



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

# **Desempenho Energético no Âmbito do Aquecimento Solar Térmico para as Condições de Utilização Recomendadas pelo RSECE/RCCTE**

**SÓNIA CRISTINA MARTINS ANTUNES**  
(Licenciada em Engenharia Mecânica)

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

Orientador (a):

Prof. Doutora Cláudia Séneca da Luz Casaca

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Rui Pedro Chedas de Sampaio

Vogais:

Prof. Especialista João Antero Cardoso

Prof. Doutora Cláudia Séneca da Luz Casaca

**Dezembro de 2014**



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

**Desempenho Energético no Âmbito do Aquecimento Solar  
Térmico para as Condições de Utilização Recomendadas  
pelo RSECE/RCCTE**

**SÓNIA CRISTINA MARTINS ANTUNES**  
(Licenciada em Engenharia Mecânica)

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

Orientador (a):

Prof. Doutora Cláudia Séneca da Luz Casaca

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Rui Pedro Chedas de Sampaio

Vogais:

Prof. Especialista João Antero Cardoso

Prof. Doutora Cláudia Séneca da Luz Casaca

**Dezembro de 2014**

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Professora Doutora Cláudia Casaca pela orientação, apoio prestado, atenção, ensinamentos, níveis de exigência e qualidade que contribuíram para uma melhoria desta dissertação.

Um agradecimento especial ao Professor João Cardoso pela sua disponibilidade, simpatia e apoio no esclarecimento de dúvidas.

Agradeço profundamente aos meus pais e a todos os meus amigos que directa ou indirectamente me ajudaram, especialmente ao David Figueiredo, Pedro Rosa, Ricardo Freitas e Vanda Santos, pelo apoio constante, partilha de ideias, incentivo e por me terem dado condições para a realização desta dissertação, o que não seria possível sem ajuda e paciência deles.

Por fim, agradecer ao meu namorado Filipe, pelo apoio incondicional transmitido durante todo o período académico e por estar sempre ao meu lado.



## **Resumo**

A presente dissertação consistiu no estudo do desempenho energético de dois sistemas solares – termossifão e circulação forçada – utilizados no Refeitório do ISEL no âmbito do aquecimento solar térmico para as condições de utilização recomendadas pelo RSECE.

Realizou-se uma campanha de medições durante o período de doze meses, tendo este sido iniciado em Abril de 2013 e terminado em Março de 2014. Esta campanha permitiu determinar o desempenho energético de ambos os sistemas em estudo.

As condições recomendadas pelo RSECE (60 °C) serviram como referência para os resultados experimentais obtidos, para serem comparados com dados registados anteriormente na mesma instalação, mas com uma condição de funcionamento de 50 °C, verificando-se um incremento de carga e, conseqüentemente, um aumento de energia por parte dos sistemas de apoio, o que se traduziu numa diminuição da fracção solar em ambos os sistemas.

Para estudar estes dois sistemas solares, realizaram-se várias simulações com o *software Solterm*, tendo em conta diversos factores, como por exemplo, a temperatura de água da rede assumida pelo programa e a evolvente geográfica. Os resultados obtidos foram comparados com os experimentais, observando-se discrepâncias entre os dois resultados.

Através do valor do *Esolar* de cada sistema e sabendo o custo da energia primária de origem fóssil, foi possível verificar a evolução do “tempo simples de retorno” em função do investimento inicial. As conclusões retiradas permitiram observar claramente o comportamento de ambos os sistemas (circulação forçada e termossifão), no qual se verificou um retorno de investimento mais célere para o sistema termossifão.

Finalmente, e tendo em vista uma análise de desempenho energético, realizou-se um estudo de comparação entre várias tecnologias de colectores solares térmicos existentes no mercado para dois edifícios distintos, nomeadamente, uma habitação unifamiliar e um empreendimento turístico. Para ambos os casos foram consideradas diversas zonas do país e averiguou-se que o tipo de colector depende das características do tipo de edifício.

## **Palavras-chave**

Águas Quentes Sanitárias; Circulação Forçada; Termossifão; Viabilidade das instalações; Colectores solares



## **ABSTRACT**

The present work consisted in the study of the energy performance of the solar thermal system used in the Refectory of the ISEL heating for the conditions of use recommended by RSECE two solar systems - thermosyphon and forced circulation.

We conducted a measurement campaign during the period of twelve months, which was initiated in April 2013 and completed in March 2014. This campaign enabled us to determine the energy performance of both systems under study.

The recommended temperature by RSECE ( $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) used as reference for the experimental results, for comparison with data previously recorded in the same system, but with a working condition of  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , verifying an increase of load, and consequently, an increase of energy by the supporting systems, which resulted in a decrease in solar fraction in both systems.

To study these two solar systems, several simulations were performed with the Solterm software, taking into account various factors such as water temperature assumed by the network program and the geographic surroundings. The results were compared with the experimental measurements noting the discrepancies between the two results.

With the value of *Esolar* of each system and knowing the cost of primary energy from fossil fuels, we observed the evolution of the "simple payback period" based on the initial investment. The results obtained allow a clear picture of the behavior of both systems (forced and thermosiphon circulation), in which there was a faster return of investment for the thermosyphon system.

Finally, and in view of an analysis of energy performance, we performed a comparison study between of various technologies of existing solar thermal collectors on the market for two distinct buildings, including a single family dwelling and a tourist venture. For both cases various areas of the country were considered and it was verified that the best collector type depends on the characteristics of the type of building.

## **Keywords**

Hot Water; Forced Circulation; thermosyphon; Viability of the facility; solar collectors



## **Abreviaturas**

AQS - Águas Quentes Sanitárias

RSECE - Regulamento de sistemas de energia de climatização em edifícios

RCCTE - Regulamento das características de comportamento térmico em edifícios

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia

SCE - Sistema Certificação Energética dos Edifícios

ADENE - Agência para a energia

AqSpP - Programa Água Quente Solar para Portugal

SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comercio e Serviços



# Índice

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
ABSTRACT .....	v
Abreviaturas .....	vii
Índice .....	ix
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Índice de Gráficos .....	xv
1. Introdução .....	1
1.1 Motivação e contexto .....	1
1.2 Objectivos .....	2
1.3 Enquadramento Legal .....	3
2. Enquadramento teórico .....	5
2.1 Componentes da instalação .....	5
2.2 Interligação do colectores.....	20
2.3 Estudo energético do colector .....	22
2.4 Configuração dos sistemas solares.....	25
2.5 Condições de utilização dos colectores solares .....	26
2.6 Higiene e segurança .....	29
2.7 Manutenção .....	32
3. Caso de Estudo .....	25
3.1 Caracterização do local .....	35
3.2 Caracterização da instalação.....	35
3.3 Perfil de Consumo .....	38
3.4 Metodologia.....	38
3.5 Simulação <i>Solterm</i> .....	41
4. Análise de Resultados .....	49
4.1 Sistema Termossifão .....	50
4.2 Sistema Circulação Forçada .....	51

4.3 Comparação da energia produzida pelos dois sistemas através dos dados experimentais	.52
4.4 Comparação dos resultados experimentais obtidos com a outra condição de funcionamento	53
4.5 Comparação dos dados obtidos com o <i>software</i> e dos dados recolhidos da instalação	56
5. Viabilidade das instalações	63
6. Estudo geográfico para vários tipos de colectores	67
6.1 Edifício unifamiliar	68
6.2 Empreendimento turístico	68
7. Conclusão	77
8. Bibliografia	79
ANEXO A- Resumo de comparação dos sistemas de circulação	85
ANEXO B- Figura 2.19	87
ANEXO C- Esquema de princípio da instalação no ISEL	89
ANEXO D- Folha de Cálculo	91
ANEXO E- Radiação Solar mensal	111
ANEXO F- Relatórios do <i>Solterm</i> dos sistemas instalados no ISEL	119
ANEXO H - Relatórios do <i>Solterm</i> utilizando vários tipos de colectores nas diferentes localidade nos dois edifícios distintos	147
ANEXO I- Perfil de Consumo de água do empreendimento	149

# Índice de Figuras

Figura 2.1 - Esquema Solar com depósito de uma serpentina e apoio de esquentador .....	5
Figura 2.2 - Simbologia do esquema solar .....	5
Figura 2.3 - Colector plano com cobertura .....	8
Figura 2.4 - Colector solar sem cobertura .....	10
Figura 2.5 - Corte transversal de um colectoe parabólico composto .....	10
Figura 2.6 - Colector solar - Tubos de vácuo .....	11
Figura 2.7 – Colector de tubos de vácuo com acumulador e serpentina na parte superior .....	12
Figura 2.8 - Exemplo de permutador externo .....	14
Figura 2.9 - Exemplo de permutador integrado .....	14
Figura 2.10 - Exemplo de acumulador com duas serpentinas .....	17
Figura 2.11 - Ligação de colectores solares térmicos em série .....	21
Figura 2.12 - Ligação de colectores térmicos em paralelo .....	21
Figura 2.13 - Ligação de colectores térmicos em paralelo de canais .....	21
Figura 2.14 - Exemplo de sistema termossifão .....	25
Figura 2.15 - Exemplo de sistema de circulação forçada .....	26
Figura 2.16 - Suporte para superfícies planas .....	28
Figura 2.17 - Estrutura para superfícies inclinadas .....	29
Figura 2.18 - Exemplo da bactéria <i>legionella</i> .....	30
Figura 2.19 - Temperatura média da água no funcionamento de alguns equipamentos e instalações e o seu efeito sobre a <i>legionella</i> .....	31
Figura 3.1- Excerto dos outputs retirados da folha de dados.....	39
Figura 3.2 - Excerto da folha de cálculo do termossifão.....	40
Figura 3.3 - Dados iniciais do Solterm.....	41
Figura 3.4 - Detalhes do local (Lisboa).....	42
Figura 3.5 - Perfil de consumo ( <i>Solterm</i> ) .....	42
Figura 3.6 - Temperaturas da água da rede da segunda simulação ( <i>Solterm</i> ).....	43
Figura 3.7 - Dados do permutador e acumulador ( <i>Solterm</i> ) .....	43
Figura 3.8 - Características do conjunto depósito/permutador ( <i>Solterm</i> ).....	44
Figura 3.9 - Sistema de apoio ( <i>Solterm</i> ).....	44
Figura 3.10 - Características do colector solar para o sistema circulação forçada ( <i>Solterm</i> ) .....	49
Figura 3.11 - Características do colector solar para o sistema termossifão ( <i>Solterm</i> ) .....	45
Figura 3.12 - Análise energética da circulação forçada ( <i>Solterm</i> ).....	45
Figura 3.13 - Análise energética do termossifão ( <i>Solterm</i> ).....	52
Figura B.1 - Temperatura média da água no funcionamento de alguns equipamentos e instalações e o seu efeito sobre a <i>legionella</i> .....	87

Figura E.1- Radiação solar em Lisboa no mês de Abril de 2012 .....	111
Figura E.2 - Radiação solar em Lisboa no mês de Maio de 2012 .....	111
Figura E.3 - Radiação solar em Lisboa no mês de Junho de 2012 .....	111
Figura E.4 - Radiação solar em Lisboa no mês de Julho de 2012 .....	112
Figura E.5 - Radiação solar em Lisboa no mês de Agosto de 2012 .....	112
Figura E.6 - Radiação solar em Lisboa no mês de Setembro de 2012 .....	112
Figura E.7 - Radiação solar em Lisboa no mês de Outubro de 2012 .....	113
Figura E.8 - Radiação solar em Lisboa no mês de Novembro de 2012 .....	113
Figura E.9 - Radiação solar em Lisboa no mês de Dezembro de 2012 .....	113
Figura E.10 - Radiação solar em Lisboa no mês de Abril de 2013 .....	114
Figura E.11- Radiação solar em Lisboa no mês de Maio de 2013 .....	114
Figura E.12 - Radiação solar em Lisboa no mês de Junho de 2013 .....	114
Figura E.13 - Radiação solar em Lisboa no mês de Julho de 2013 .....	115
Figura E.14 - Radiação solar em Lisboa no mês de Agosto de 2013 .....	115
Figura E.15 - Radiação solar em Lisboa no mês de Setembro de 2013 .....	115
Figura E.16 - Radiação solar em Lisboa no mês de Outubro de 2013 .....	116
Figura E.17 - Radiação solar em Lisboa no mês de Novembro de 2013 .....	116
Figura E.18 - Radiação solar em Lisboa no mês de Dezembro de 2013 .....	116
Figura E.19 - Radiação solar em Lisboa no mês de Janeiro de 2014.....	117
Figura E.20 - Radiação solar em Lisboa no mês de Fevereiro de 2014 .....	117
Figura E.21- Radiação solar em Lisboa no mês de Março de 2014 .....	117

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Características do colector padrão.....	8
Tabela 2.2 - Características de mistura de anticongelante .....	12
Tabela 2.3 - Características típicas de quatro tipos de colectores solares .....	23
Tabela 2.4 - Tipos de colectores solares .....	24
Tabela 2.5 - Avarias tipo .....	34
Tabela 3.1- Dados comuns dos dois sistemas.....	35
Tabela 3.2 - Perfil de consumo .....	38
Tabela 4.1 - Desempenho energético de resultados experimentais do sistema termossifão.....	53
Tabela 4.2 - Desempenho energético de resultados experimentais do sistema circulação forçada ..	54
Tabela 4.3 - Dados reais de 2013/2014 e a primeira simulação do <i>Solterm</i> para o termossifão.....	61
Tabela 4.4 - Dados reais de 2013/2014 e a primeira simulação do <i>Solterm</i> para a circulação forçada .....	57
Tabela 4.5 - Dados reais de 2013/2014 e a segunda simulação do <i>Solterm</i> para o termossifão.....	58
Tabela 4.6 - Dados reais de 2013/2014 e a segunda simulação do <i>Solterm</i> para a circulação forçada .....	59
Tabela 4.7 - Perfil de consumo do mês de Março.....	60
Tabela 4.8 - Dados reais de 2013/2014 e a terceira simulação do <i>Solterm</i> para o termossifão .....	60
Tabela 4.9 - Dados da energia produzida de 2012 e 2013/2014 para os dois sistemas.....	61
Tabela 5.1 - Tarifários das fontes de energia .....	63
Tabela 5.2 - Custo do proveito pelas diversas fontes de energia .....	64
Tabela 6.1- Características dos colectores para os edifícios em estudo .....	67
Tabela 6.2 - Quantidades dos equipamentos que consomem água quente no Hotel.....	72
Tabela 6.3 - Quantidade dos equipamentos que consomem água no Bungalows.....	76
Tabela 6.4 - Quantidade dos equipamentos que consomem água quente no Restaurante da Piscina .....	72
Tabela 6.5 - Quantidade dos equipamentos que consomem água quente no empreendimento .....	73
Tabela A.1 - Comparação dos sistemas de circulação. ....	85



## Índice de Gráficos

Gráfico 2.1 - Curvas de rendimento dos vários tipos de colectores solares .....	22
Gráfico 4.1 - Radiação Média em Lisboa desde de Abril de 2012 até Março 2014 .....	49
Gráfico 4.2 - Desempenho energético Real de 2013/2014 do sistema termossifão.....	50
Gráfico 4.3 - Desempenho energético Real de 2013/2014 do sistema circulação forçada.....	51
Gráfico 4.4 - Comparação entre o desempenho energético do termossifão vs circulação forçada...	52
Gráfico 5.1 - Tempo simples de retorno do investimento inicial dos dois sistemas em estudo utilizando gás natural .....	64
Gráfico 5.2 - Tempo simples de retorno do investimento para diferentes fontes de energia para a circulação forçada.....	65
Gráfico 6.1 - Energia produzida nos quatros tipos de colectores para diferentes localidades da habitação unifamiliar .....	69
Gráfico 6.2 - Energia solar desperdiçada nos três tipos de colectores em estudo para diferentes localidades no edifício.....	69
Gráfico 6.3 - Custo/energia produzida pelos três colectores em estudo para diferentes localidades no edifício unifamiliar.....	70
Gráfico 6.4 - Número de colectores dos três tipos de colectores em estudo para as diferentes localidades do empreendimento .....	74
Gráfico 6.5 - Energia produzida dos três tipos colectores em estudo para diferentes localidades do empreendimento.....	75



# 1. Introdução

## 1.1 Motivação e contexto

O avanço científico e tecnológico do mundo provocou um aumento acelerado do consumo energético a nível mundial, conduzindo a uma dependência relativamente às principais fontes de energia (fontes não renováveis). Os combustíveis fósseis, tais como o carvão, petróleo e o gás natural, são as fontes de energia utilizadas nas centrais térmicas para produção de energia eléctrica. Em 2012, por exemplo, Portugal dependeu em 46% do abastecimento desses combustíveis [1].

O aumento da poluição, as limitações nas reservas de combustíveis fósseis e a ausência de regulamentação no sector de distribuição de energia são factores que, actualmente, a nível global estão a preocupar cada vez mais a sociedade. O compromisso na redução das emissões de gases poluentes para a atmosfera e a utilização de fontes de energias renováveis estão a ser cada vez mais incentivadas a nível mundial, tendo sido normalizadas através de acordos internacionais.

Desde os seus primórdios que o Homem recorre à energia solar, transformando-a em outras formas de energia, seja na forma térmica, mecânica ou outras. A energia aproveitada a partir da radiação solar pode ser considerada uma fonte de energia inesgotável, facto que acabou por motivar a origem de negócios lucrativos com vista a utilizar esta forma de energia. Assim, surgiram as energias renováveis e as suas diversas variantes, com base no conceito de que toda a energia não se perde, apenas se transforma e se aproveita, para um fim eficiente e para tornar o nosso planeta num sistema auto-sustentável.

Diversas tecnologias surgiram com a criação das tão aclamadas energias renováveis, sendo os colectores solares uma delas. Estes equipamentos projectados para transformar eficientemente a luz solar em calor, são o melhor exemplo desse crescimento tecnológico, pois apresentam um alto rendimento na conversão de energia. As primeiras acções de desenvolvimento dessa tecnologia datam os anos 70 e desde então o mercado solar térmico tem sofrido diferentes evoluções nos últimos anos [2]. Através dos dados observados no *European Solar Thermal Industry Federation*, o maior crescimento das instalações de colectores solares térmicos ocorreu no período de 2009 a 2010, com uma quebra em 2011 que se tem vindo a alastrar. O decréscimo ocorrido em 2011 deveu-se à diminuição de indústrias em funcionamento, diminuição do número de novos edifícios e falta de apoios para quem queria usufruir e apostar neste tipo de sistema [3].

O dimensionamento das instalações solares térmicas tem como objectivo garantir a captação de energia, prevendo as necessidades e sem desprezar os sistemas de apoio convencional. As aplicações da energia solar térmica mais comuns passam pelo fornecimento de água quente sanitária, aquecimento de piscinas e de ambientes.

A implementação do sistema solar térmico será mais rentável a nível económico, quando:

- A quantidade de energia solar captada no local for máxima;
- As características da própria instalação permitirem um melhor rendimento;
- O perfil de consumo de água tiver um uso racional por parte dos sistemas.

Assim, torna-se importante saber qual será a utilização da instalação, algo que muitas vezes não se considera. Por exemplo, numa habitação que tem um consumo de água quente sanitária (AQS) durante todo o ano, a poupança energética não será a mesma do que numa habitação de utilização apenas casual.

Vamos então, ao longo deste trabalho, explicar os vários conceitos e técnicas inerentes a um correcto desempenho energético no aquecimento solar térmico.

## **1.2 Objectivos**

O presente trabalho baseia-se numa campanha de medições de dados, durante um intervalo de 12 meses, iniciando em Abril de 2013 e terminado em Março de 2014. Os dados recolhidos permitirão obter:

- Temperatura de entrada de água da rede;
- Evolução das temperaturas no depósito de acumulação do sistema de circulação forçada, apenas quando existe consumo de AQS;
- Temperaturas de AQS nos equipamentos de apoio de cada sistema;
- Temperaturas de AQS à saída do depósito de acumulação dos sistemas.

