73	0,00		1,50	0,00	1,49		0,00
4/43	2016-06-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,24	9.670,17	521,41	33,91	0,00		1,50	0,00	1,42		0,00
4/44	2016-07-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,16	9.148,76	523,24	32,08	0,00		1,50	0,00	1,34		0,00
4/45	2016-08-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,09	8.625,52	525,07	30,25	0,00		1,50	0,00	1,27		0,00
4/46	2016-09-1 2	VENC DE PRESTACAO	558,02	8.100,45	526,91	28,41	0,00		1,50	0,00	1,20		0,00

Caixa Geral de Depósitos

4/47	2016-10-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,94	7.573,54	528,76	26,56	0,00		1,50	0,00	1,12		0,00
4/48	2016-11-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,87	7.044,78	530,62	24,70	0,00		1,50	0,00	1,05		0,00
5/49	2016-12-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,79	6.514,16	532,48	22,84	0,00		1,50	0,00	0,97		0,00
5/50	2017-01-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,72	5.981,68	534,34	20,98	0,00		1,50	0,00	0,90		0,00
5/51	2017-02-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,64	5.447,34	536,22	19,10	0,00		1,50	0,00	0,82		0,00
5/52	2017-03-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,57	4.911,12	538,10	17,22	0,00		1,50	0,00	0,75		0,00
5/53	2017-04-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,49	4.373,02	539,99	15,33	0,00		1,50	0,00	0,67		0,00
5/54	2017-05-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,42	3.833,03	541,88	13,44	0,00		1,50	0,00	0,60		0,00
5/55	2017-06-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,34	3.291,15	543,78	11,54	0,00		1,50	0,00	0,52		0,00
5/56	2017-07-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,27	2.747,37	545,69	9,63	0,00		1,50	0,00	0,45		0,00
5/57	2017-08-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,19	2.201,68	547,60	7,72	0,00		1,50	0,00	0,37		0,00
5/58	2017-09-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,11	1.654,08	549,52	5,80	0,00		1,50	0,00	0,29		0,00
5/59	2017-10-1 2	VENC DE PRESTACAO	557,03	1.104,56	551,45	3,87	0,00		1,50	0,00	0,21		0,00
5/60	2017-11-1 2	VENC DE PRESTACAO	556,69	553,11	553,11	1,94	0,00		1,50	0,00	0,14		0,00

Esta simulação não constitui qualquer obrigação de conceder crédito, e é válida para a data, valores e condições indicadas.

Processado por computador

em 12/11/2012

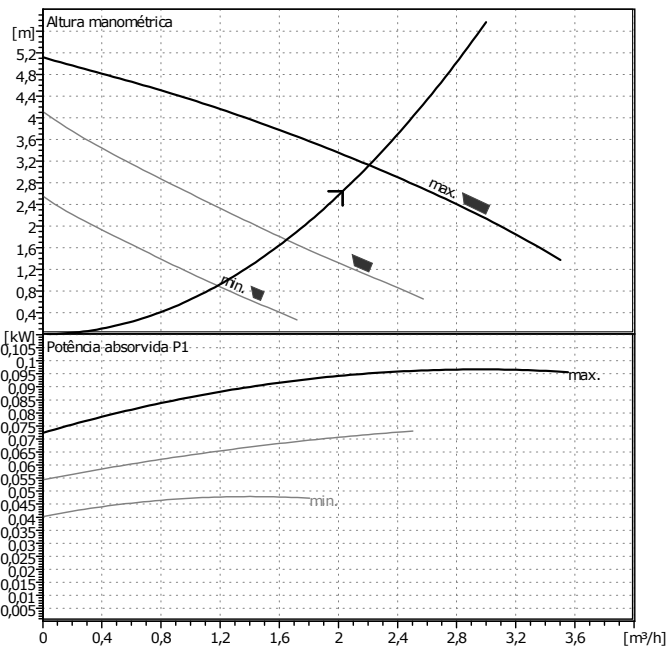
Apêndice B – Selecção de bombas

Cliente
Nº de cliente
Contacto
Á atenção de

Projecto
Projecto Nº
Posição Nº
Localização
Data

27.12.2012

Página 1 / 1



Dados necessários

Caudal	2,03	m³/h
Altura manométrica	2,64	m
Fluido	Água limpa	
Temperatura do fluido	20	°C
Densidade	0,9983	kg/dm³
Viscosidade cinemática	0,5286	mm²/s
Pressão do vapor	0	bar