Com os dados recolhidos e posteriormente tratados, foi possível comparar as duas tecnologias de aquecimento solar térmico utilizadas no Refeitório do ISEL (termossifão e circulação forçada) de acordo com as condições impostas pelo RSECE.

De seguida, recorrendo a uma ferramenta informática preconizada pelo RSECE, pretendeu-se confrontar os resultados experimentais obtidos com outra condição de funcionamento conhecida para verificar o correcto funcionamento e dimensionamento da instalação.

Posteriormente, pretende-se realizar a viabilidade da instalação, de modo a saber qual dos sistemas, termossifão ou circulação forçada, possui um retorno de investimento mais proveitoso, utilizando gás natural no sistema de apoio. Feito isto, analisaremos apenas o sistema de circulação forçada por ser o que apresenta o maior investimento e observaremos qual das fontes de energia primária (gás butano, electricidade ou gás propano) tem um período de retorno mais curto e/ou mais prolongado.

Por último, analisar-se-á qual dos tipos de colectores existentes no mercado actual, especificamente, plano selectivo, CPC e tubos de vácuo, é mais rentável para um edifício unifamiliar e para um empreendimento turístico.

### **1.3 Enquadramento Legal**

No início dos anos 80, iniciou-se a implementação de sistemas solares térmicos em Portugal, um dos países da Europa com maior incidência de radiação solar, sendo que esse aproveitamento dependia unicamente do proprietário do edifício [4].

No final de 2001 através da Resolução do Conselho de Ministros nº 154/2001, foi introduzido o programa Eficiência Energética e Energias Endógenas, mais conhecido por Programa E4, agrupando-se medidas para melhorar a eficiência energética e o aproveitamento das energias renováveis, e destacando-se a solar térmica pelo Programa Água Quente Solar para Portugal (AQSpP) [5]. Este programa tinha como objectivo gerar um mercado sustentável de energia solar, criando 150 000 m<sup>2</sup> de colectores por ano, atingindo em 2010 uma meta de 1 milhão de m<sup>2</sup> de colectores instalados e funcionais. Consultando o relatório solar térmico de 2010 da APISOLAR, foram instalados 187 645 m<sup>2</sup> de colectores solares no período de 2003 a 2010 [6].

Em Abril de 2006 entraram em vigor o Decreto-Lei nº 79/2006 (RSECE) e Decreto-Lei nº 80/2006 (RCCTE) que obrigam à utilização de energia solar térmica em todas as novas construções domésticas [7 e 8].

A legislação estabelece os seguintes pressupostos:

1. Instalação obrigatória de 1 m<sup>2</sup> de colector por ocupante convencional;
2. Perfil diário de consumo de 40 litros a 60 °C por pessoa;
3. O projecto terá de prever colectores solares e instaladores certificados;
4. Implica ainda a existência de um contrato de manutenção de 6 anos;
5. Impõe o uso obrigatório do programa de cálculo *Solterm*.

Nos últimos anos surgiram incentivos para a implementação da instalação de colectores solares térmicos em Portugal, como por exemplo, a Medida Solar Térmica 2009, a Medida Solar Térmica em 2010 e dedução em IRS na compra de equipamento de eficiência energética que contribuía para uma melhoria do comportamento térmico dos edifícios (entretanto dissolvidas devido às limitações económicas geradas pela crise) [9 e 10].

Em Agosto de 2013 entra em vigor o Decreto-Lei nº 118/2013 substituindo o Decreto-Lei nº 79/2006 (RSECE) e Decreto-Lei nº 80/2006 (RCCTE). A nova legislação visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Assim, destaca-se para o sistema solar térmico a alteração da instalação obrigatória de 0,65 m<sup>2</sup> de colector por ocupante convencional, tal como as modificações das características do colector padrão, mantendo inalteráveis os restantes pressupostos [11].

Uma vez que o trabalho proposto se iniciou durante o período em que a legislação em vigor data ainda do ano de 2006, todo o trabalho realizado, à excepção do último capítulo, teve em conta as directrizes da regulamentação expirada. De notar que, as alterações realizadas entretanto em nada afectam o desempenho energético dos sistemas, uma vez que não houve alteração da temperatura de referência (60 °C).

## 2. Enquadramento teórico

### 2.1 Componentes da instalação

Os componentes que integram as instalações de fornecimento de água quente sanitária, aquecimento de espaços habitados e piscinas, com recurso a energia solar, estão organizados em oito grupos. A figura 2.1 ilustra um esquema solar (Sistema Circulação Forçada), onde se observa a localização de vários equipamentos inerentes ao seu funcionamento. Os equipamentos apresentados na figura 2.1 estão descritos na figura 2.2.

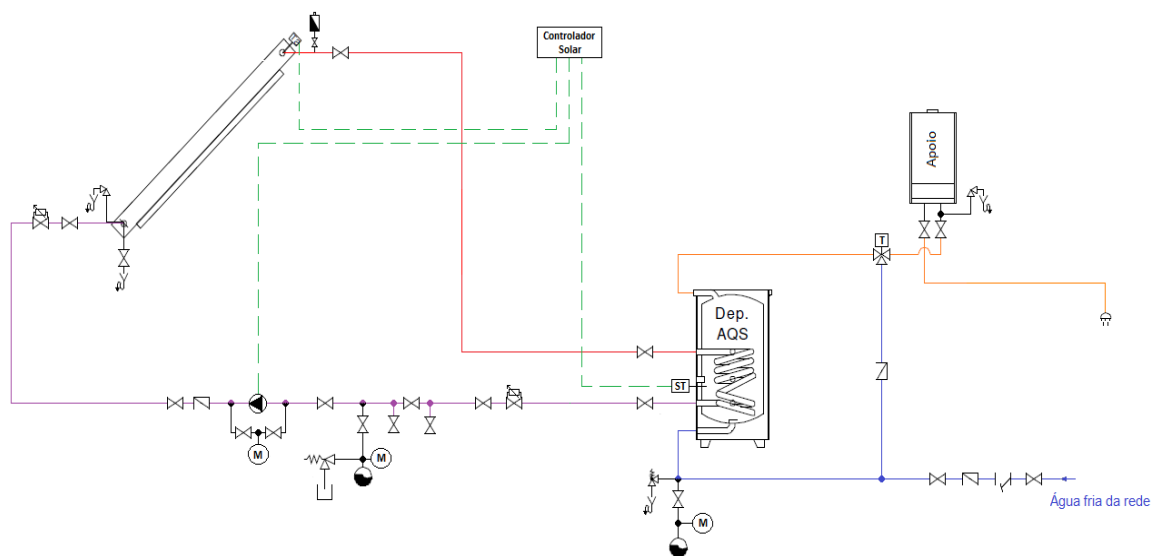


FIGURA 2.1 - ESQUEMA SOLAR COM DEPÓSITO DE UMA SERPENTINA E APOIO DE ESQUENTADOR

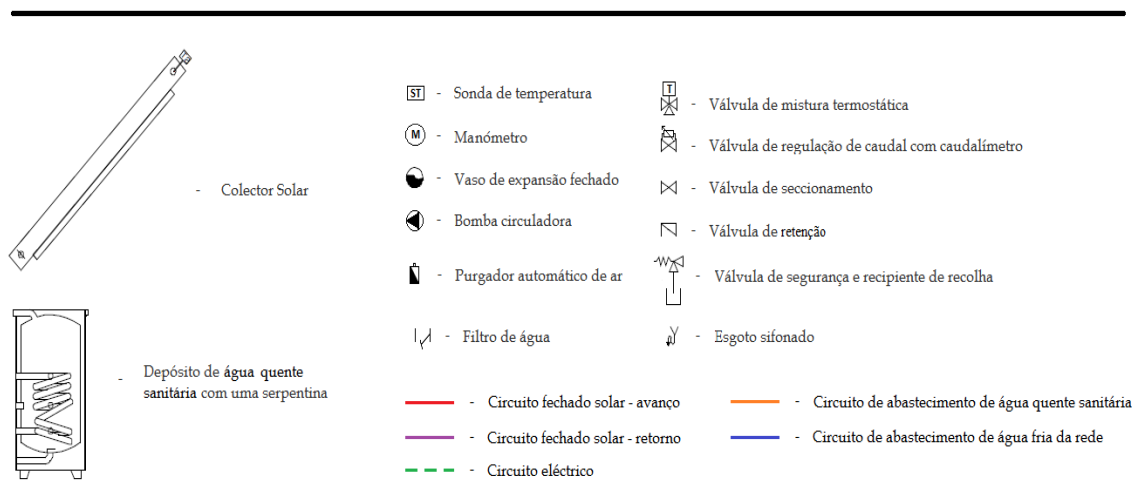


FIGURA 2.2 - SIMBOLOGIA DO ESQUEMA SOLAR

### 2.1.1 Colectores térmicos

Deste grupo fazem parte os denominados colectores solares, que são expostos à radiação solar. O seu objectivo é transformar a energia solar em energia térmica recorrendo ao aumento de temperatura do fluido que circula no seu interior.

Os colectores podem ser:

- Planos com cobertura;
- Planos sem cobertura, com superfície absorvedora de polipropileno;
- Colectores concentrados (CPC) com cobertura;
- De tubos de vácuo, com a superfície absorvedora baseada em tubos de cobre.

Em aplicações para habitação, comércio e pequena indústria, os colectores mais vulgarmente utilizados em Portugal são os colectores planos com cobertura. A sua elevada procura advém do facto do seu preço ser inferior a outras tecnologias, como é o caso dos tubos de vácuo (apesar de apresentar um rendimento relativamente elevado). Os colectores sem cobertura geralmente são usados para aquecimento de piscinas.

Na fixação dos colectores, de modo geral, são utilizadas estruturas metálicas, sendo a sua montagem de grande relevância, uma vez que a estrutura deve garantir a estabilidade dos colectores face a eventuais alterações climáticas.

As condições de funcionamento de uma instalação dependem dos parâmetros térmicos e mecânicos dos colectores. Sendo eles [12]:

1. Superfície total e útil – Indicação da área total do colector e da área útil de captação;
2. Pressão – Indicação das pressões de serviço e pressão máxima do fluido de trabalho;
3. Caudal nominal – Indicação do caudal, em litros por hora por m<sup>2</sup>, que deve circular pelo sistema;
4. Ligações externas – Indicação do tipo de ligação (roscada ou encaixe) e tamanho (métrico);
5. Fluido de trabalho – Recomendação sobre o fluido térmico a utilizar;
6. Factor de conversão – Parâmetro que indica o rendimento térmico do colector (90% - 10% será reflectido).

A análise do desempenho de um colector é feita através de um conjunto de parâmetros, tais como:

- Rendimento do colector ( $\eta$ );
- Rendimento óptico ( $\eta_0$ );
- Factor de perda térmica;
- Temperatura de estagnação.

Para uma comparação correcta entre colectores de diversos fornecedores, existem entidades certificadas, e normas definidas com o objectivo de se obterem os seus valores de desempenho. A determinação da curva característica do rendimento de um colector solar é efectuada através da equação 1 [13].

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{(T_m - T_a)}{I_g} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{I_g} \quad \text{Equação 1}$$

Em que,

$\eta$ - Rendimento do colector;

$\eta_0$ - Rendimento óptico do colector;

$a_1$ - Coeficiente linear de perdas térmicas [ $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ ];

$T_m$ - Temperatura média do fluido térmico [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_a$ - Temperatura ambiente [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$I_g$ - Irradiação global [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$a_2$ - Coeficiente quadrático de perdas térmicas [ $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}^2$ ].

A temperatura média do fluido (ver equação 2) é a média aritmética entre a temperatura inicial e a temperatura final do fluido [13]. Assim,

$$T_m = \frac{T_f + T_i}{2} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo,

$T_f$ - Temperatura final do fluido [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_i$ - Temperatura inicial do fluido [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Como já foi referido, a Legislação em vigor torna obrigatório o recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água quente sanitária nos novos edifícios de habitação. Legalmente, é necessário instalar 0,65 m<sup>2</sup> de colector por ocupante. Assim, houve a necessidade de adaptar critérios de aceitação de soluções alternativas que demostrem estar de acordo com os objectivos de eficiência energética e qualidade associados à regulamentação e, que ao mesmo tempo, beneficiem da melhor tecnologia.

Deste modo, foi definido pela ADENE uma metodologia para aceitação de soluções que cumpram precisamente a regra de 0,65 m<sup>2</sup> de colector por ocupante, sem que seja necessário colocar em causa a elegibilidade de qualquer outra solução que cumpra com a referida regra. A solução alternativa deve captar, numa base anual, a energia equivalente a um sistema solar térmico idêntico mas que utilize colectores do tipo padrão, sendo os seus parâmetros, apresentados na tabela 2.1 [14]:

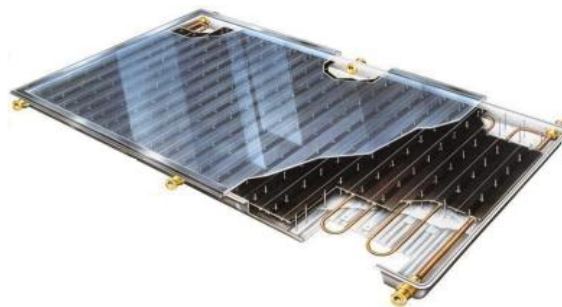
**TABELA 2.1- CARACTERÍSTICAS DO COLECTOR PADRÃO**

Colector do tipo padrão	
Rendimento óptico ( $\eta_0$ ) [%]	73
Coefficiente de perda térmica ( $a_1$ ) [W/m <sup>2</sup> .K]	4,12
Coefficiente de perda térmica ( $a_2$ ) [W/m <sup>2</sup> .K]	0,014
Modificador de ângulo para incidência de 50°	0,91
Área de abertura [m <sup>2</sup> ]	0,65

### 2.1.1.1 Colectores Planos

#### Colectores planos com cobertura

Foi o primeiro tipo de colector a ser comercializado e apresenta um custo relativamente baixo (ver figura 2.3), sendo por isso o mais utilizado.



**FIGURA 2.3 COLECTOR PLANO COM COBERTURA [15]**

O colectador plano é constituído por quatro elementos dispostos numa caixa de alumínio ou aço, sendo estes [12]:

1. **Cobertura** – Superfície frontal de vidro temperado que tem como principal objectivo limitar as perdas térmicas e provocar efeito de estufa no interior do colectador. Como segundo propósito, protege os acessórios internos dos agentes atmosféricos mais adversos.
2. **Absorção** – Componente que capta a radiação solar e a transfere para o fluido de trabalho. Este importante acessório é composto por uma placa e por uma serpentina de cobre por onde circula o fluido. A placa absorvedora é negra, genericamente coberta por um acabamento à base de níquel ou outro material semelhante que aumente a absorvência da placa e reduza as emissões por reflexão. Solidário com a placa encontra-se um conjunto de tubos de cobre que, por condução térmica, recebem o calor absorvido pela placa e o transmitem ao fluido em circulação, aumentando-lhe assim a sua temperatura.
3. **Isolamento** – Composto por lã mineral, fibra de vidro ou poliuretano, é distribuído pela parte inferior e laterais do colectador, tendo como objectivo limitar ao máximo as perdas térmicas por condução.
4. **Ligações hidráulicas** – O colectador incorpora ligações roscadas ou de encaixe destinados à entrada de fluido frio e à saída de fluido quente.

Para além de se poder acoplar válvulas, purgadores e sondas de temperatura para controlar as propriedades do escoamento, as ligações podem também servir para ligar colectores em série ou em paralelo.

### **Colectores planos sem cobertura ou flexíveis**

Na figura 2.4, podemos observar um colectador solar sem cobertura. Este tipo de colectores é aplicado em instalações onde a temperatura da água não necessita ultrapassar os 24-26 °C, servindo como exemplo, o aquecimento de água para piscinas. São constituídos por polipropileno ou borracha, materiais que se revelam bastante leves, proporcionam uma vasta gama de ângulos de orientação, e, podem ser instalados em telhados dado o seu baixo peso a sua desmontagem muito fácil no final de cada época de utilização [12].



FIGURA 2.4- COLECTOR SOLAR SEM COBERTURA [16]

O princípio de funcionamento é o mesmo dos colectores planos com cobertura, sendo que no seu interior há uma rede de tubagens por onde circula o fluido que é aquecido por acção da radiação solar. Como nos colectores planos, dispõem de ligações para a entrada e saída de fluido [12].

### 2.1.1.2 Colector Parabólico Composto (CPC)

Os colectores parabólicos compostos (CPC) diferem dos colectores planos por utilizarem reflectores para concentração da radiação e pela geometria da superfície absorvedora. A área absorvedora é constituída por duas alhetas unidas a um tubo e colocadas no foco da superfície reflectora. Assim, a captação solar efectua-se nas duas faces das alhetas resultando em perdas térmicas menores [17].

O Sol incide na parte superior das alhetas e na superfície parabólica reflectora. Os raios reflectidos incidem na parte inferior das alhetas ou directamente no tubo, contribuindo para o aquecimento do fluido [17].

Na figura 2.5, observa-se o efeito dos raios solares sobre a superfície:

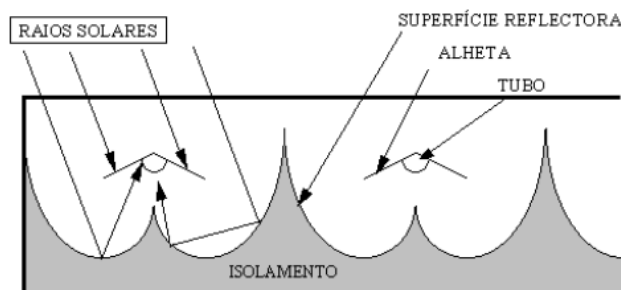


FIGURA 2.5- CORTE TRANSVERSAL DE UM COLECTOR PARABÓLICO COMPOSTO [17]

### 2.1.1.3 Tubos de vácuo

Os colectores térmicos que utilizam este princípio físico caracterizam-se por possuir um conjunto de tubos de vidro em condições de vácuo com capacidade para receber a radiação solar e, ao mesmo tempo, suportar as condições atmosféricas mais adversas (figura 2.6).

Tal como os colectores planos, o sistema de tubos de vácuo possui no seu interior um elemento absorvedor com a mesma finalidade. Os tubos encontram-se todos unidos a um sistema de distribuição térmica disposto na parte superior do colector [18].



FIGURA 2.6- COLECTOR SOLAR - TUBOS DE VÁCUO [19]

Este tipo de colector pode ser comercializado com várias arquitecturas, mas a versão mais utilizada é a denominada “*Heat Pipe*”, ou tubo de calor, sendo a sua descrição básica a seguinte [12]:

- Cada tubo do colector encontra-se selado em vácuo e contem no seu interior um material absorvedor e um fluido de trabalho (água com anticongelante ou uma variedade de álcool);
- Com o aumento de temperatura devido à incidência da radiação, o fluido vaporiza, sobe pelo tubo e troca calor com um outro fluido;
- Após a transferência de calor, o fluido arrefece até voltar ao estado líquido, momento em que desce para voltar a iniciar o ciclo.

No caso da existência de um acumulador com serpentina na parte superior de colector, (ver figura 2.7) será neste recipiente que se dará a troca de calor entre o fluido aquecido no colector e a água quente sanitária. É um método que apresenta alta eficiência térmica devido às poucas perdas de carga no circuito primário, reduzido circuito de tubagens [12].



FIGURA 2.7- COLECTOR DE TUBOS DE VÁCUO COM ACUMULADOR E SERPENTINA NA PARTE SUPERIOR [20]

## 2.1.2 Fluido de transferência térmica

É um líquido que circula no interior dos colectores solares que, independentemente do tipo de colector utilizado, é na maior parte das vezes composto por uma mistura de água com anticongelante concentrado e anticorrosivo.

A água é utilizada devido ao seu baixo custo e por ser um fluido térmico mais adaptado ao transporte de energia neste tipo de instalações, devido ao seu elevado calor específico volúmico. Já o produto anticongelante (um propileno-glicol) utiliza-se para que permita baixar o ponto de congelação da água e, por outro lado, aumentar a temperatura de ebulição. Assim, permite-se limitar a deterioração do interior das tubagens [20].