Dados da bomba

Marca	WILO
Tipo	Star-RSL 25/6
Tipo de bomba	Bomba simples
Pressão nominal máx.	PN10
Temp. mín. fluido	-10 °C
temp. máx. fluido	110 °C

Dados hidráulicos (Ponto de funcionamento)

Caudal	2,21	m³/h
Altura manométrica	3,12	m
Potência absorvida P1	0,0952	kW
Velocidade	2200	1/min

Altura mínima de sucção

Temperatura	50	95	110		°C
Altura mínima de sucção	0,5	3	10		m

Materiais / Vedante do veio

Carcaça	EN-GJL-200
Veio	X 40 Cr 13
Impulsor	Polipropileno
Casquilho	Grafite

Medidas

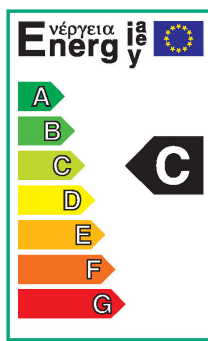
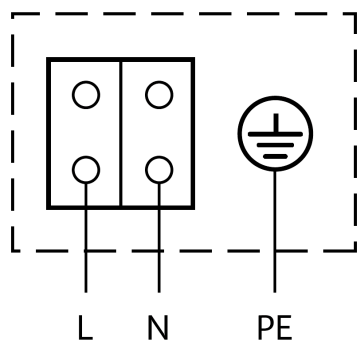
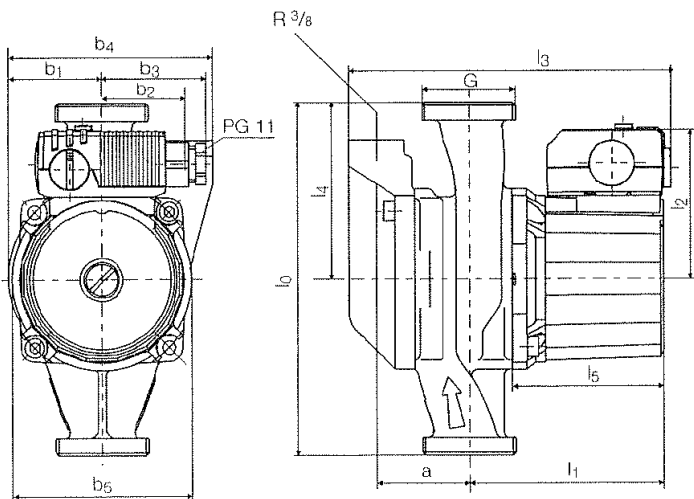
				mm	
a	48	b5	92,5	l4	90
b1	48	l0	180	l5	79
b2	43	l1	100		
b3	54	l2	76		
b4	105	l3	166		

Lado da aspiração	Rp 1/G 1½	/ PN 10
Lado da compressão	Rp 1/G 1½	/ PN 10
Peso	3,5	kg

Dados do motor

Energy efficiency class	C
Potência nominal P2	0,037 kW
Potência absorvida P1	0,0989 kW
Velocidade nominal	2200 1/min
Tensão nominal	1~230 V, 50 Hz
Corrente máx.	0,41 A
Classe de protecção	IP 44
Tolerância de tensão permitida +/-	10%