Denota-se que a proporção da mistura deve atender às temperaturas mínimas históricas da localidade da instalação ou determinadas pelo fabricante dos colectores. O teor em anticongelante pode ser determinado a partir do índice de refração (valores fornecidos pelo fabricante) [20]. A tabela 2.2 indica os dados sobre a concentração em percentagem (%), ponto de congelação e densidade à temperatura de 20 °C [13]:

TABELA 2.2- CARACTERÍSTICAS DE MISTURA DE ANTICONGELANTE [13]

Volume anti-gel (%)	Densidade solução	Temperatura congelação [°C]	Temperatura ebulição [°C]	Contração em volume
5	1.004	-1		0.998
10	1.008	-3		0.996
15	1.012	-5		0.994
20	1.016	-8	101	0.992
25	1.021	-11		0.991
30	1.025	-15	102	0.990
35	1.030	-20		0.998
40	1.034	-25	103	0.987
50	1.042	-35	105	0.984

No fluido de transferência térmica deve-se ter em conta os seguintes parâmetros [13]:

1. Toxicidade – O anticongelante pode ser tóxico e por isso o fluido de trabalho não deve ser misturado com a água de consumo;
2. Viscosidade – O anticongelante tem maior viscosidade do que a água, parâmetro que é necessário ter em conta no cálculo das perdas de carga da instalação;
3. Dilatação – O coeficiente de dilatação do anticongelante é superior ao da água, sendo necessário considerar esse aspecto para o dimensionamento do vaso de expansão;
4. Corrosão – Os anticongelantes degradam-se com as altas temperaturas, podendo provocar corrosão do circuito hidráulico;
5. Calor específico – O calor específico da água é superior ao do anticongelante, sendo necessário ter isto em conta para o cálculo do caudal, das tubagens e da bomba de circulação;
6. Temperatura de congelação – A instalação deve ser dimensionada de maneira a suportar temperaturas inferiores às que se costumam verificar na região onde o equipamento está instalado.

Ao nível da manutenção, é necessário garantir que o fluido se encontra em perfeitas condições. Para isso são realizados testes de medição de pH (que deve estar compreendido entre 5 e 9) e testes anticongelantes realizados à temperatura de  $-14^{\circ}$  [13].

Os testes anticongelantes são realizados através de medidores, sendo eles, o medidor de pH e o medidor do ponto de congelação, que pode ser determinado com um Densímetro ou com um Refractómetro.

O fluido térmico no interior dos colectores solares não pode ser utilizado como água quente sanitária para consumo por duas razões: primeiro, devido aos agentes de protecção da tubagem e/ou anticongelantes; segundo, por questões de higiene (o circuito hidráulico pode não comportar as condições básicas necessárias) [12].

### 2.1.3 Permutador de calor

O permutador de calor é o elemento que transfere o calor contido no fluido térmico do circuito primário para o circuito do acumulador de água quente para o consumo. Este permutador pode ser um acessório externo ao sistema ou estar instalado dentro do próprio depósito acumulador [12].

O permutador externo consiste em dois circuitos isolados hidraulicamente entre si. Um dos circuitos é percorrido por água quente sanitária para consumo e no outro circula o fluido proveniente dos colectores, de forma a realizar a troca de calor. As perdas de energia associadas e o caudal que pode circular em cada um dos circuitos constituem as principais características destes equipamentos (figura 2.8) [12].



FIGURA 2.8- EXEMPLO DE PERMUTADOR EXTERNO [21]

Na figura 2.9 temos o permutador integrado no acumulador com uma serpentina de cobre no seu interior que é a solução mais utilizada em instalações de habitação. No interior das serpentinas circula fluido proveniente dos colectores que transfere a sua energia térmica para a água acumulada no depósito.



FIGURA 2.9- EXEMPLO DE PERMUTADOR INTEGRADO [22]

Para além da serpentina anteriormente referida, o acumulador pode apresentar uma segunda serpentina que servirá para trocar energia com um sistema de apoio externo.

## 2.1.4 Grupo hidráulico

O grupo hidráulico é um conjunto de acessórios que possibilitam uma melhor circulação dos fluidos, constituído por um conjunto de acessórios distribuídos pelos mais diversos sectores da instalação. Considera-se que este grupo é formado pelas seguintes partes [12]:

1. **Tubagens** - Devem ser compatíveis com as condições de higiene, temperatura e pressão do líquido que circule no seu interior e devem ter condições de resistência à corrosão. No circuito primário (que não se destina ao consumo humano) podem utilizar-se tubagens de aço carbono, no entanto nos circuitos de consumo é necessário recorrer a tubagens de cobre, aço inoxidável ou plástico homologado. De notar que as tubagens por onde circule o líquido quente devem ser dotadas de um isolamento térmico para limitar as perdas térmicas e prevenir eventuais queimaduras durante as operações de manutenção.
2. **Bombas** – Acessórios electromecânicos que têm como função impulsionar o fluido através dos circuitos hidráulicos. As bombas circuladoras devem ser sempre instaladas com o eixo na posição indicada pelo fabricante para garantir que os rolamentos do motor sejam adequadamente lubrificados e refrigerados. Deve ter-se especial cuidado com o fenómeno de cavitação (fenómeno hidráulico associado à formação instantânea de bolhas de vapor ou ar num líquido), para se evitar desgastes localizados nas bombas. As suas principais características são: caudal, consumo eléctrico e tensão de alimentação. De notar que para obtenção de um maior caudal, podem ser instaladas bombas em paralelo, em que para isto acontecer é preciso ter atenção à disposição das válvulas para total segurança do sistema.
3. **Vaso de expansão** – É um acessório bastante importante que tem como função absorver as variações de pressão hidráulica que se produzem no circuito hidráulico devido às variações de temperatura, especialmente nos períodos de elevada incidência solar, evitando-se assim potenciais perdas energéticas associadas. Consiste num recipiente metálico com uma membrana que se expande ou comprime em resposta às variações de pressão.
4. **Sistema de enchimento/esvaziamento** – Conjunto de acessórios destinados a facilitar o enchimento/esvaziamento dos colectores com fluido térmico. O enchimento, normalmente feito com recurso a uma bomba eléctrica associada a uma válvula de corte, deve ser feito de maneira a que a pressão do líquido atinja um determinado valor previamente definido para garantir um bom desempenho térmico. Já o esvaziamento é executado através de uma válvula unida a um sistema de esgoto.

5. **Purgador** – Acessório destinado a extrair o ar retido nas tubagens. É colocado no ponto mais alto de instalação e pode ser de actuação manual ou automática.
6. **Válvulas** – Acessórios mecânicos intercalados nas tubagens com o objectivo de controlar o líquido que lá circula. Podemos destacar três tipos de válvulas: de corte (impedem a circulação do líquido), de segurança (utilizadas para limitar a pressão do líquido em circulação) e de retenção (para evitar que o fluido circule no sentido contrário).

### **2.1.5 Acumulador**

O acumulador é o acessório de armazenamento energético de água da rede para consumo, cuja temperatura foi elevada através do sistema solar, ou seja, os colectores solares aquecem a água da rede e de seguida é acumulada num recipiente metálico para ser utilizada em momentos diferentes da sua obtenção. Este recipiente metálico, com a ajuda de um conjunto de acessórios internos, permite controlar a temperatura da água [13].

Existem vários tipos de sistemas de acumulação, entre os quais:

- Acumuladores com permutador interno de uma serpentina;
- Acumuladores com permutador interno de duas serpentinas;
- Acumuladores de inércia (sem permutador interno);
- Acumuladores de dupla camisa.

Os acumuladores com permutador interno com uma ou duas serpentinas e o de dupla camisa, com uma capacidade pequena e média são indicados para apartamentos e vivendas de média dimensão, possibilitando conforto e economia, abastecendo, simultaneamente e de forma imediata água quente em vários pontos de consumo [13].

Os acumuladores com permutador interno com uma serpentina e os de inércia com elevados volumes são indicados para casos de grande consumo, com necessidade de abastecimento simultâneo de água quente em vários pontos de consumo, como por exemplo as instalações hoteleiras [13].

Como a radiação solar não incide sempre com a mesma intensidade e frequência, a captação de energia solar nem sempre responde adequadamente às necessidades de consumo. Deste modo, não é possível abastecer energia suficiente para a globalidade das necessidades em todas as situações, havendo sempre a necessidade de recorrer ao sistema de apoio. Este pode estar interligado com o depósito de duas formas distintas [13]:

- No caso do depósito de uma serpentina (proveniente dos colectores), o caudal disponível é limitado, uma vez que a água pré-aquecida será enviada do acumulador para o equipamento de apoio de águas quentes sanitárias instantâneas;
- No caso de um depósito de dupla serpentina (uma provém dos colectores e a outra do apoio), o conforto térmico é superior, devido a uma maior disponibilidade de água quente, onde o equipamento de apoio aquece directamente o acumulador, que actua quando a energia fornecida pelo sistema solar não é suficiente para as necessidades de consumo. Nesta situação, as trocas de energéticas são efectuadas no interior do acumulador. Na figura 2.10 observa-se, como exemplo, um acumulador com duas serpentinas.



FIGURA 2.10- EXEMPLO DE ACUMULADOR COM DUAS SERPENTINAS [24]

As instalações solares térmicas podem ser projectadas de forma a satisfazer a totalidade das necessidades de água quente sanitária durante todo o ano (o que se traduz num considerável sobredimensionamento durante os meses de Verão), ou apenas para utilização sazonal, recorrendo durante os meses frios a um sistema de apoio externo. Os sistemas de apoio podem ser baseados em caldeiras a gás, ou uma resistência eléctrica ou bomba de calor, comandada pela central de controlo da instalação [23].

As principais especificações destes equipamentos são: capacidade em litros, temperatura e pressão máximas admissíveis, disposição horizontal ou vertical, número de serpentinas, tipo de sistema de apoio e medidas das ligações de entrada e saída dos fluidos.

Independentemente do tipo de acumulador e do número de serpentinas no seu interior, este é formado essencialmente por três partes básicas [12]:

1. **Revestimento** – Estrutura do equipamento onde estão dispostos elementos de ligação como a entrada e saída de fluido. É constituído por aço galvanizado quimicamente tratado.
2. **Isolamento** – Capa de espuma rígida de poliuretano, lã de rocha ou fibra de vidro utilizada como isolante térmico. É colocada entre o revestimento e o interior do depósito (cilindro).
3. **Cilindro** – É onde está contida a água quente para consumo. É normalmente feito de aço inoxidável e o seu interior é vitrificado. Como protecção do depósito é incorporada uma válvula de segurança e, por vezes, um ânodo de magnésio para proteger o aço da possibilidade de corrosão.

### 2.1.6 Sistema de apoio

Devido à existência de alguns períodos em que a energia solar captada é insuficiente (sobretudo no Inverno ou períodos de maior consumo de AQS) para a produção da temperatura pretendida, é necessário prever um sistema que complete o aquecimento da água até à temperatura desejada. No caso do sistema não funcionar por vários motivos (como por exemplo em caso de avaria ou manutenção), os sistemas de apoio seleccionados deverão ter capacidade para produzir a quantidade de AQS na satisfação das necessidades de habitação [23].

O apoio pode ser de um dos seguintes tipos [25]:

- **Apoio Instantâneo**- funciona durante o período de consumo e tem como função corrigir a temperatura da água aquecida por via solar, para que se atinja a temperatura de consumo pretendida. Geralmente é instalado em série com o sistema solar, antes do consumo.
- **Apoio com acumulação**- funciona de uma forma programada, ou seja antes da ocorrência de determinados consumos e geralmente fora das horas de radiação solar. Tem como objectivo, completar o aquecimento solar quando este for insuficiente para se obter a temperatura de consumo pretendida. Para o seu dimensionamento será necessário saber as necessidades da instalação, a temperatura da água da rede, volume de armazenamento e a temperatura pretendida.

## 2.1.7 Central de controlo

A água quente providenciada pela instalação solar necessita de controlo em pelo menos duas situações específicas: para manter a temperatura da água no acumulador, e para arrancar o sistema de apoio quando o sistema solar não satisfaz a procura.

As acções de controlo são sincronizadas recorrendo a um regulador electrónico, frequentemente denominado de controlador diferencial, ao qual são transmitidas as temperaturas registadas nos pontos mais significativos do circuito.

### Regulação e controlo

A regulação e controlo do sistema são feitos com base numa unidade electrónica programada de forma a definir os parâmetros de funcionamento da instalação. Este sistema recebe informações provenientes das sondas de temperatura instaladas em vários pontos do circuito e permite controlar bombas e o sistema de apoio energético [12].

É essencialmente composto por [12]:

1. **Central electrónica** – Conhecida também por controlador diferencial, é uma unidade de configuração electrónica que tem como função controlar as bombas de circulação de fluido no circuito primário e accionar o sistema de apoio quando o sistema solar não pode satisfazer a procura. Por norma, a bomba do circuito primário arranca quando o diferencial de temperatura entre a saída do último colector e a entrada do acumulador é superior a 7 °C. Por outro lado, a bomba desliga-se quando este mesmo diferencial de temperatura é inferior a 2 °C.
2. **Sensores de temperatura** – Sensores do tipo resistivo (resistência eléctrica proporcional à temperatura) ou termopar (tensão eléctrica proporcional à temperatura) colocados nos pontos fundamentais do circuito. Os sensores são introduzidos em bainhas metálicas e posteriormente colocados no fluido. As ligações eléctricas para a central são feitas através de cabos cujo tipo é recomendado pelos fabricantes da central.

### **2.1.8 Tubagem e acessórios**

Neste grupo está incorporada uma série de acessórios específicos e básicos, entre os os seguintes [12]:

1. Tubagem entre os colectores solares e o acumulador, tubagens de água fria (entrada), tubagens de água quente (saída) e outras ligações auxiliares (por exemplo, sistema de esvaziamento);
2. Isolamento térmico para as tubagens de água quente que se destina a evitar perdas térmicas no circuito e eventuais queimaduras acidentais durante o processo de manutenção;
3. Sondas de temperatura e manómetros para auxiliarem o sistema de controlo;
4. Válvulas;
5. Purgadores manuais ou automáticos para extrair ar do circuito.

## **2.2 Interligação dos colectores**

Caso apenas um colector não seja capaz de satisfazer a procura de energia, recorre-se à instalação de vários colectores devidamente acoplados para aumentar a superfície útil. Os colectores devem ser ligados e balanceados entre si para poder garantir o fluxo correcto do líquido através de cada um deles.

Existem três modos de ligação entre colectores:

- Ligação em série;
- Ligação em paralelo;
- Ligação em paralelo de canais.

## Colectores em série

O objectivo da disposição em série é o aumento da temperatura do fluido de trabalho. A temperatura do fluido aumenta à medida que este vai passando pelos vários colectores instalados, o que supõe que a temperatura final seja a soma dos incrementos parciais obtidos em cada painel (figura 2.11) [12].

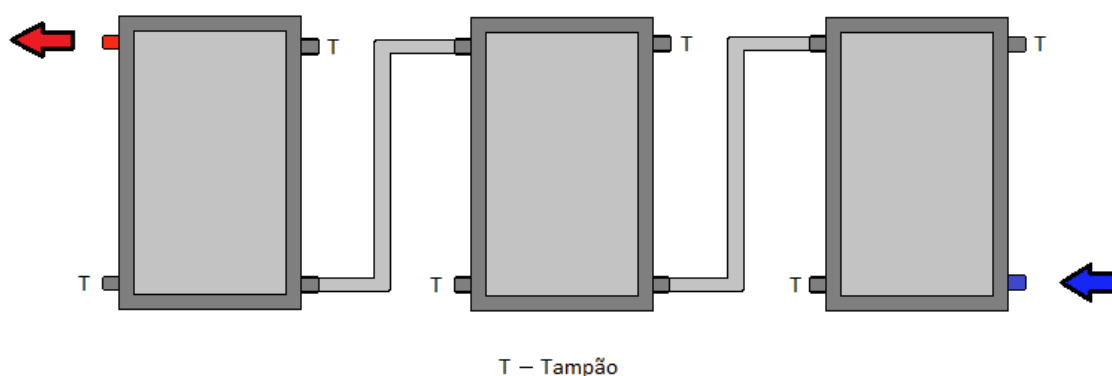


FIGURA 2.11- LIGAÇÃO DE COLECTORES TÉRMICOS EM SÉRIE

Nestas instalações não é o caudal que varia, mas sim o diferencial de temperatura, traduzindo-se numa redução do rendimento. Ou seja, há uma diminuição do diferencial de temperatura de colector para colector provocando uma diminuição de eficiência dos colectores. Tal diminuição deve-se ao aumento da temperatura média do fluido, razão pela qual se deve limitar o número de colectores a interligar.

Para além dos dois casos apresentados anteriormente, os colectores podem ainda ser montados de uma forma “mista” (que corresponde à reunião dos dois tipos de acoplamento e respectivas características).

## Colectores em paralelo

Quando ligados em paralelo cada colector trabalhará de forma independente, sendo percorrido pelo seu caudal nominal, o que implica que, se todos os colectores forem iguais, todos terão o mesmo diferencial de temperatura e o mesmo rendimento. A perda de carga total do sistema será igual à soma da perda de carga num dos colectores. Neste tipo de montagem não existe limite de número de colectores montados no mesmo circuito (figura 2.12). [23]

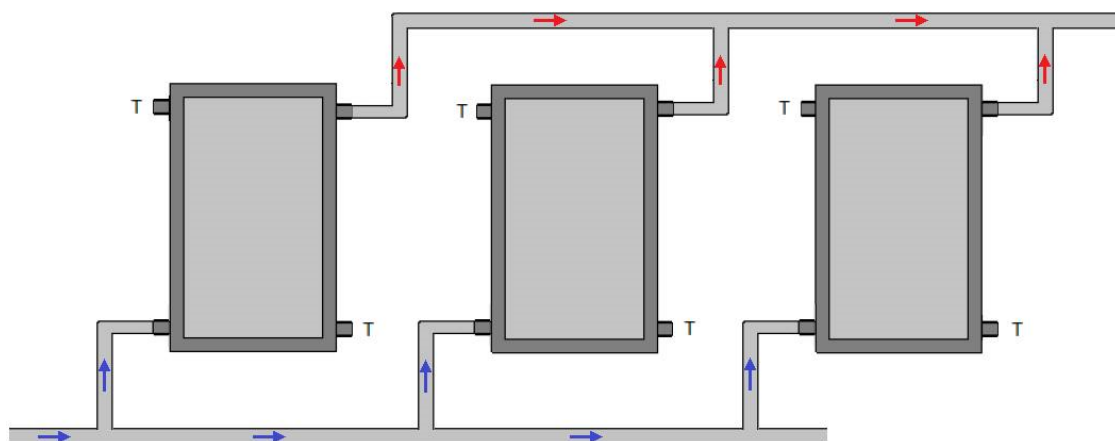


FIGURA 2.12- LIGAÇÃO DE COLECTORES TÉRMICOS EM PARALELO

### Colectores em paralelo de canais

Os tubos de entrada e saída dos colectores envolvidos na instalação são interligados em paralelo de canais como se pode ver na figura 2.13.

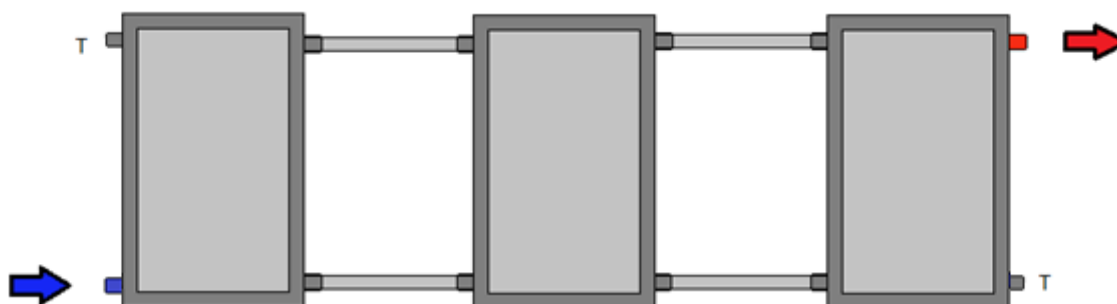


FIGURA 2.13- LIGAÇÃO DE COLECTORES SOLARES TÉRMICOS EM PARALELO DE CANAIS

Os terminais finais terão de ser fechados com tampões para impedir que o fluido escoe para o exterior. Este tipo de montagem o fluido térmico percorrerá todos os colectores, mas a perda de carga será baixa e o rendimento elevado. Este sistema não pode ser usado com todos os tipos de colector e não permite a ligação directa de mais de quatro colectores [23].

## 2.3 Estudo energético do colector

Como já foi referido no ponto 2.1.1, os colectores solares térmicos convertem a radiação solar incidente em energia térmica.

Um colector solar deve apresentar um elevado rendimento óptico ( $\eta_0$ ) e baixos factores de perdas ( $a_1$  e  $a_2$ ). O rendimento óptico depende da transmitância ( $\tau$ ) da cobertura transparente e da absorptância ( $\alpha$ ) da superfície absorvora. O coeficiente linear de perdas térmicas ( $a_1$ ) ocorre devido às diferenças entre a temperatura ambiente e a temperatura média do colector, sendo o declive da recta no gráfico de eficiência.

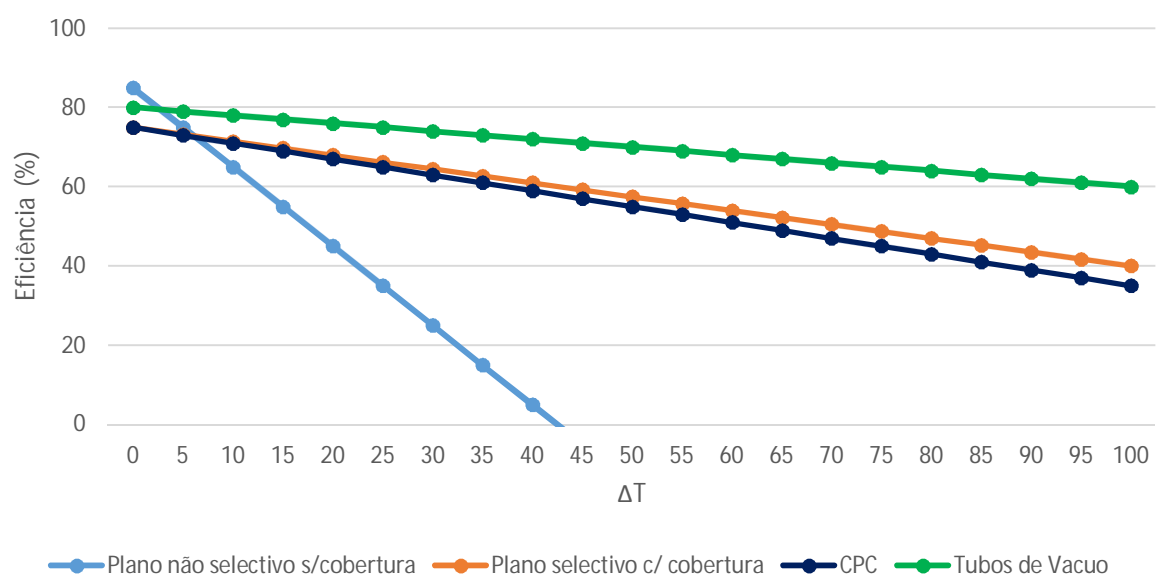
O coeficiente quadrático de perdas térmicas ( $a_2$ ) apenas dá uma ligeira curvatura ao gráfico de eficiência [17]. Estes coeficientes são determinados experimentalmente através de ensaios laboratoriais aos colectores, sendo fornecidos pelos fabricantes.

A tabela 2.3 apresenta as características típicas de quatro tipos de colectores solares (desprezando os coeficientes de perdas  $a_2$ ):

**TABELA 2.3-** CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE QUATRO TIPOS DE COLECTORES SOLARES [ADAPTAÇÃO 17]

Características	Plano não selectivo s/coberturas	Plano Selectivo c/ cobertura	C.P.C	Tubos de vácuo
$\eta_0$	0,85	0,75	0,75	0,8
$a_1$	20	3,5	4	2

Através da equação 1 e com as características dos vários tipos colectores da tabela 2.3 e considerando uma intensidade de radiação incidente ( $I_g$ ) de  $1000 \text{ W/m}^2$ , apresenta-se o gráfico 2.1 que representa as eficiências dos vários tipos de colectores solares numa aproximação linear.



**GRÁFICO 2.1-** CURVAS DE RENDIMENTO DOS VÁRIOS TIPOS DE COLECTORES SOLARES

O rendimento do colector expressa a percentagem de energia incidente sobre a cobertura do mesmo que é transferida. Este está ligado completamente às propriedades materiais e construtivas, que em resultado do uso por parte do utilizador irão ditar os valores da produtividade do colector.

De um modo geral, os colectores planos sem cobertura apresentam uma melhor eficiência se a diferença entre a temperatura do colector e do ar exterior for inferior a 10 °C. O colector plano selectivo com cobertura tem a mesma tendência que o CPC a nível de eficiência, sendo que apenas para diferenciais de temperatura abaixo de 70 °C, o colector plano selectivo possui uma eficiência ligeiramente superior. Destaque para os colectores de tubo de vácuo que têm maior eficiência seja qual for o diferencial de temperaturas. De notar que as características destes modelos genéricos foram seleccionados aleatoriamente, sendo provável haver outro tipo de conclusão utilizando outros valores dentro da gama de características de cada tipo de colector.

Assim, para se seleccionar um tipo de colector, deve-se ter em conta as temperaturas de utilização pretendidas, de maneira a garantir que o seu rendimento não seja inferior a 40% [17]. A tabela 2.4 relaciona os tipos de colectores com as temperaturas requeridas para cada tipo de utilização.

**TABELA 2.4-** TIPOS DE COLECTORES SOLARES [ADAPTAÇÃO 17]

<b>Tipo de Instalação</b>	<b>Temperatura de Utilização</b>	<b>Tipo de Colector</b>
<b>Piscinas/Estufas</b>	< 30 °C	Plano sem cobertura Plano (preto baço) Plano (selectivo)
<b>Águas Sanitárias e pré-aquecimento Industrial</b>	< 60 °C	Plano (preto baço) Plano (selectivo) CPC
<b>Pré-aquecimento Industrial</b>	> 60 °C	CPC Tubos de Vácuo

## 2.4 Configuração dos sistemas solares

As instalações de energia solar térmica comumente instaladas em habitações para produzir água quente sanitária adoptam duas configurações bastante distintas: a tipologia termossifão e a tipologia de circulação forçada. Mesmo dentro destas tipologias existem diversas formas de montagem do equipamento, nomeadamente, disposição dos colectores e método de transferência térmica.

### 2.4.1 Sistema termossifão

Este modo de funcionamento aproveita o princípio físico que permite o movimento do fluido de trabalho entre os colectores e o acumulador sem a ajuda de qualquer mecanismo. É um sistema simples e económico que utiliza a convecção natural como base de funcionamento, contudo a necessidade de colocar o acumulador a uma altura superior à dos colectores pode ser um obstáculo difícil de ultrapassar. É recomendável para pequenas instalações habitacionais onde o consumo de água quente sanitária seja relativamente reduzido [13].

Neste tipo de sistemas, a origem do movimento do fluido está na variação de temperaturas registada ao longo do sistema hidráulico, factor que acaba por fazer variar a densidade do fluido e proporcionar a sua circulação. Em suma, o sistema termossifão utiliza o princípio físico que demonstra que a densidade de um fluido é inversamente proporcional à sua temperatura, logo quando o fluido é aquecido nos colectores, a sua densidade diminui e este sobe pelas tubagens até ao acumulador, dando-se o retorno quando o fluido arrefece e a densidade aumenta [23]. A figura 2.14 apresenta um exemplo do sistema termossifão.

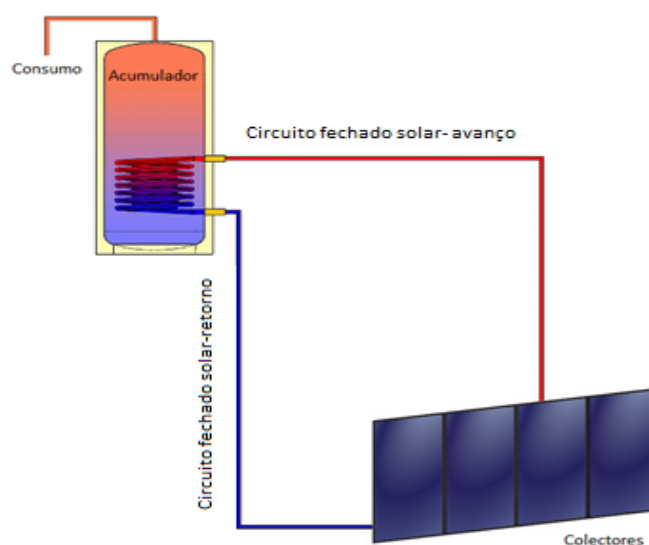


FIGURA 2.14 - EXEMPLO DE SISTEMA TERMOSSIFÃO [ADAPTAÇÃO 12]

## 2.4.2 Sistema de circulação forçada

Ao contrário do sistema termossifão, o sistema de circulação forçada permite trabalhar com caudais mais elevados e colocar o acumulador de água quente sanitária no interior dos edifícios, como se pode observar na figura 2.15.

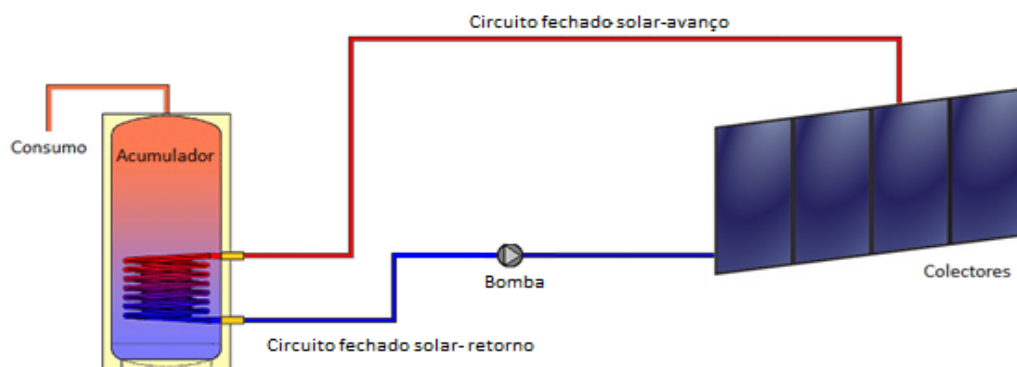


FIGURA 2.15- EXEMPLO DE SISTEMA DE CIRCULAÇÃO FORÇADA [ADPTAÇÃO 12]

Para que esta solução possa ser aplicada e para que satisfaça as condições previamente enunciadas, a circulação do fluido no circuito primário dá-se por acção de uma bomba eléctrica comandada pelo sistema de controlo. Como já foi dito anteriormente, o sistema de controlo faz parar ou arrancar a bomba em função de um diferencial de temperaturas dado pelos sensores instalados à saída do último painel e à entrada do acumulador. Este tipo de sistema é indicado para instalações médias ou grandes [12].

Um resumo da comparação dos dois sistemas anteriormente mencionados, pode ser visualizada no Anexo A.

## 2.5 Condições de utilização dos colectores solares

Para que os colectores solares executem a sua função, é necessário estabelecer algumas condicionantes na sua orientação, nomeadamente em relação aos eixos da Terra, localização preferencial devido ao impacto visual e a questões de segurança relativas à estrutura do colector na presença de vento forte ou acumulação de neve.

### 2.5.1 Orientação

Para o máximo aproveitamento das horas de exposição solar durante o arco diário do Sol, o direccionamento dos colectores deve ser a Sul no Hemisfério Norte e a Norte no Hemisfério Sul. Já o ângulo que o painel na posição horizontal deve corresponder aproximadamente ao valor da latitude no local (entre 32 e 42° em Portugal continental) subtraindo 5°. Essa diferença deve-se ao facto do Sul geográfico não ser coincidente com o Sul magnético definido pela bússola, o que significa que o Norte geográfico está aproximadamente desviado 5° para a direita do Norte magnético em Portugal continental [12]. No entanto, caso se tenha em consideração a sazonalidade, a correcção a introduzir para otimizar a captação de energia, tendo em conta a declinação da Terra, é a seguinte [13]:

- a. Todo o ano: latitude do local - 5°;
- b. Inverno: latitude do local +15°;
- c. Verão: latitude do local -15°.

Em suma, em instalações habitacionais podemos considerar dois tipos de utilização: a permanente, em que a instalação de mecanismos de variação da inclinação são dispensáveis, visto que as perdas energéticas existentes são pequenas quando comparadas com os custos destes equipamentos; a sazonal, onde é possível otimizar o sistema recorrendo à introdução de um factor de correcção.

### 2.5.2 Posicionamento

Um aspecto bastante importante inerente à disposição dos colectores é o impacto visual provocado. Deve-se ter em conta a integração arquitectónica para que os colectores fiquem relativamente ocultos e integrados na paisagem envolvente. A grande variedade de estruturas e acessórios de montagem disponíveis no mercado permitem uma disposição fácil e segura sobre as telhas (no caso dos colectores inclinados) [23].

Assim, o posicionamento dos colectores deve ter sempre em conta os seguintes critérios [12]:

1. **Segurança** – É o aspecto mais importante a considerar na escolha do local para a instalação da estrutura do colector. Deve ter-se em conta os fenómenos atmosféricos.

2. **Mínimo impacto visual** – Analisar todas as hipóteses de instalação para obter o menor impacto visual possível (por vezes os ângulos de orientação podem ser diferentes dos teoricamente estipulados, sendo que uma variação do ângulo do colector com a horizontal até 15° não afecta de forma substancial o rendimento global do sistema).
3. **Evitar sombras** – Antes de fixar os colectores é necessário confirmar que não existe projecção de sombras na superfície dos colectores durante o percurso solar. A determinação de possíveis sombras pode ser feita através de dois métodos: observação durante um dia completo ou cálculo tendo em consideração a altura do obstáculo, distância ao colector e localização geográfica.

### 2.5.3 Instalação

Na instalação dos colectores é possível optar por dois tipos de disposição, em superfícies planas (figura 2.16) ou superfícies inclinadas (figura 2.17).

Se o local mais apropriado, tendo em conta os critérios anteriormente referidos, for uma superfície plana, o tipo de estrutura de suporte é composto por um conjunto de barras de metal e respectivos sistemas de fixação. Este tipo de estrutura apresenta três variáveis: área disponível para colocar os colectores, modo de fixação ao solo e as condições para determinar a inclinação (valor fixo ou diferentes posições).



FIGURA 2.16- SUPORTE PARA SUPERFÍCIES PLANAS [26]

As superfícies inclinadas constituem o local ideal para a instalação dos colectores solares, uma vez que garantem uma melhor integração arquitectónica, independentemente do problema dos ventos fortes interferirem na segurança da estrutura. Sistemas de fixação como grampos ou parafusos são utilizados para unir as barras metálicas às telhas.

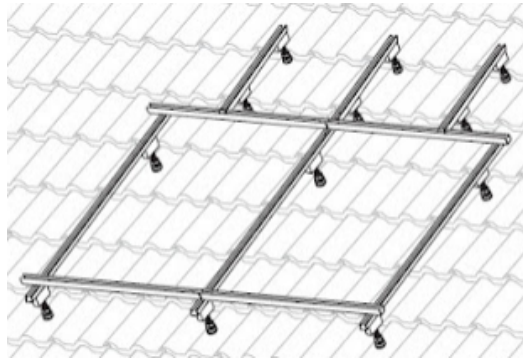


FIGURA 2.17- ESTRUTURA PARA SUPERFÍCIES INCLINADAS [27]

## 2.6 Higiene e segurança

A temperatura a que se encontram as tubagens por onde circula o fluido quente pode provocar queimaduras graves na pele humana, pelo que é necessário, para além do devido isolamento, introduzir na instalação solar elementos de sinalização. Deve-se ter também atenção à pressão atingida no interior do sistema nos meses de Verão, e actuar se necessário para que o equipamento não acabe danificado.

Seja qual for o tipo da instalação, a garantia da segurança deve ser um compromisso implícito no projecto e na instalação. Se as especificações de montagem não forem apresentadas de forma muito aprofundada, devem ser cumpridas as seguintes recomendações [12]:

- Instalar válvulas de corte à entrada e saída dos subsistemas por forma a obter um isolamento eficaz em operações de manutenção;
- Aplicar sistemas de prevenção da ocorrência de gelo no circuito primário;
- Instalar meios de protecção contra sobreaquecimentos devido à alta irradiação solar. Podem ser aplicados sistemas de drenagem devidamente sinalizados para escoar a água quente sem colocar as pessoas em perigo;
- Instalar válvulas misturadoras que permitam controlar a temperatura da água realizando uma mistura com água fria, se a instalação proporcionar temperaturas de consumo elevadas (60 °C).

Outro aspecto importante a ter em conta nas instalações solares térmicas é a doença bacteriana *Legionella* que pode provocar infecções pulmonares e síndrome febril aguda. A *Legionella* é capaz de sobreviver num vasto leque de temperaturas, que vão dos 20 °C aos 45 °C, sendo a gama dos 35-37 °C a zona onde é alcançada a capacidade de multiplicação máxima, e, por isso o máximo risco. A sua morte dá-se aos 70 °C [23] (figura 2.18).

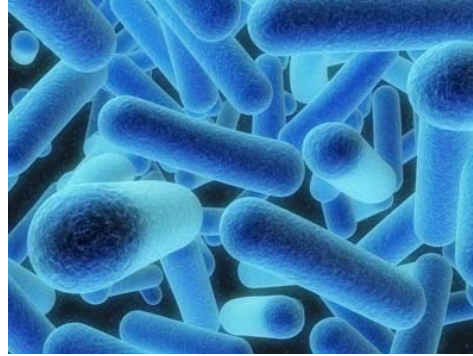


FIGURA 2.18- EXEMPLO DA BACTERIA *LEGIONELLA* [28]

A bactéria encontra-se nas águas superficiais, a partir da qual pode alcançar e colonizar os sistemas de abastecimento de água e seguir para o sistema de água sanitária através da rede de distribuição. Ao longo dos anos foram publicadas várias normas para a prevenção da *Legionella* que ditavam a limpeza periódica das instalações e práticas de controlo de temperatura e desinfecção contínua de modo a evitar condições favoráveis para a sobrevivência e multiplicação da bactéria [12].

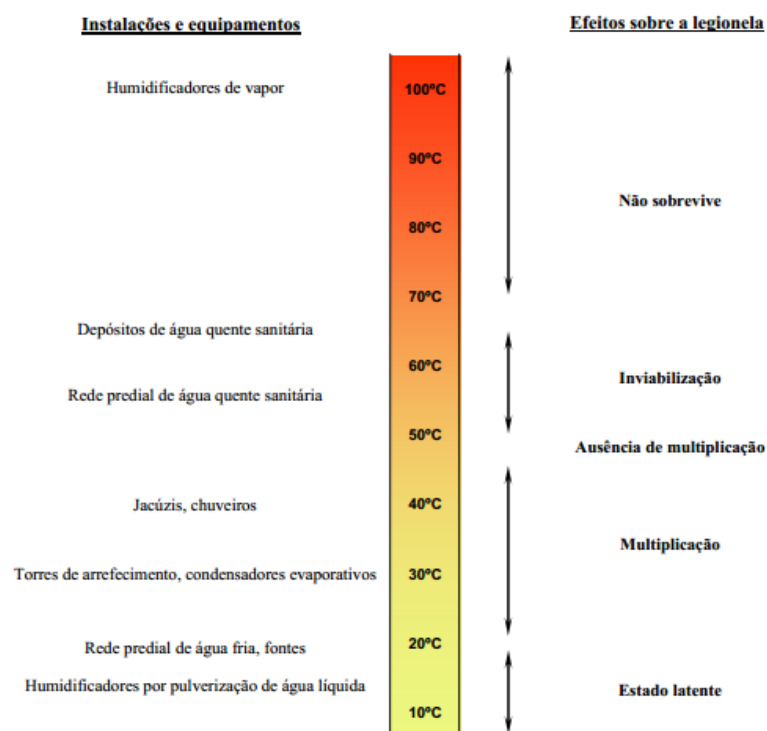
De acordo com informação obtida através de várias pesquisas, os factores que favorecem o desenvolvimento da bactéria *Legionella* são [29]:

- Temperaturas da água entre 20 °C e 45 °C;
- Condições de pH entre os 5 e 8, sendo possível estar presentes para valores inferiores;
- Zonas preferenciais de estagnação de água, como reservatórios, tubagens, ponto de extremidade das redes pouco utilizados, etc.;
- Presença de L-cisteína, sais de ferro e zinco e matéria orgânica, provocados por incrustação e corrosão;
- Humidade relativa superior a 60%.