Item Nº da versão standard 4035762

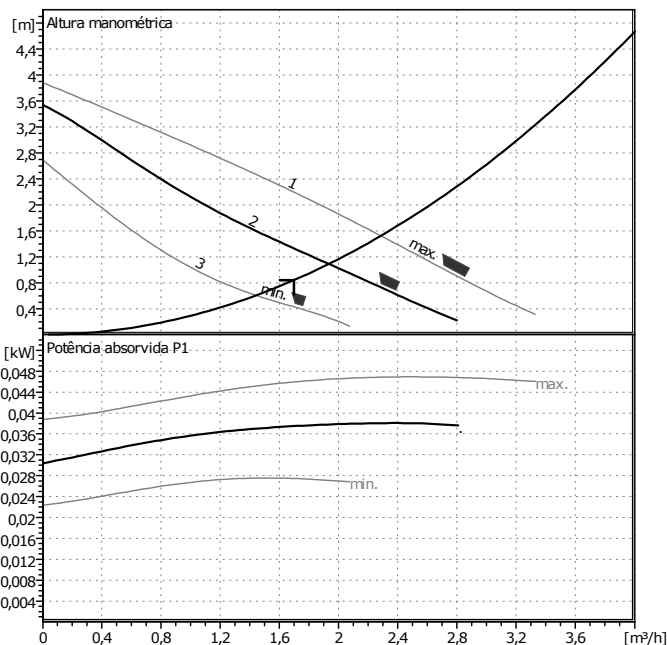


Cliente
Nº de cliente
Contacto
Á atenção de

Projecto
Projecto Nº
Posição Nº
Localização
Data

27.12.2012

Página 1 / 1



Dados necessários

Caudal	1,698 m³/h
Altura manométrica	0,84 m
Fluido	Água limpa
Temperatura do fluido	20 °C
Densidade	0,9982 kg/dm³
Viscosidade cinemática	1,001 mm²/s
Pressão do vapor	0 bar

Dados da bomba

Marca	WILO
Tipo	Star-RS 30/4
Tipo de bomba	Bomba simples
Modo de funcionamento	1
Pressão nominal máx.	PN10
Temp. mín. fluido	-10 °C
temp. máx. fluido	110 °C

Dados hidráulicos (Ponto de funcionamento)

Caudal	1,93 m³/h
Altura manométrica	1,09 m
Potência absorvida P1	0,0378 kW

Altura mínima de sucção

Temperatura	50	95	110			°C
Altura mínima de sucção	0,5	3	10			m

Materiais / Vedante do veio

Carcaça	EN-GJL-200
Veio	X 40 Cr 13
Impulsor	Polipropileno
Casquilho	Grafite

Medidas

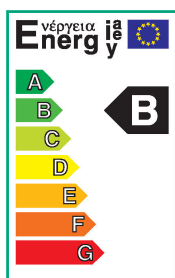
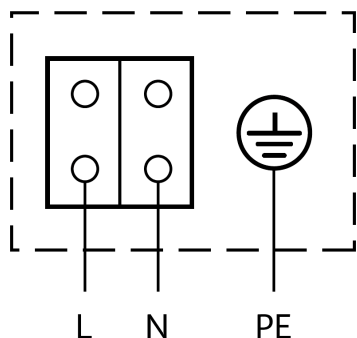
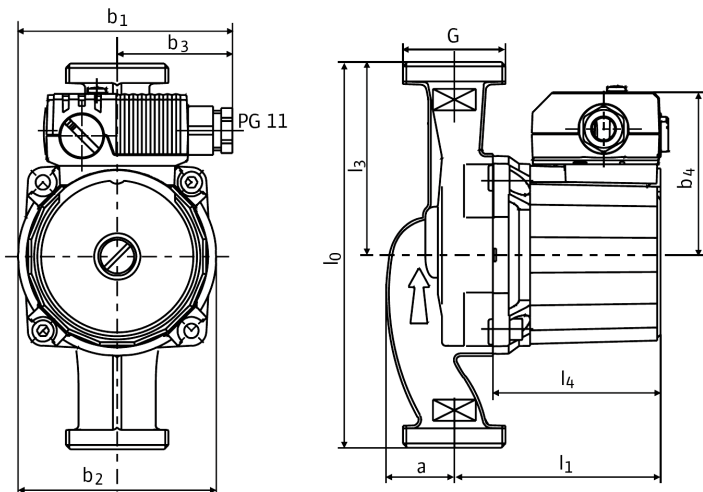
							mm		
a	33	14	79						
b1	100	10	180						
b2	92,5	11	97						
b3	54	13	90						
b4	73								