As investigações sobre surtos epidérmicos e de casos esporádicos da doença legionários (legionários ou *legionella*) têm permitido associar as origens da doença a redes prediais de águas, torres de arrefecimento e condensadores evaporativos. Porém, outras instalações e equipamentos também têm sido relacionados com infecções, tais como: jacuzzis, instalações termais, outros equipamentos que acumulem água e possam produzir aerossóis [30].

Em determinadas circunstâncias as instalações podem apresentar alteração da qualidade da água e acumulação de produtos que sirvam como nutrientes para a bactéria (sedimentos, matéria orgânica, material de corrosão). Pode ainda verificar-se a formação uma película produzida pelas *Legionellas*, denominada por biofilme, constituída por placas de matéria orgânica. A presença de biofilme representa uma comunidade microbiológica metabolicamente cooperativa, desempenha um papel importante na sobrevivência e certamente na multiplicação da *Legionella*, com protozoários como a amíbia e determinados valores de temperatura que favorecem também a sua proliferação [31].

A figura 2.18 apresenta, de uma forma gráfica, a temperatura média da água no funcionamento de alguns equipamentos/instalações mais relevantes, e o seu efeito sobre as *Legionellas* (no Anexo B pode visualizar-se a figura 2.19).



**FIGURA 2.19-** TEMPERATURA MÉDIA DA ÁGUA NO FUNCIONAMENTO DE ALGUNS EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES E O SEU EFEITO SOBRE A *LEGIONELLA* [29].

A *Legionella* pode ser eliminada recorrendo a um dos seguintes mecanismos [23]:

- Tratamento térmico;
- Tratamento físico da água;
- Tratamento químico.

No caso dos sistemas solares distinguem-se duas situações: água em circulação no circuito primário (água que atravessa os colectores solares) e a água do circuito secundário (água de distribuição para consumo). No circuito primário o desenvolvimento da *Legionella* não afecta os colectores solares. O circuito secundário é diferente, pois nele circula a água a uma temperatura na ordem dos 45 °C ou inferiores, temperaturas favoráveis ao desenvolvimento da bactéria. Neste circuito a solução passa pelo tratamento térmico, aumentando a temperatura da água a 70 °C durante um período, não inferior a 30 minutos [23].

Outra solução pode ser o tratamento químico, utilizando o dióxido de cloro, uma vez que este tem boas características desinfectantes. Além disso permanece activo, no interior da tubagem durante longo tempo, pode penetrar as células da bactéria e não conduz à formação de substâncias nocivas ao homem.

## 2.7 Manutenção

Entende-se por manutenção de uma instalação o conjunto de técnicas que garantam o seu correcto funcionamento dentro das condições previstas e durante o tempo de utilização estimado. Alguns equipamentos, a que o rendimento está directamente ligado (colectores solares, isolamentos e ligações hidráulicas), são comumente afectados por uma degradação progressiva das suas condições de trabalho, sendo necessária a sua readaptação ou substituição ao longo do tempo.

Em todas as instalações deve existir um plano de manutenção preventiva que deve conter um mínimo de operações a efectuar num determinado período de tempo. Essa manutenção corresponderá à operação de inspecção do estado do sistema térmico em que deve constar, pelo menos [13]:

- a) Identificação completa do edifício e a sua localização;
- b) Identificação e contactos do técnico responsável;
- c) Identificação e contactos do proprietário e, se aplicável, o locatário;
- d) Nível de qualificação profissional dos técnicos;

- e) Descrição detalhada dos procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas energéticos, em função dos vários tipos de equipamentos e das características específicas dos seus componentes e das potenciais fontes poluentes do ar interior;
- f) Periodicidade das operações de manutenção preventiva e de limpeza;
- g) Registo das operações de manutenção realizadas, com indicação do técnico ou técnicos que as realizam, dos resultados das mesmas e outros eventuais comentários pertinentes;
- h) Definição das grandezas a medir para posterior constituição de um histórico do funcionamento da instalação.

Geralmente, o cliente recebe um manual de instruções por parte do instalador com o esquema da instalação, permitindo a identificação de cada elemento. Este manual deve também incluir informações relativas ao uso das instalações, operações de segurança, conservação e manutenção do sistema.

O responsável pela instalação deve efectuar as seguintes acções de maneira a promover o correcto funcionamento do sistema:

- Comparar periodicamente a pressão do circuito de referência com a do sistema. Caso essa pressão seja mais baixa é necessário contactar o instalador;
- Manobrar a válvula de segurança a cada três meses para evitar que fique colada.

Assim, durante a manutenção, o responsável deve avaliar alguns parâmetros para prevenir alguma falha do sistema. Sendo eles:

1. Verificar se há ar no sistema e assegurar o seu enchimento e pressurização nominal;
2. Avaliar se as válvulas da instalação funcionam correctamente;
3. Comprovar se as sondas de temperatura funcionam correctamente e se o controlador diferencial arranca com o  $\Delta T$ , ou seja, se ocorre arranque e paragem da bomba;
4. Efectuar inspecções visuais para a verificação:
  - I. De isolamentos deteriorados;
  - II. Do estado do campo de colectores (estanquicidade à chuva, vidros partidos, deformação das caixas dos colectores, corrosões, fugas de fluido, entre outros).

As avarias mais frequentes nas instalações são no circuito primário, por ser a parte mais frágil da instalação. Na tabela 2.5 apresenta-se as avarias mais comuns e como verifica-las [14]:

TABELA 2.5- AVARIAS TIPO [14]

Avaria	Verificação
<b>As bombas não funcionam</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fusíveis contactos e quadro eléctrico;</li> <li>-Fornecimento de pressão da rede;</li> <li>-Existência de válvulas indevidamente fechadas.</li> </ul>
<b>Mau funcionamento do comando diferencial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Colocação de sondas de temperatura;</li> <li>-Calibração do comando diferencial (sistema de controlo).</li> </ul>
<b>O circuito tem baixa pressão em frio e parado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de fluido no seu interior;</li> <li>-Existência de fugas.</li> </ul>
<b>A bomba funciona com caudal e pressões insuficientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se está devidamente purgado o circuito.</li> </ul>
<b>A bomba funciona, o caudal é insuficiente ou nulo e a pressão é elevada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar ponto de funcionamento da bomba;</li> <li>-Existência de uma obstrução no circuito;</li> <li>-Verificar se a válvula de retenção está bem montada e não está colada.</li> </ul>

### 3. Caso de Estudo

#### 3.1 Caracterização do local

A instalação dos sistemas em estudo foi realizada na cobertura do edifício do ISEL (distrito de Lisboa) para satisfazer a necessidade de água quente sanitária na área do refeitório. Nesta instalação não há qualquer obstrução, ou seja, não existe sombreamento.

#### 3.2 Caracterização da instalação

A instalação é composta por dois sistemas diferentes, em que o primeiro é baseado no princípio de termossifão e o segundo no princípio de circulação forçada.

A tabela 3.1 mostra os dados comuns para os dois sistemas.

TABELA 3.1 DADOS COMUNS DOS DOIS SISTEMAS

<b>Dados:</b>	
<b>Localização</b>	Lisboa
<b>Utilização</b>	AQS
<b>Tipo de utilização</b>	Permanente
<b>Orientação do Edifício</b>	Sul
<b>Tipo de cobertura</b>	Plana
<b>Inclinação dos colectores</b>	35 °
<b>Localização Sala técnica</b>	Piso 0
<b>Tipo de equipamentos de sistema de apoio para cada sistema</b>	Esquentador
<b>Tipo de combustível</b>	Gás Natural

Para além dos dados descritos anteriormente, é necessário saber as características dos equipamentos utilizados pelos dois sistemas nesta instalação da marca VULCANO/BOSCH [32].

### **Sistema Termossifão (*Kit F1 / TS 200 E / FKC*)**

- Colector solar vertical da gama *WarmSun*, modelo FKC-1s com absorvedor selectivo, área útil de 2,25 m<sup>2</sup>, rendimento óptico 0,770, coeficiente de perdas linear de 3,681 W/m<sup>2</sup> K e coeficiente de perdas secundário de 0,0173 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>;
- Depósito de acumulação de dupla envolvente TS 200-1 E, com capacidade útil de 195 Litros, vaso de expansão incorporado e possibilidade de apoio eléctrico;
- *Kit* de acessórios de ligação, com tubagem em EPDM reforçados com nylon (FS 65);
- Estrutura de suporte para telhado plano e vento normal, fabricada em alumínio (TSF 2).

### **Sistema Circulação Forçada (*Kit T9 / FKC/ 200*)**

- Colector solar vertical da gama *WarmSun*, modelo FKC-1s com absorvedor selectivo, área útil de 2,26 m<sup>2</sup>, rendimento óptico 0,770, coeficiente de perdas linear de 3,681 W/m<sup>2</sup> K e coeficiente de perdas secundário de 0,0173 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>;
- Depósito de acumulação de serpentina simples SO 200-1E, com capacidade útil de 191 litros;
- *Kit* de acessórios de ligação, com tubagem em EPDM reforçados com nylon (FS 22);
- Estrutura de suporte para telhado plano e vento normal, fabricada em alumínio (FKF 3);
- Vaso de expansão de 25 litros e respectivo suporte (SAG 25 + AAS1);
- Purgador de ar automático (ELT 5);
- Válvula de segurança de 6 bar (VS6);
- Grupo de circulação até 5 colectores (AGS 5);
- Termóstato diferencial, inclui duas sondas (B-Sol 100).

As características do sistema de apoio, o modelo Esquentador Sensor Ventilado WTD 11 KME da marca VULCANO/BOSCH, para os dois sistemas são iguais e são as seguintes:

- Caudal máximo de 11 litros por minuto;
- Acendimento automático;
- Rendimento de 87%;
- Controlo Termostático - Possibilidade de seleccionar temperatura grau a grau (35° a 60 °C);
- Compatível com sistemas solares;
- Display LCD para selecção de temperatura, funcionamento solar e diagnóstico de anomalia;
- Ventilador incorporado na chaminé do esquentador (ligado a 230v);
- Modulação automática da chama (gás);
- Bloqueio automático do aparelho em caso de falha de ignição;
- Segurança de exaustão através do pressostato diferencial;
- Limitador de temperatura de segurança.

Nas saídas dos sistemas existe um regulador que permite obter um caudal constante. Desta forma, é possível controlar a água inserida nos equipamentos de apoio, uma vez que estes estão limitados à capacidade de produção instantânea (11 litros/minuto).

A instalação dispõe de sondas de temperatura localizadas na entrada da água da rede, nas saídas dos depósitos dos dois sistemas e nas entradas e saídas dos apoios (esquentadores). Com isto, através de um sistema de aquisição de dados com uma memória interna e transferência de dados por via remota para o computador, consegue-se saber todas as temperaturas recolhidas durante o dia e, conseqüentemente, realizar o estudo comparativo dos dois sistemas, verificando e monitorizando o seu funcionamento.

O esquema de princípio da instalação encontra-se no Anexo C.

### 3.3 Perfil de Consumo

Os consumos são controlados por uma válvula de equilíbrio dinâmico, baseado num relógio que comanda o tempo de abertura e fecho da válvula.

Para o caso em estudo foi considerado um perfil de consumo médio de 200 litros diários. A tabela 3.2 apresenta a distribuição desse consumo.

Tabela 3.2- Perfil de consumo

Horas	Consumo (litros)
07:00 h às 08:00 h	25
08:00 h às 09:00 h	25
13:00 h às 14:00 h	25
18:00 h às 19:00 h	50
19:00 h às 20:00 h	50
20:00 h às 21:00 h	25

### 3.4 Metodologia

Como referido anteriormente, um dos objectivos desta dissertação é o estudo comparativo das duas tecnologias utilizadas no Refeitório do ISEL (Termossifão e Circulação Forçada).

Inicialmente, realizou-se uma campanha de medições num intervalo de doze meses que possibilitou avaliar o desempenho energético dos dois sistemas solares. Salienta-se que estava projectada uma colecção de dados entre o período de Janeiro a Dezembro de 2013, mas devido a problemas técnicos a mesma não pôde ser realizada, tendo-se iniciado o tratamento de dados em Abril de 2013 e terminado em Março de 2014.

Através de dados fornecidos pelo sistema de aquisição, e recorrendo a uma folha de cálculo, foi possível determinar a energia térmica produzida e a potência de cada um dos sistemas. De notar que cada sistema possui sondas de temperaturas cuja localização pode ser observada no esquema de princípio da instalação no Anexo C

Os dados fornecidos pelo autómato são armazenados. As informações das temperaturas são recolhidas num período de 3 dias, minuto a minuto, gerando diariamente uma folha de dados. Assim, houve necessidade de extrair os dados quando os sistemas se encontravam em funcionamento, isto é, quando havia abertura de válvulas. A abertura das válvulas é motorizada e controlada pelo autómato, por forma a permitir simular consumos previamente estabelecidos no ponto 3.3.

As variáveis que são obtidas na folha de dados, conforme a figura 3.1, concebidas pelo sistema de aquisição são:

- Registo da data e hora em que o valor foi retirado;
- Posicionamento da válvula do termossifão (aberta (1) /fechada (0));
- Posicionamento da válvula da circulação forçada (aberta (1) /fechada (0));
- Temperatura da água da rede;
- Temperatura à saída do colecter circulação forçada;
- Temperatura à saída do colecter do termossifão;
- Temperatura à saída da caldeira circulação forçada;
- Temperatura à saída da caldeira termossifão;
- Temperatura da água no depósito de AQS.

Date / Time	Válvula Cir. Forçada (0 ou 1)	Temp. Água da Rede (°C)	Saída do Esquentador (Cir.Forçada) (°C)	Depósito AQS (Cir.Forçada) (°C)	Válvula Termossifão (0 ou 1)	Entrada do Esquentador (Termossifão) (°C)	Saída do Esquentador (Termossifão) (°C)	Entrada do Esquentador (Cir.Forçada) (°C)
02/04/YYYY 07:05:00 AM	1	15,19	65,57	72,61	1	38,25	64,18	34,35
02/04/YYYY 07:04:00 AM	1	15,24	66,28	72,22	1	38,29	64,17	34,24
02/04/YYYY 07:03:00 AM	1	15,31	66,16	72,25	1	37,94	63,48	33,98
02/04/YYYY 07:02:00 AM	1	15,44	66,62	71,72	1	35,49	63,75	33,27
02/04/YYYY 07:01:00 AM	1	15,8	66,21	71,92	1	28,74	64,62	30,1
02/04/YYYY 07:00:00 AM	1	18,72	19,36	71,71	1	19,12	19,24	19,17
02/04/YYYY 06:59:00 AM	0	18,72	19,36	71,93	0	19,12	19,24	19,17
02/04/YYYY 06:58:00 AM	0	18,7	19,36	72,08	0	19,12	19,24	19,17

FIGURA 3.1- EXCERTO DOS OUTPUTS RETIRADOS DA FOLHA DE DADOS

Posto isto, elaborou-se uma folha de cálculo dos doze meses em estudo na qual se verificou mensalmente a abertura das válvulas através da filtragem de dados. Consequentemente, é possível saber as temperaturas de entrada e saída num intervalo de tempo (quando as válvulas estão abertas), podendo-se determinar a potência produzida pelos colectores ou pelo sistema de apoio através da equação 3.

$$Q = m \times Cp \times \Delta T$$

**Equação 3**

Sendo:

$Q$  - Energia térmica [kW];

$m$  - Caudal da água (kg/s);

$Cp$  - Calor específico da água (kJ/kg°C);

$\Delta T$  - Diferencial de temperaturas (°C).

Uma vez que o caudal de água é medido em termos volumétricos, a equação a utilizar para o cálculo da energia produzida é apresentada na equação 4.

$$Q = V \times \rho \times Cp \times \Delta T \quad \text{Equação 4}$$

Sendo:

$Q$  - Energia térmica [kJ];

$V$  - Volume de água [m³];

$\rho$  - Massa volúmica do fluido (água) [kg/m³];

$Cp$  - Calor específico da água (kJ/kg°C);

$\Delta T$  - Diferencial de temperaturas (°C).

A energia produzida foi determinada para cada mês, quando os sistemas estavam em funcionamento, ou seja, quando havia aberturas de válvulas. O Anexo D apresenta as folhas de cálculo com o tratamento de dados, diário e mensal, durante os doze meses em estudo das duas tecnologias. Na figura 3.2 encontra-se um exemplo de uma folha de cálculo do sistema do termossifão de um mês.

Date / Time	Date	Horario de Funcionamento	ISEL_Proyecto_VULCAN O:NAE00 108D01F 9D6/N2 Trunk.C	ISEL_Proyecto_VULCAN O:NAE00 108D01F 9D6/N2 Trunk.C	Dep_AQ S. Cir.For (deg C)	T_Agua_Rede (deg C)	T_Saida_Esq_TermoSif. (deg C)	T_Entrada_Esq_TermoSif. (deg C)	Delta T instantáneo TermoSif.	Temp Média_Rede	Temp Média_Saida_Esq_TermoSif.	Temp Média_Entrada_Esq_TermoSif.	Delta T TermoSif.	Carga Experimental TermoSif.	Contribuição Solar TermoSif.	Apoio TermoSif.	Carga. (60°C)	Necessidades Complementares TermoSif.
01/03/YYYY 08:03:00 AM	01/03/2014	21 h	1	1	63,91	15,48	53,25	18,06	2,58	15,76 °C	52,91 °C	18,30 °C	2,54 °C					
01/03/YYYY 08:02:00 AM	01/03/2014	21 h	1	1	73,08	15,61	53,19	18,29	2,68	15,76 °C	52,91 °C	18,30 °C	2,54 °C					
01/03/YYYY 08:01:00 AM	01/03/2014	21 h	1	1	65,46	16,2	52,28	18,56	2,36	15,76 °C	52,91 °C	18,30 °C	2,54 °C	1,0842 kWh	0,0248 kWh	1,0593 kWh	0,8687 kWh	0,8439 kWh
01/03/YYYY 07:05:00 AM	01/03/2014	20 h	1	1	83,64	15,55	54,51	19	3,45	15,78 °C	54,34 °C	19,23 °C	3,45 °C					
01/03/YYYY 07:04:00 AM	01/03/2014	20 h	1	1	84,51	15,58	54,24	19,14	3,56	15,78 °C	54,34 °C	19,23 °C	3,45 °C					
01/03/YYYY 07:03:00 AM	01/03/2014	20 h	1	1	84,45	15,6	54,61	19,28	3,68	15,78 °C	54,34 °C	19,23 °C	3,45 °C					
01/03/YYYY 07:02:00 AM	01/03/2014	20 h	1	1	83,41	15,75	54,53	19,36	3,61	15,78 °C	54,34 °C	19,23 °C	3,45 °C					
01/03/YYYY 07:01:00 AM	01/03/2014	20 h	1	1	84,92	16,4	53,82	19,36	2,96	15,78 °C	54,34 °C	19,23 °C	3,45 °C	2,2519 kWh	0,2010 kWh	2,0509 kWh	2,5847 kWh	2,3837 kWh
01/03/YYYY 06:05:00 AM	01/03/2014	19 h	1	1	67,21	15,75	55,55	20,37	4,62	15,96 °C	55,75 °C	20,07 °C	4,11 °C					
01/03/YYYY 06:04:00 AM	01/03/2014	19 h	1	1	66,8	15,79	56,59	20,43	4,64	15,96 °C	55,75 °C	20,07 °C	4,11 °C					
01/03/YYYY 06:03:00 AM	01/03/2014	19 h	1	1	66,63	15,77	56,44	20,33	4,56	15,96 °C	55,75 °C	20,07 °C	4,11 °C					
01/03/YYYY 06:02:00 AM	01/03/2014	19 h	1	1	65,59	15,88	55,82	20	4,12	15,96 °C	55,75 °C	20,07 °C	4,11 °C					
01/03/YYYY 06:01:00 AM	01/03/2014	19 h	1	1	66,68	16,61	54,36	19,21	2,6	15,96 °C	55,75 °C	20,07 °C	4,11 °C	2,3240 kWh	0,2392 kWh	2,0849 kWh	2,5740 kWh	2,3348 kWh
01/03/YYYY 12:02:00 PM	01/03/2014	13 h	1	1	77,51	15,71	55,2	19,77	4,06	15,95 °C	54,83 °C	19,51 °C	3,56 °C					
01/03/YYYY 12:01:00 PM	01/03/2014	13 h	1	1	77,76	16,19	54,45	19,24	3,05	15,95 °C	54,83 °C	19,51 °C	3,56 °C	1,1351 kWh	0,1035 kWh	1,0316 kWh	1,2873 kWh	1,1838 kWh
01/03/YYYY 08:02:00 AM	01/03/2014	9 h	1	1	65,66	15,77	56,54	20,56	4,79	16,14 °C	56,07 °C	20,34 °C	4,20 °C					

FIGURA 3.2- EXCERTO DA FOLHA DE CÁLCULO DO TERMOSSIFÃO

### 3.5 Simulação *Solterm*

Para poder confrontar os resultados experimentais obtidos e verificar o correcto funcionamento e dimensionamento da instalação utilizou-se a ferramenta informática preconizada pelo RSECE, mais propriamente o *software Solterm*. De notar que a presente regulamentação obriga a utilização do *Solterm* na determinação da contribuição dos sistemas solares térmicos para aquecimento da AQS.

#### 3.5.1 Detalhes do local

O local da instalação situa-se em Lisboa. Assim, após inserir a localidade no programa, este indicará a variação da irradiação solar horizontal e a temperatura ambiente de todo o ano. No *software Solterm* o primeiro passo a dar é escolher a zona da instalação (Lisboa), como se observa na figura 3.3.

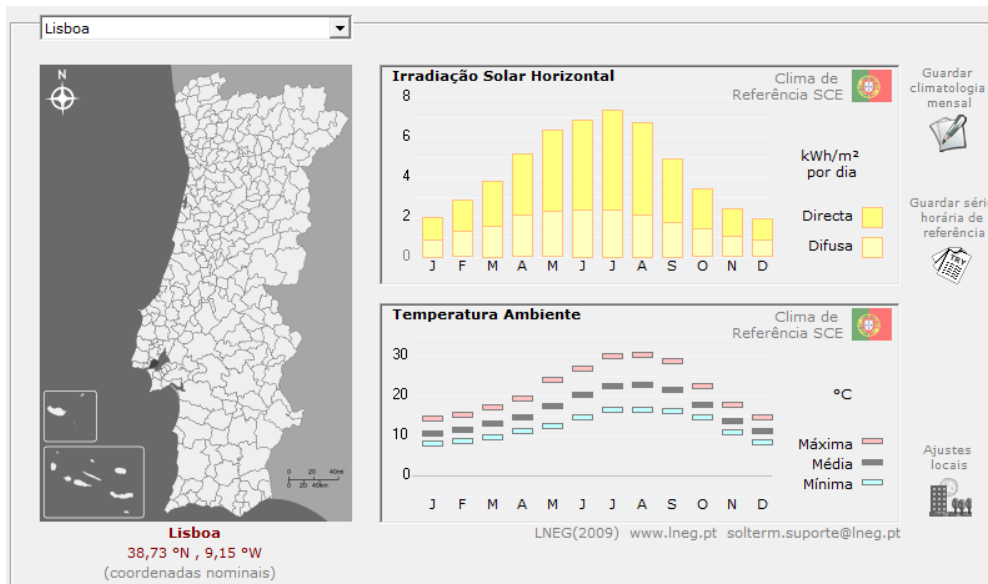


FIGURA 3.3- DADOS INICIAIS DO SOLTERM

Antes de avançar com o programa é necessário ajustar certos parâmetros referentes ao local, como a turbidez da atmosfera, albedo do solo e definição de obstruções. A turbidez da atmosfera considerou-se como uma zona urbana poluída, visto que a instalação se localiza numa cidade, ver figura 3.4. No albedo considerando-se outras situações/valor típico de 20%, de forma a caracterizar o local de uma forma mais precisa. A instalação presente não tem qualquer obstrução, ou seja, a instalação não é sombreada.

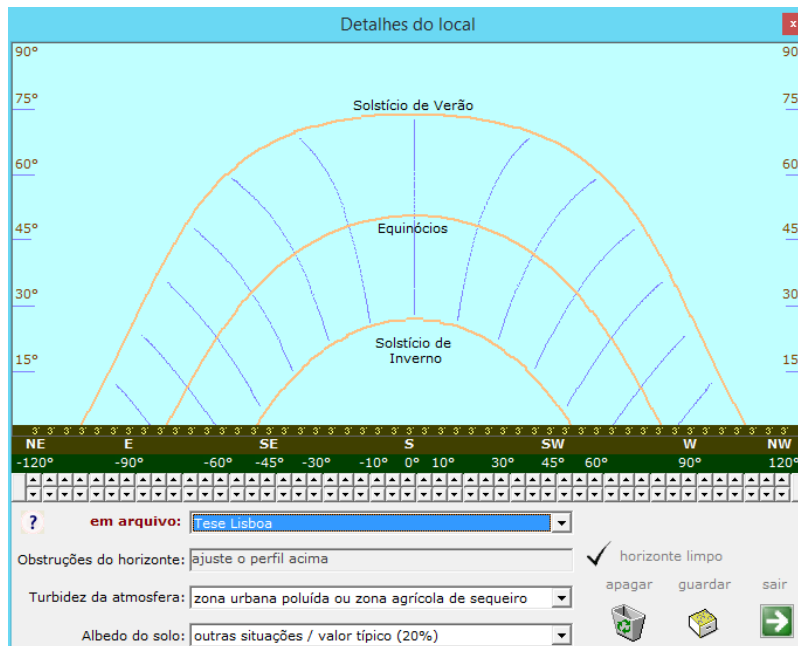


FIGURA 3.4-DETALHES DO LOCAL (LISBOA)

### 3.5.2 Consumo

O consumo de 200 litros foi distribuído pelas respectivas horas do dia, de acordo com a abertura de válvula. Primeiramente, assumiram-se os valores de temperatura da água da rede fornecidos pelo programa ao longo do ano (figura 3.5).

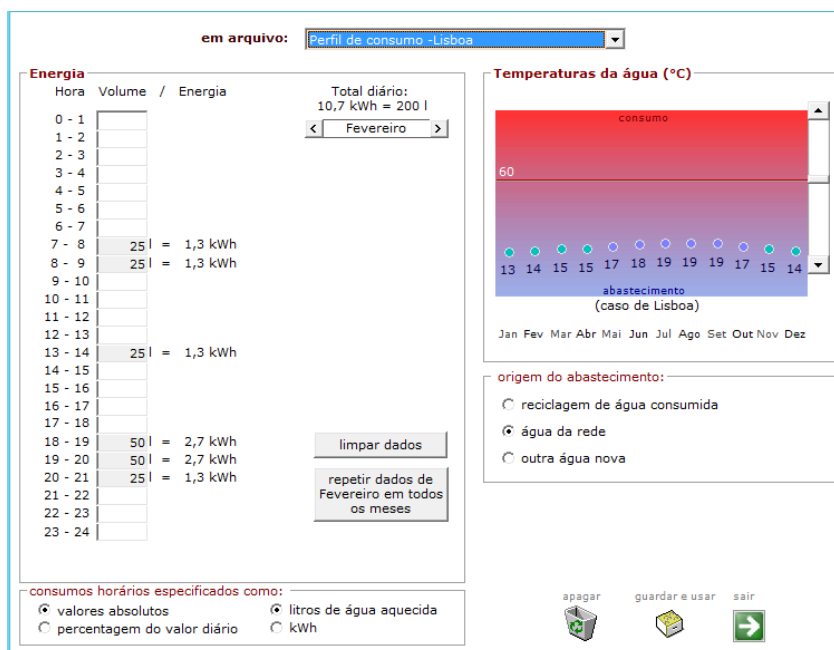


FIGURA 3.5-PERFIL DE CONSUMO (SOLTERM)

Na segunda simulação os valores da temperatura da água foram adaptados aos valores experimentais, como se pode observar na figura 3.6.

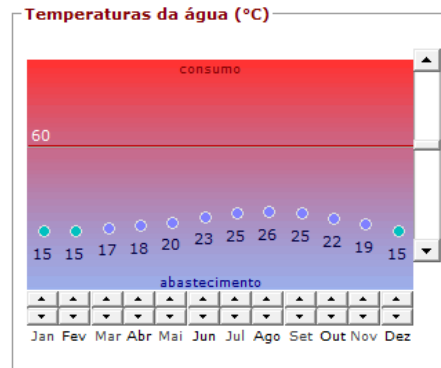


FIGURA 3.6- TEMPERATURAS DA ÁGUA DA REDE DA SEGUNDA SIMULAÇÃO (SOLTERM)

### 3.5.3 Depósito

Este ponto é apenas aplicado para o sistema de circulação forçada, em que as características do depósito já foram referidas no ponto 3.2. Essas características estão apresentadas na figura 3.7.

A interface do "Editor de tanques de armazenamento / permutadores" contém os seguintes campos e opções:

- em arquivo:** SEL
- Permutador de calor:**
  - interno
  - de camisa
  - externo
  - Eficácia: 55%
- Depósito:**
  - Localização:**  interior,  exterior
  - Posição:**  horizontal,  vertical.  existem deflectores internos
  - Material:**  cobre,  inox,  plástico,  metal vitrificado
  - Características geométricas:**
    - Volume = 190 l
    - Área externa: 3,25 m<sup>2</sup>
    - Botão: caso de cilindros
  - Coefficiente de perdas térmicas:**
    - Global: 3,1 W/K
    - Específico: 0,957 W/m<sup>2</sup>/K
    - Botão: sugerir
- Botões de ação: apagar, guardar, sair

FIGURA 3.7- DADOS DO PERMUTADOR E ACUMULADOR (SOLTERM)

As características do conjunto depósito/permutador são apresentadas na figura 3.8.

Depósitos / Permutadores

ISEL

1 conjunto depósito/permutador  
Volume = 190 l  
Área externa = 3,25 m<sup>2</sup>  
Perdas térmicas = 3,1 W/K

Permutador interno, tipo serpentina.  
Eficácia do permutador 55%.  
Depósito abrigado.  
Posição vertical.

FIGURA 3.8- CARACTERÍSTICAS DO CONJUNTO DEPÓSITO/PERMUTADOR (SOLTERM)

### 3.5.4 Energia de Apoio

O sistema de apoio tem como objectivo aquecer a água à temperatura pretendida quando a radiação solar não estiver disponível ou for insuficiente. O *Solterm* possibilita a escolha da fonte de energia a utilizar pelo sistema de apoio. Para este estudo seleccionámos o gás natural (figura 3.9).

Sistema de apoio

Electricidade (da rede)     Gás propano     Gasóleo (de aquecimento)  
 Gás butano     Outro  
 Gás natural

Rendimento global do sistema (relativamente ao PCI): 75 %  
PCI (Poder Calorífico Inferior): 45,1 MJ /kg

FIGURA 3.9-SISTEMA DE APOIO (SOLTERM)

### 3.5.5 Colector

Por último, definiu-se o colector utilizado introduzindo a marca e o modelo. O equipamento já estava na base de dados do *Solterm*, por isso as características deste foram dados pelo programa. Caso contrário, seria necessário inserir as respectivas características que se podem ver no certificado do colector. Neste ponto, também se estabelece a quantidade de colectores e a sua inclinação. As características da instalação do sistema de circulação forçada são apresentadas na figura 3.10.

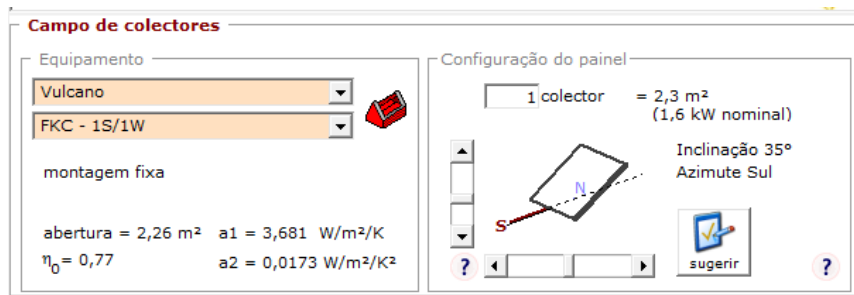


FIGURA 3.10- CARACTERÍSTICAS DO COLECTOR SOLAR PARA O SISTEMA CIRCULAÇÃO FORÇADA (SOLTERM)

No caso do termosifão o depósito de acumulação está acoplado horizontalmente ao colector na sua parte inferior. Assim, ao definir-se o colector, este assume o volume do depósito, sendo apenas necessário inserir o número de *kit's* e a sua inclinação (figura 3.11).

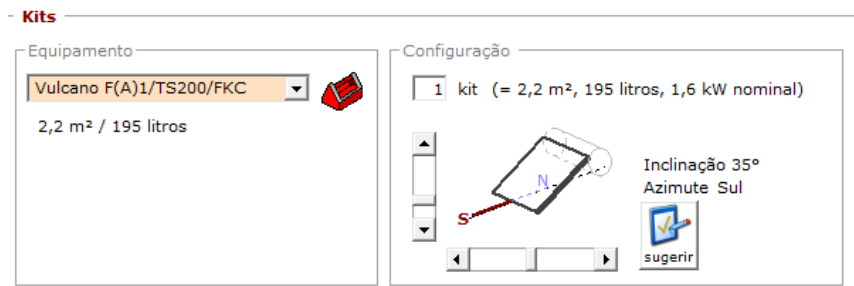


FIGURA 3.11-CARACTERÍSTICAS DO COLECTOR SOLAR PARA O SISTEMA TERMOSSIFÃO (SOLTERM)

### 3.5.6 Análise energética

Após a introdução dos dados no programa *Solterm* para os dois sistemas procedeu-se à simulação, sendo eles independentes. Para o sistema de circulação forçada obteve-se a análise apresentada na figura 3.12, do desempenho do sistema solar térmico.

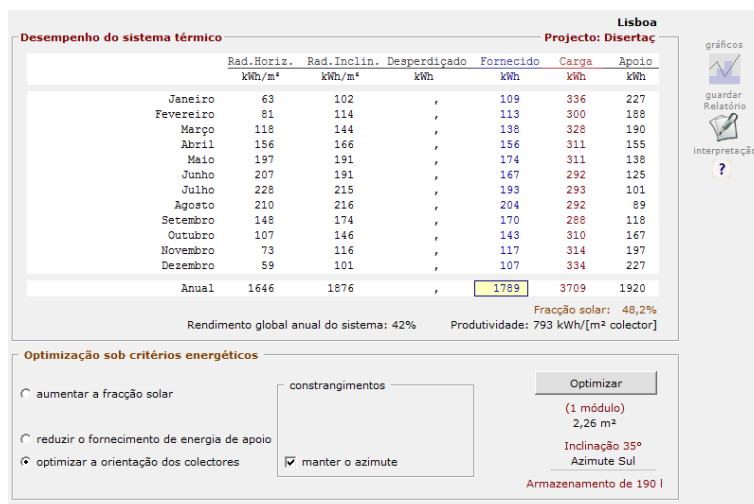


FIGURA 3.12 ANÁLISE ENERGÉTICA DA CIRCULAÇÃO FORÇADA (SOLTERM)

Nos estudos realizados existem várias colunas (ver figura 3.12) correspondentes a parâmetros energéticos da instalação expressos numa base mensal e encontra-se ainda, no final de cada coluna, o somatório dos meses calculados, o qual origina os valores energéticos anuais [33].

A primeira coluna indica a energia solar acumulada na horizontal à superfície (*Rad.Horiz*) por unidade de área (kWh/m<sup>2</sup>). É obtida através do somatório da radiação directa do Sol e da radiação difusa, por via do hemisfério celeste, por reflexão do solo e superfícies junto ao solo.

A segunda coluna refere-se à energia solar global acumulada pela face dos colectores solares no plano inclinado (*Rad.Inclin*) e medida por unidade de área (kWh/m<sup>2</sup>).

Segue-se a coluna que corresponde à energia acumulada pelo sistema solar que é dissipada (*Desperdiçado*) em kWh. Isto acontece sempre que a energia recolhida ultrapassa os limites de temperatura de armazenamento de água (60 °C), em que o consumo é pequeno ou mesmo nulo.

A coluna intitulada de *Fornecido* representa a energia acumulada que o sistema fornece para consumo (medido em kWh). Esta corresponde à energia final útil utilizada para aquecimento de AQS, designada por *Esolar*.

O valor acumulado de energia solicitada para o consumo de AQS (*Carga*) em kWh encontra-se na quinta coluna.

A última coluna corresponde à energia consumida pelo sistema de apoio auxiliar (*Apoio*) em kWh. Esta condiz com a diferença entre a Carga (quinta coluna) e o Fornecido (quarta coluna), de modo a satisfazer as necessidades na preparação de AQS durante todo o ano.

Na linha inferior das colunas referidas anteriormente, encontram-se os índices medidos numa escala anual da instalação. O primeiro índice é a fracção solar que representa a percentagem de energia útil fornecida para o consumo a partir da radiação. É determinado a partir do quociente entre a energia captada pelo sistema solar térmico (Fornecido) e as necessidades energéticas dos consumidores (Carga). Assim, considera-se a equação 5 [33].

$$F_s = \left( \frac{\text{Fornecido}}{\text{Carga}} \right) \times 100 \qquad \text{Equação 5}$$

A fracção solar é a principal medida de avaliação de desempenho em sistemas solares térmicos. Deve estar compreendido entre 40% a 90%, visto que para valores inferiores o sistema encontra-se subdimensionado e para valores superiores está sobredimensionado [33].

O segundo índice corresponde ao rendimento global do sistema, no qual é determinada a razão entre a energia de origem fornecida para consumo (Fornecido) e a disponível na face dos colectores, resultado da equação 6 [33].

$$\text{Rendimento global do sistema} = \frac{\text{Fornecido}}{(\text{Rad. Inclín} \times \text{área do colector})} \times 100 \quad \text{Equação 6}$$

Este parâmetro apresenta uma medida da eficiência do sistema solar térmico na transferência de energia sob forma de radiação solar na preparação de AQS. Considera-se um sistema bem dimensionado num intervalo entre 20 a 60%, dependendo das características da carga térmica.

O último parâmetro corresponde à produtividade do sistema, onde é medida a energia fornecida para consumo, por unidade de área dos colectores, de acordo com a equação 7 [33].