Lado da aspiração	Rp 1¼/G 2	/ PN10
Lado da compressão	Rp 1¼/G 2	/ PN10
Peso	2,6 kg	

Dados do motor

Energy efficiency class	B
Potência nominal P2	17 W
Potência absorvida P1	48 W
Velocidade nominal	2200 1/min
Tensão nominal	1~ 230 V, 50Hz
Corrente máx.	0,21 A
Classe de protecção	IP 44
Tolerância de tensão permitida +/-	10%

Item Nº da versão standard 4033765

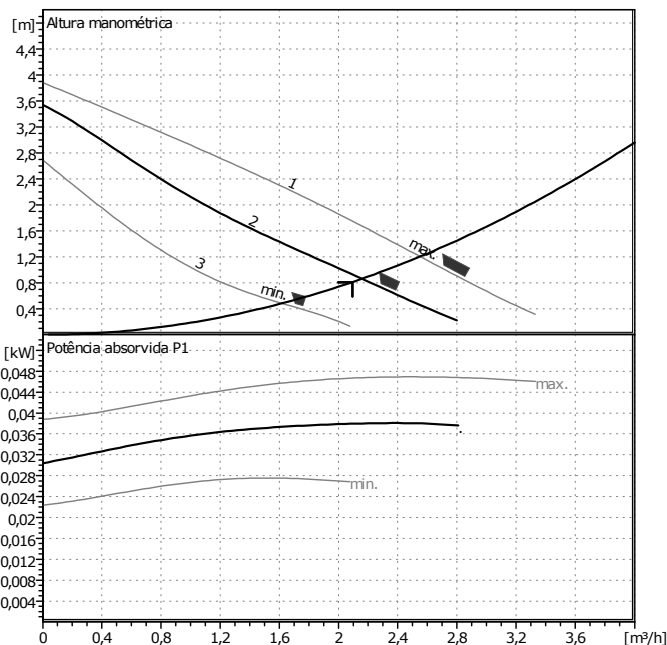


Cliente
Nº de cliente
Contacto
Á atenção de

Projecto
Projecto Nº
Posição Nº
Localização
Data

27.12.2012

Página 1 / 1



Dados necessários

Caudal	2,093 m³/h
Altura manométrica	0,81 m
Fluido	Água limpa
Temperatura do fluido	20 °C
Densidade	0,9982 kg/dm³
Viscosidade cinemática	1,001 mm²/s
Pressão do vapor	0 bar

Dados da bomba

Marca	WILO
Tipo	Star-RS 15/4-130
Tipo de bomba	Bomba simples
Modo de funcionamento	1
Pressão nominal máx.	PN10
Temp. mín. fluido	-10 °C
temp. máx. fluido	110 °C

Dados hidráulicos (Ponto de funcionamento)

Caudal	2,16 m³/h
Altura manométrica	0,862 m
Potência absorvida P1	0,038 kW

Altura mínima de sucção

Temperatura	50	95	110		°C
Altura mínima de sucção	0,5	3	10		m

Materiais / Vedante do veio

Carcaça	EN-GJL-200
Veio	X 40 Cr 13
Impulsor	Polipropileno
Casquilho	Grafite

Medidas

		mm			
a	33	14	79		
b1	100	10	130		
b2	92,5	11	97		
b3	54	13	65		
b4	73				

Lado da aspiração	Rp ½/G 1	/ PN10
Lado da compressão	Rp ½/G 1	/ PN10
Peso	2,2 kg	

Dados do motor

Energy efficiency class	B
Potência nominal P2	17 W
Potência absorvida P1	48 W
Velocidade nominal	2200 1/min
Tensão nominal	1~ 230 V, 50Hz
Corrente máx.	0,21 A
Classe de protecção	IP 44
Tolerância de tensão permitida +/-	10%

Item Nº da versão standard	4063802
----------------------------	---------