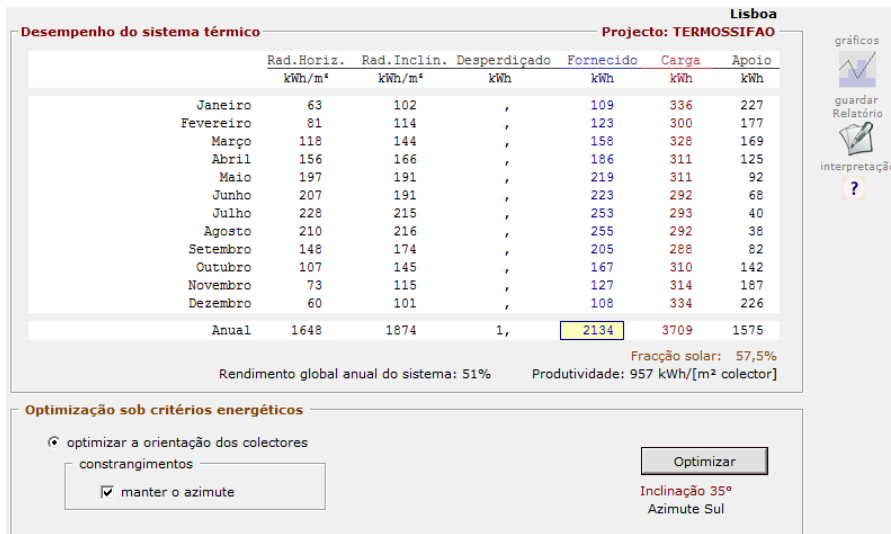
$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Fornecido}}{\text{área do colector}} \quad \text{Equação 7}$$

Este índice está dependente dos detalhes do consumo de AQS e do nível de radiação solar disponível. Caso o sistema apresente valores inferiores a 200 kWh/m<sup>2</sup>, na maior parte dos casos prevê-se que o dimensionamento do sistema não seja o mais correcto. Este parâmetro tem uma grande utilidade para comparações de diferentes equipamentos propostos para um determinado local e consumo esperado [33].

A figura 3.12 demonstra que de acordo com a primeira simulação do *Solterm* para o sistema de circulação forçada da instalação em estudo, necessitar-se-ia de despende 1789 kWh por ano em sistemas convencionais, caso não se possuísse um sistema solar para a produção de AQS.

O rendimento do sistema é de 42 % com uma fracção solar de 48,2 %, sendo que o valor da fracção solar indica a percentagem de energia utilizada no aquecimento de água pela componente solar que, neste caso, é bastante baixa. É possível ainda observar que não há desperdício de energia.

No caso do sistema termosifão, a figura 3.13 apresenta o seu desempenho energético.



**FIGURA 3.13- ANÁLISE ENERGÉTICA DO TERMOSSIFÃO (SOLTERM)**

Neste sistema a fracção solar é de 57,5%, e o rendimento do sistema é de 51%. Anualmente, a energia necessária é de 3709 kWh, sendo que o sistema solar fornece 2134 kWh. Para satisfazer a procura total serão precisos 1575 kWh provenientes do sistema de apoio.

## 4. Análise de Resultados

Como referido anteriormente, utilizou-se um autómato que permitiu registar as temperaturas de entrada e saída dos colectores e a temperatura do depósito das duas tecnologias. Posteriormente, houve necessidade de filtrar alguns valores, tendo sido apenas contabilizadas as temperaturas correspondentes aos sistemas em funcionamento. De seguida, inseriram-se os dados na folha de cálculo para, através da metodologia apresentada no ponto 3.4, determinar a energia térmica diária em função das horas de consumo para uma temperatura de 60 °C.

Por forma a realizar uma análise mais correcta e realista na folha de cálculo, consultaram-se os dados observados pela Estação Meteorológica Automática do Instituto Superior Técnico [34]. Nota-se que os dados observados tiveram início em Abril de 2012, logo só foi possível realizar a análise a partir desta data. Através dos dados facultados/disponíveis construiu-se o gráfico 4.1. No Anexo E apresentam-se os gráficos de todos os meses observados pela estação.

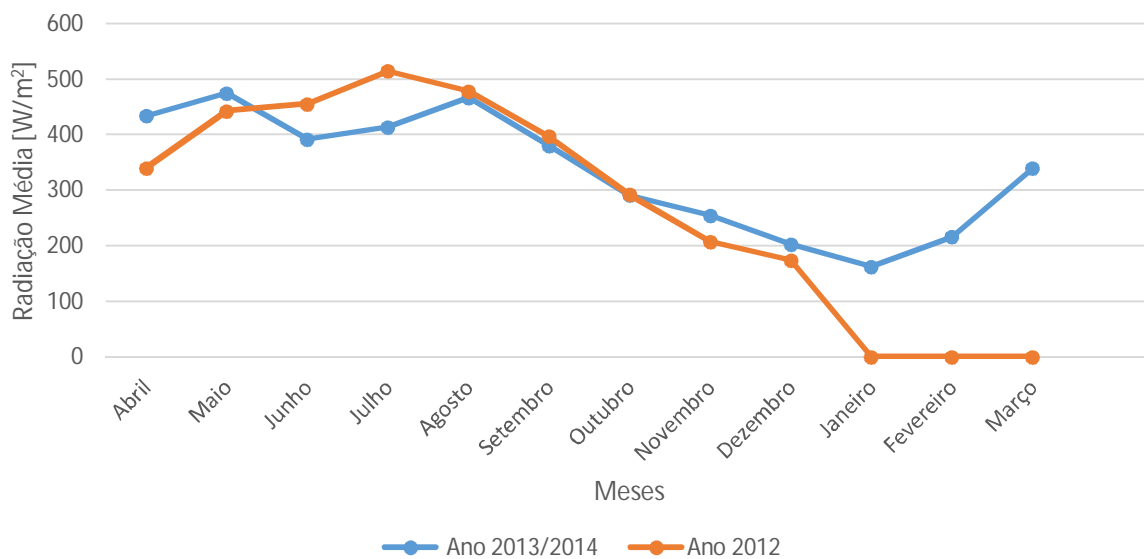


GRÁFICO 4.1- RADIAÇÃO MÉDIA EM LISBOA DESDE DE ABRIL DE 2012 ATÉ MARÇO 2014 [ADAPTAÇÃO 34]

No mês de Junho de 2013 não foi possível obter um resultado conclusivo, uma vez que houve várias interrupções de leituras ao longo desse mês.

Em 2013/2014 o mês com maior radiação solar foi Maio de 2013, sendo que Janeiro de 2014 foi o mês com menor nível de radiação solar. No caso do ano de 2012 os meses de Julho e Dezembro representam, respectivamente, os meses com maior e menor radiação solar.

## 4.1 Sistema Termossifão

Recorrendo às folhas de cálculo de todos os meses em estudo e utilizando a metodologia do ponto 3.4, elaborou-se o gráfico 4.2 ilustrativo do desempenho energético do sistema termossifão, ao longo dos doze meses em estudo.

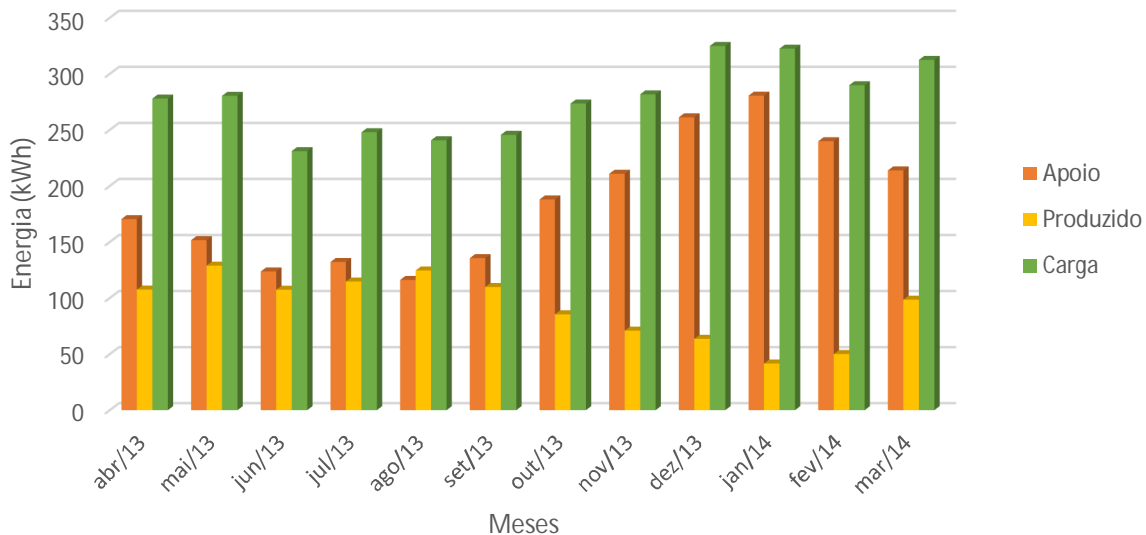


GRÁFICO 4.2-DESEMPENHO ENERGÉTICO REAL DE 2013/2014 DO SISTEMA TERMOSSIFÃO

É de notar, pelo gráfico 4.2, que é necessário recorrer ao sistema de apoio para satisfazer as necessidades de consumo de AQS ao longo de todo o ano.

No mês de Maio, o sistema solar produziu maior quantidade de energia, porque neste mês houve maior radiação solar em comparação com os restantes meses, como referido no ponto 4. Por sua vez, o mês em que o sistema produziu menos energia foi Janeiro. Durante os doze meses o sistema produziu 1111,9 kWh, tendo uma carga de 3329 kWh, havendo a necessidade de recorrer ao sistema de apoio no valor de 2217,1 kWh.

A fracção solar foi de 33,2% (valor fora do intervalo 40-90%) o que indica que o sistema está subdimensionado [33]. O RCCTE não faz referência à fracção solar, estabelecendo apenas uma área mínima de colectores solares a instalar (1 m<sup>2</sup> de colector de referência por ocupante convencional previsto).

Ao nível da produtividade, o sistema apresentou 501,6 kWh/m<sup>2</sup>, valor que está acima do indicado (200 kWh). Este parâmetro possibilita a comparação entre diferentes colectores.

## 4.2 Sistema Circulação Forçada

O gráfico 4.3 ilustra o desempenho energético foi elaborado com a mesma metodologia do sistema termossifão. Neste verifica-se que o sistema produziu maior quantidade de energia no mês de Maio (mês com maior radiação solar). Pelo mesmo raciocínio, é possível afirmar que o mês com menor quantidade de energia produzida foi Janeiro.

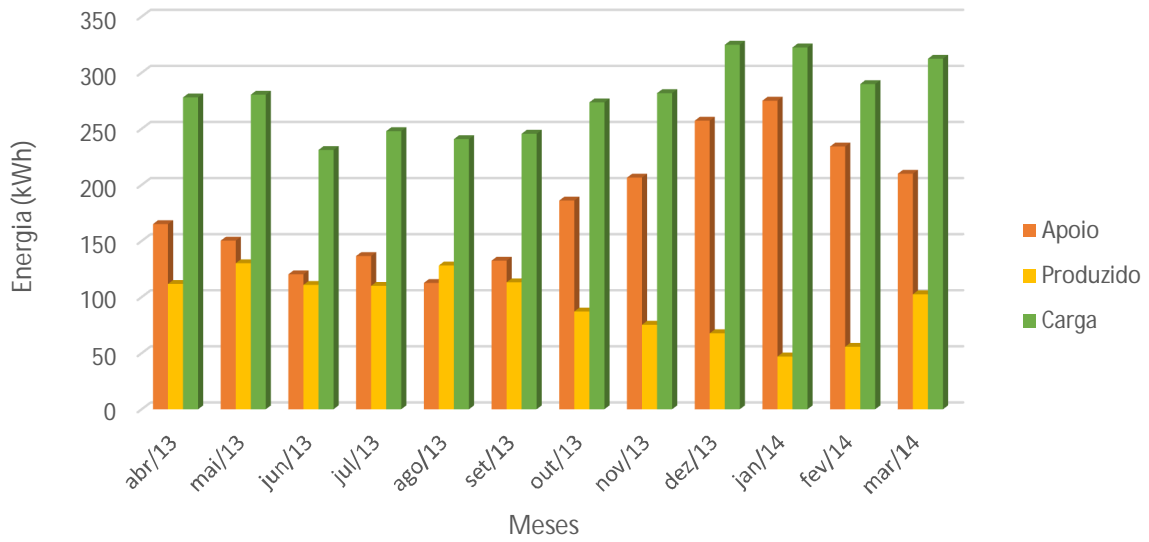


GRÁFICO 4.3- DESEMPENHO ENERGÉTICO REAL DE 2013/2014 DO SISTEMA CIRCULAÇÃO FORÇADA

Tal como no sistema termossifão, este sistema necessita de recorrer ao sistema de apoio durante todo o ano, indicando que não há desperdício de energia obtida através do sistema solar em qualquer mês.

Ao longo de doze meses, o sistema produziu 1139,2 kWh. Teve como apoio 2189,3 kWh, o que se traduz numa carga de 3328,5 kWh.

A fracção solar resultou em 34,2%, estando abaixo do sugerido no ponto 3.5.6, logo este sistema encontra-se subdimensionado, sendo a produtividade de 438,2 kWh/m<sup>2</sup>.

Ressalva-se que considerando as condições climáticas, o facto da temperatura da água da rede não ser constante, o que fará com que o valor da carga seja diferente todos os meses, tanto neste sistema como no termossifão.

### 4.3 Comparação da energia produzida pelos dois sistemas através dos dados experimentais

Com base nos dados experimentais das duas tecnologias, construiu-se o gráfico 4.4 com a energia produzida, com o intuito de analisar o desempenho energético ao longo dos doze meses.

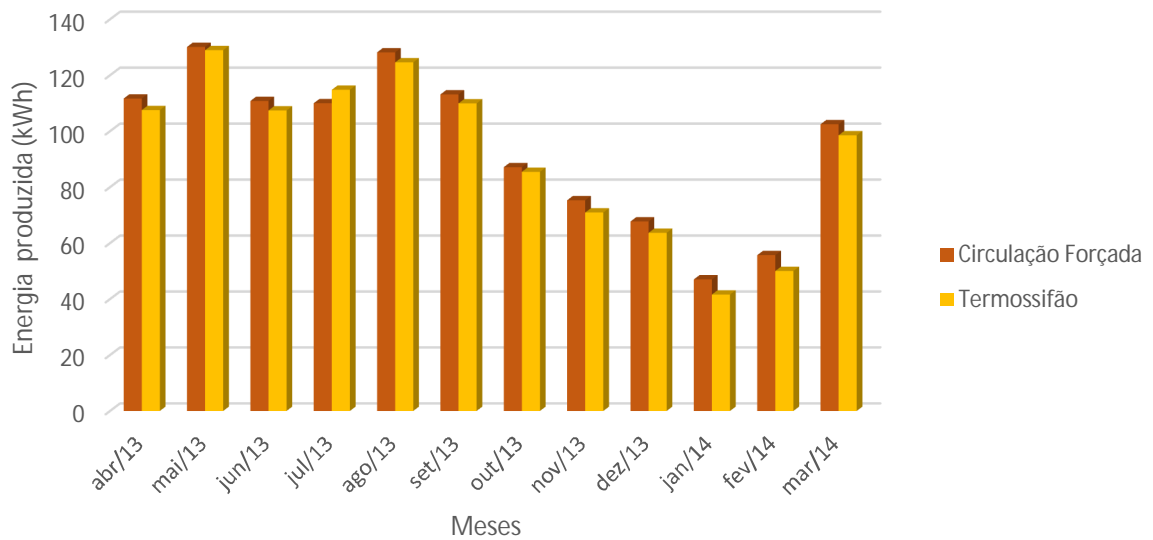


GRÁFICO 4.4- COMPARAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO ENERGÉTICO DO TERMOSSIFÃO VS CIRCULAÇÃO FORÇADA

Como se pode verificar no gráfico 4.4, a energia produzida por um ou outro sistema não apresenta diferenças significativas. Contudo, o sistema de circulação forçada produz maior quantidade de energia comparado com o sistema termossifão. De realçar que o mês de Julho possui valores de energia produzida anormalmente diferentes dos restantes meses, onde o sistema termossifão produziu maior quantidade de energia do que o sistema circulação forçada. Este facto pode estar relacionado com as características dos colectores, pois o caudal de consumo de AQS em ambos é igual.

A fracção solar e a produtividade de cada sistema são os dois parâmetros que permitem retirar as conclusões de maior interesse. Enquanto o sistema termossifão apresenta uma fracção solar de 33,2% e uma produtividade de 501,6 kWh/m<sup>2</sup>, a circulação forçada revela uma fracção solar de 34,2% e produtividade de 438,2 kWh/m<sup>2</sup>. Através destes valores é possível concluir que os sistemas são bastante idênticos, embora o sistema de circulação forçada apresente uma fracção solar ligeiramente superior e uma menor produtividade ao longo do ano.

## 4.4 Comparação dos resultados experimentais obtidos com a outra condição de funcionamento

Os resultados obtidos no presente trabalho têm como referência uma temperatura de água quente sanitária de 60 °C, sendo este um requisito da legislação em vigor como foi indicado no ponto 1.3.

Este ponto tem como objectivo confrontar os resultados experimentais obtidos com as conclusões registadas em trabalhos realizados em anos anteriores para os mesmos sistemas, nos quais se diferencia a temperatura de referência da água quente sanitária, anteriormente no valor de 50 °C. Assim, seleccionaram-se os dados de 2012 para esta análise, de modo a efectuar-se uma comparação da evolução do sistema de apoio e da carga em ambos os sistemas, sendo esses os pontos fulcrais desta análise [35].

Portanto, para se proceder à comparação entre dados do presente trabalho (2013/2014) e aos retirados do trabalho de 2012, apresentam-se os valores nas tabelas 4.1 e 4.2.

TABELA 4.1- DESEMPENHO ENÉRGICO DE RESULTADOS EXPERIMENTAIS DO SISTEMA TERMOSSIFÃO

Sistema Termossifão								
Meses	Produzido Real 12 [kWh]	Produzido Real 13/14 [kWh]	Carga Real 50 °C [kWh]	Carga Real 60 °C [kWh]	Apoio Real 12 [kWh]	Apoio Real 13/14 [kWh]	FS-12 [%]	FS-13/14 [%]
Janeiro	85,8	41,6	254,7	322,5	168,9	280,5	33,7	12,9
Fevereiro	107,7	50,0	239,2	289,9	131,4	239,9	45,0	17,3
Março	107,6	98,5	230,3	312,4	122,7	213,9	46,7	31,5
Abril	76,4	107,5	224,5	278,0	148,1	170,4	34,0	38,7
Maiο	114,8	128,9	209,3	280,4	94,5	151,7	54,8	46,0
Junho	110,0	107,4	182,2	231,1	72,2	123,7	60,4	46,5
Julho	130,0	114,8	176,6	247,9	46,6	132,1	73,6	46,3
Agosto	129,4	124,6	168,5	240,8	39,1	116,2	76,8	51,7
Setembro	115,2	109,9	170,7	245,6	55,6	135,6	67,5	44,8
Outubro	85,1	85,5	195,5	273,5	110,4	187,9	43,5	31,3
Novembro	55,2	70,9	215,4	281,7	160,2	210,8	25,6	25,2
Dezembro	-	63,7	-	324,9	-	261,3	-	19,6
<b>Total</b>	<b>1117,1</b>	<b>1103,5</b>	<b>2266,9</b>	<b>3328,6</b>	<b>1149,8</b>	<b>2223,9</b>	<b>49,3</b>	<b>33,2</b>

**TABELA 4.2-** DESEMPENHO ENÉRGETICO DE RESULTADOS EXPERIMENTAIS DO SISTEMA CIRCULAÇÃO FORÇADA

Sistema de Circulação Forçada								
Meses	Produzido Real 12 [kWh]	Produzido Real 13/14 [kWh]	Carga Real 50 °C [kWh]	Carga Real 60 °C [kWh]	Apoio Real 12 [kWh]	Apoio Real 13/14 [kWh]	FS-12 [%]	FS-13/14 [%]
Janeiro	87,3	47,0	254,7	322,5	167,4	275,0	34,3	14,6
Fevereiro	107,0	55,7	239,2	289,9	132,2	234,2	44,7	19,2
Março	106,7	102,5	230,3	312,4	123,7	209,9	46,3	32,8
Abril	77,6	111,7	224,5	278,0	146,9	165,1	34,5	40,2
Maió	113,5	130,1	209,3	280,4	95,8	150,3	54,2	46,4
Junho	110,8	110,8	182,2	231,1	71,4	120,3	60,8	47,9
Julho	131,0	110,0	176,6	247,9	45,6	136,6	74,2	44,4
Agosto	129,7	128,2	168,5	240,8	38,8	112,6	77,0	53,2
Setembro	116,0	113,1	170,7	245,6	54,8	132,4	67,9	46,1
Outubro	87,2	87,1	195,5	273,5	108,3	186,0	44,6	31,9
Novembro	58,3	75,3	215,4	281,7	157,1	206,4	27,1	26,7
Dezembro	-	67,7	-	324,9	-	257,2	-	20,8
<b>Total</b>	<b>1124,9</b>	<b>1139,2</b>	<b>2266,9</b>	<b>3328,6</b>	<b>1141,9</b>	<b>2186,0</b>	<b>49,6</b>	<b>34,2</b>

Nota-se nas tabelas 4.1 e 4.2 que as cargas necessárias para ambos os sistemas são idênticos, tanto no ano 2012 como em 2013/2014, havendo apenas variação quando comparadas com anos diferentes. Tal deve-se às condições de funcionamento serem diferentes em ambos os casos de estudo. Por exemplo no ano de 2012 a carga real foi de 2266,9 kWh para cada sistema, enquanto no ano de 2013/2014 foi de 3328,6 kWh.

É de evidenciar que no mês de Dezembro de 2012 não foi possível apresentar o desempenho energético por falta de dados e por problemas técnicos existentes na instalação.

A carga total dos dois sistemas em 2013/2014 é de 6657,2 kWh, enquanto que no ano de 2012 o valor foi de 4533,8 kWh, havendo assim uma diferença de 2123 kWh entre as condições de funcionamento. Essa diferença é ainda mais notória por não se contabilizar o mês de Dezembro de 2012.

Com os parâmetros de carga e a energia produzida é possível determinar a fracção solar pela equação 5. Desta forma, concluiu-se que em 2012 a fracção solar da instalação rondou os 50%, enquanto que em 2013/2014 se registou apenas cerca de 34%. Esta discrepância é justificada pelo aumento de carga em 2013/2014, provocado pela alteração da condição de funcionamento de 50 °C para 60 °C, tal como preconiza o RCCTE para excluir a hipótese do surgimento da bactéria *Legionella*.

Analisando os factores que levam ao desenvolvimento da *Legionella*, no ponto 2.6 verifica-se que os sistemas solares térmicos são de elevado risco para um desenvolvimento significativo de *Legionella*, em particular quando existem zonas de reduzida circulação de água e/ou temperatura da água inferior a 50 °C. Salienta-se no caso em estudo que por haver consumo permanente, existe frequentemente circulação hidráulica accionada pelo automático, não havendo qualquer possibilidade de existirem águas estagnadas. Caso existisse a probabilidade de haver água estagnada num período de tempo prolongado, aconselhar-se-ia a instalação de válvulas de descarga, de modo a permitir a evacuação e remoção de sedimentos acumulados.

Segundo um estudo realizado, verificou-se que o facto de se utilizar um sistema de apoio baseado em electricidade aumentaria a probabilidade do aparecimento de *Legionella*, sendo que quando se utilizam sistemas de energia fóssil, essa probabilidade decresce drasticamente. Este facto surge devido ao equipamento que utiliza energia fóssil fornecer água a uma temperatura superior à que está programada [36].

Com base nas tabelas 4.1 e 4.2 averigua-se que em 2012, recorrendo ao sistema de apoio, houve uma produção total das duas tecnologias de 2291,7 kWh, enquanto que em 2013/2014 foi de 4409,9 kWh, registando-se assim um aumento de 2118,2 kWh. Este aumento provocou um decréscimo no rendimento dos sistemas e, por sua vez, um incremento no consumo de energia primária de origem fóssil, tendo como resultado uma menor viabilidade da instalação.

Em suma, utilizando a temperatura de funcionamento de 50 °C obtém-se um valor de fracção solar optimizado, benefícios ambientais e ainda um aumento da viabilidade da instalação.

De acordo com uma pesquisa efectuada, vários estudos indicam que, para a probabilidade do aparecimento de *Legionella* ser o mais reduzido possível, a temperatura da água quente sanitária deve estar acima de 50 °C. Contudo, os perigos associados à ocorrência de queimaduras em caso de contacto com água a temperaturas elevadas (cerca de 60 °C), também não podem ser ignorados. Estes factores constituem um tema de debate constante entre investigadores que privilegiam ambas as opiniões [36].

Posto isto algumas entidades defendem que, caso o sistema de apoio seja baseado em electricidade, a temperatura da água quente sanitária deve ser de 60 °C. Já no caso de utilização de energia fóssil, uma vez que o risco de queimadura é mais elevado devido ao incremento de temperatura referido, a temperatura recomendável é de 50 °C.

Assim, em termos práticos, para o caso em estudo, poder-se-ia utilizar a condição de funcionamento de 50 °C e, ao mesmo tempo, utilizar técnicas de controlo da qualidade da água, realizando testes para confirmar a presença de bactérias e recorrendo, periodicamente, a tratamentos de choques térmicos (70 °C em 30 minutos) [37].

Deste modo, sugere-se uma revisão do RCCTE para que, em termos legais, possam ser realizados estudos que visem avaliar o tipo de edifício, que tipo de sistema de apoio utilizam e de que manutenções dispõem. Com isto, e de acordo com a avaliação realizada, poderia ser definida uma temperatura única de funcionamento característica da instalação em causa.

Relativamente à facturação de energia primária de origem fóssil, será de esperar uma diminuição de custos proporcional à diminuição da temperatura de funcionamento da instalação. Contudo, para pequenas instalações, os custos inerentes à alteração do regime de funcionamento não têm um impacto significativo. Já em grandes instalações, a redução de custos pode chegar a montantes consideráveis.

## **4.5 Comparação dos dados obtidos com o *software* e dos dados recolhidos da instalação**

No capítulo 3.5 foram descritos os passos a seguir no *Solterm*, aplicados a esta instalação. Os relatórios do *Solterm* encontram-se no Anexo F.

Nas tabelas 4.3 e 4.4 estão expostos os resultados obtidos no *software Solterm*, assim como os valores obtidos nas folhas de cálculo, utilizando a metodologia do ponto 3.4.

**TABELA 4.3- DADOS REAIS DE 2013/2014 E A PRIMEIRA SIMULAÇÃO DO SOLTERM PARA O TERMOSSIFÃO**

Sistema Termossifão								
Meses	Produzido Real 2013/2014 [kWh]	Produzido Solterm [kWh]	Apoio Real - 2013/2014 [kWh]	Apoio Solterm [kWh]	Carga 60 °C 2013/2014 [kWh]	Carga Solterm [kWh]	FS real [%]	FS-Solterm [%]
Janeiro	42	109	281	228	322,5	336	13	32
Fevereiro	50	123	240	177	289,9	300	17	41
Março	99	158	214	169	312,8	328	32	48
Abril	108	186	170	125	278	311	39	60
Maió	131	219	152	92	282,5	311	46	70
Junho	107	223	121	68	227,5	292	47	76
Julho	107	253	141	40	247,9	293	43	86
Agosto	125	255	116	38	240,8	292	52	87
Setembro	110	205	136	82	245,6	288	45	71
Outubro	85	167	188	142	273,5	310	31	54
Novembro	71	127	211	187	281,7	314	25	40
Dezembro	64	108	261	226	324,9	334	20	32
<b>Total</b>	<b>1097</b>	<b>2134</b>	<b>2230</b>	<b>1575</b>	<b>3327,6</b>	<b>3709</b>	<b>33</b>	<b>58</b>

**TABELA 4.4- DADOS REAIS DE 2013/2014 E A PRIMEIRA SIMULAÇÃO DO SOLTERM PARA A CIRCULAÇÃO FORÇADA**

Sistema Circulação Forçada								
Meses	Produzido Real 2013/2014 [kWh]	Produzido Solterm [kWh]	Apoio Real 2013/2014 [kWh]	Apoio Solterm [kWh]	Carga 60 °C 2013/2014 [kWh]	Carga Solterm [kWh]	FS real [%]	FS-Solterm [%]
Janeiro	47	109	275	227	323	336	15	32
Fevereiro	56	113	234	188	290	300	19	38
Março	102	138	210	190	313	328	33	42
Abril	112	156	166	155	278	311	40	50
Maió	130	174	152	138	283	311	46	56
Junho	111	167	117	125	228	292	49	57
Julho	110	193	138	101	248	293	44	66
Agosto	128	204	113	89	241	292	53	70
Setembro	113	170	132	118	246	288	46	59
Outubro	87	143	186	167	274	310	32	46
Novembro	75	117	206	197	282	314	27	37
Dezembro	68	107	257	227	325	334	21	32
<b>Total</b>	<b>1139</b>	<b>1789</b>	<b>2188</b>	<b>1920</b>	<b>3328</b>	<b>3709</b>	<b>34</b>	<b>48</b>

Através das tabelas 4.3 e 4.4 verifica-se que a energia produzida pelos colectores é bastante inferior à obtida pelo *Solterm*. Os valores das necessidades de carga também são diferentes para as duas análises.

O facto dos valores diários lidos pela sonda da temperatura da água da rede serem diferentes dos assumidos pelo programa, acabam por influenciar o valor da carga calculada. Por exemplo, o *Solterm* admite que no mês de Agosto a temperatura da água da rede está a 19 °C, enquanto que a média das temperaturas da água da rede lidas pela sonda no mesmo mês é de 26 °C. Tal facto deve-se à sonda de temperatura estar localizada dentro do edifício, mais propriamente na sala técnica.

Tendo em conta as variações da temperatura ambiente, a situação anteriormente descrita acaba por influenciar o valor da temperatura da água da rede lida pela sonda. Deste modo, efectuou-se uma média das temperaturas da água da rede para cada mês.

Posto isto, calibrou-se a temperatura da água da rede no *Solterm* e realizou-se a segunda simulação para os dois sistemas com este dado novo.

**TABELA 4.5 - DADOS REAIS DE 2013/2014 E A SEGUNDA SIMULAÇÃO DO SOLTERM PARA O TERMOSSIFÃO**

Sistema Termossifão								
Meses	Produzido Real 2013/2014 [kWh]	Produzido <i>Solterm</i> [kWh]	Apoio Real 2013/2014 [kWh]	Apoio <i>Solterm</i> [kWh]	Carga 60 °C 2013/2014 [kWh]	Carga <i>Solterm</i> [kWh]	FS real [%]	FS- <i>Solterm</i> [%]
Janeiro	42	104	281	220	323	324	13	32
Fevereiro	50	120	240	173	290	293	17	41
Março	99	151	214	159	313	310	32	49
Abril	108	179	170	114	278	293	39	61
Maio	131	210	152	78	283	288	46	73
Junho	107	208	121	50	228	258	47	81
Julho	107	232	141	21	248	252	43	92
Agosto	125	225	116	20	241	245	52	92
Setembro	110	187	136	57	246	244	45	77
Outubro	85	153	188	121	274	274	31	56
Novembro	71	116	211	170	282	286	25	41
Dezembro	64	104	261	220	325	324	20	32
<b>Total</b>	<b>1097</b>	<b>1988</b>	<b>2230</b>	<b>1405</b>	<b>3328</b>	<b>3393</b>	<b>33</b>	<b>59</b>

**TABELA 4.6- DADOS REAIS DE 2013/2014 E A SEGUNDA SIMULAÇÃO DO SOLTERM PARA A CIRCULAÇÃO FORÇADA**

Sistema de Circulação Forçada								
Meses	Produzido Real 2013/2014 [kWh]	Produzido <i>Solterm</i> [kWh]	Apoio Real 2013/2014 [kWh]	Apoio <i>Solterm</i> [kWh]	Carga 60 °C 2013/2014 [kWh]	Carga <i>Solterm</i> [kWh]	FS real [%]	FS- <i>Solterm</i> [%]
Janeiro	47	104	275	220	323	324	15	32
Fevereiro	56	110	234	183	290	293	19	38
Março	102	130	210	180	313	310	33	42
Abril	112	148	166	145	278	293	40	51
Maió	130	163	152	125	283	288	46	57
Junho	111	152	117	106	228	258	49	59
Julho	110	173	138	79	248	252	44	69
Agosto	128	180	113	65	241	245	53	73
Setembro	113	150	132	94	246	244	46	61
Outubro	87	128	186	146	274	274	32	47
Novembro	75	105	206	181	282	286	27	37
Dezembro	68	103	257	221	325	324	21	32
<b>Total</b>	<b>1139</b>	<b>1647</b>	<b>2188</b>	<b>1746</b>	<b>3328</b>	<b>3393</b>	<b>34</b>	<b>49</b>

Analisando a segunda simulação pelas tabelas 4.5 e 4.6 confirma-se que os valores das necessidades de carga de 60 °C são idênticos aos obtidos no *Solterm* utilizando as médias mensais da temperatura da água da rede ao longo do ano. A energia fornecida apresentada pelo programa aproximou-se mais do real em ambos os sistemas, apesar de esse ainda estar longe, havendo uma diferença de 1399 kWh por parte das duas tecnologias. No entanto, o sistema de circulação forçada distancia-se um pouco menos que o sistema de termossifão. Por este motivo, o apoio estimado pelo *Solterm* também se diferenciou do real, uma vez que este resulta da diferença entre as necessidades de carga e da energia produzida.

Estudando os dados reais foi possível perceber que as válvulas responsáveis por simular o perfil de consumo em ambos os sistemas nem sempre abrem no tempo devido. Isto acontece devido ao atraso de resposta por parte do autómato que executa o comando das válvulas. Este atraso acaba por reduzir o intervalo de tempo estipulado, que se traduzirá num menor volume de água debitado. De modo a verificar o atraso da resposta, corrigiu-se na folha de cálculo para um mês típico, nomeadamente o mês de Março, e apenas para o sistema termossifão (escolhido aleatoriamente).

Sabendo que a cada minuto a válvula debita aproximadamente 8,4 litros de água, será necessário realizar uma média dos períodos de tempo em que a válvula se encontra aberta todos os dias do mês nas horas estipuladas. Multiplicado o caudal debitado pela média calculada é possível obter o novo perfil de consumo, ver tabela 4.7.

TABELA 4.7- PERFIL DE CONSUMO DO MÊS DE MARÇO

Horas	Consumo (litros)
07:00 h às 08:00 h	16
08:00 h às 09:00 h	15
13:00 h às 14:00 h	15
18:00 h às 19:00 h	40
19:00 h às 20:00 h	42
20:00 h às 21:00 h	22

Posteriormente, com os novos caudais, determinou-se o desempenho energético real e alterou-se o perfil de consumo no *software Solterm* para o mês em questão, ver tabela 4.8.

TABELA 4. 8- DADOS REAIS DE 2013/2014 E TERCEIRA SIMULAÇÃO DO SOLTERM PARA O TERMOSSIFÃO

	Sistema Termossifão					
	Real			Solterm		
	Apoio	Produzido	Carga	Apoio	Produzido	Carga
Março 14	158 kWh	77 kWh	235 kWh	90 kWh	143 kWh	232 kWh

Através da tabela 4.8, verifica-se que os valores das necessidades de carga continuam semelhantes. Porém, o valor de energia real produzido continua inferior ao resultado obtido no *Solterm*. Esta condição é expectável, uma vez que houve diminuição do volume de água em ambas as análises. Esse facto provoca uma redução de energia térmica, dado que os outros elementos permaneceram com o mesmo valor (equação 4). Isto vai influenciar qualquer cálculo, tanto no real como no programa.

Perante este cenário, voltou-se à folha de cálculo e determinou-se o diferencial de temperaturas ( $\Delta T$ ) de entrada e de saída dos dois sistemas para todos os meses, com o objectivo de os comparar com os do ano anterior. Averiguou-se que este é efectivamente menor na maioria dos meses, como se pode observar na tabela 4.9. Esta circunstância acaba por trazer consequências negativas para a energia produzida pelos sistemas, ou seja, quanto mais baixo for o diferencial de temperatura menor será a energia produzida pelo sistema.

**TABELA 4. 9- DADOS DA ENERGIA PRODUZIDA DE 2012 E 2013/2014 PARA OS DOIS SISTEMAS**

Meses	Sistema Termossifão				Sistema Circulação Forçada			
	Produzido Real 2012 [kWh]	$\Delta T$ (2012)	Produzido Real 13/14 [kWh]	$\Delta T$ (13/14)	Produzido Real 2012 [kWh]	$\Delta T$ (2012)	Produzido Real 13/14 [kWh]	$\Delta T$ (13/14)
Janeiro	86	11,7	42	6	87	12	47	6,6
Fevereiro	108	15,7	50	7,7	107	15,8	56	8,7
Março	108	15,2	99	13,6	107	15	102	14
Abril	76	10,8	108	15,8	78	11	112	16,6
Maiο	115	15,8	131	18,1	114	15,7	130	18,8
Junho	110	15,7	107	15,7	111	15,7	111	16
Julho	130	17,9	107	16,6	131	18	110	17,3
Agosto	129	17,8	125	17,9	130	17,9	128	18,2
Setembro	115	16,3	110	15,6	116	16,4	113	16
Outubro	85	11,9	85	11,8	87	12	87	12
Novembro	55	8,3	71	10,4	58	8,7	75	11,4
Dezembro	-	-	64	8,8	-	-	68	9,4
<b>Total</b>	<b>1189</b>	<b>-</b>	<b>1097</b>	<b>-</b>	<b>1194</b>	<b>-</b>	<b>1139</b>	<b>-</b>

É de evidenciar que o mês de Dezembro de 2012 não consta nas tabelas pela razão apresentada no ponto 4.4 [35]. Contudo, é possível observar que, nos restantes meses desse ano, os sistemas forneceram mais energia do que no período 2013/2014.

Na tabela 4.9 é evidente que, quanto maior for o diferencial de temperatura, maior será a energia produzida, o que explica o facto de a energia produzida pelos sistemas dependerem do clima anual. Por exemplo, no mês de Maio do ano 2013/2014, houve maior quantidade de energia produzida do que em 2012, o que é representativo pelos respectivos diferenciais de temperatura. Tal deve-se às condições climáticas, mais concretamente aos valores da radiação solar, como se pode ver no ponto 4, onde a radiação média solar foi superior no mês de Maio de 2013/2014 em comparação com o ano de 2012, do mesmo mês.

Destaca-se o mês de Fevereiro de 2012 – sistema de circulação forçada – em que a energia produzida teve um valor aproximado do calculado no programa *Solterm*, verificando-se apenas uma diferença de 3 kWh (ver tabela 4.6 e 4.9), sendo que nesse mês não foi possível comparar com os valores da radiação solar medidos pela Estação Meteorológica Automática do Instituto Superior Técnico.

Como é do conhecimento de todos, as condições climatéricas não são constantes, ou seja, de ano para ano podem ser completamente diferentes. No menu Clima e Local do *Solterm*, ao seleccionar o município obtém-se as estatísticas climatológicas provenientes de médias mensais de temperatura e graus-dia de aquecimento fornecidos pelo Instituto de Meteorologia (actualmente IPMA), tendo como base o último período climatológico, 1971-2000. Os anos Meteorológicos de Referência para o Decreto-Lei nº 79/2006 (RSECE) foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (actualmente LNEG) com base num gerador de séries meteorológicas sintéticas, assim como os valores médios mensais da temperatura e irradiação solar para o Decreto-Lei nº 80/2006 (RCCTE). Estes dados são posteriormente introduzidos no Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios na versão SCE 2006, vd. Decretos-78,79 w 80/2006, de 4 de Abril, no qual o *Solterm* se baseia [38].

Pelo exposto anteriormente, verifica-se que o *Solterm* se baseia em dados estatísticos que nem sempre reflectem a realidade, pelo que é expectável que os resultados obtidos não coincidam com os experimentais. Desta forma, e dados os níveis reduzidos de radiação solar registados durante a época 2013/2014, é perfeitamente justificável a diferença entre resultados. Recorde-se que no ano de 2013/2014 os sistemas tiveram uma fracção solar inferior ao previsto pelo *Solterm*, o que na perspectiva do *software* acaba por ser um sistema subdimensionado.

## 5. Viabilidade das instalações

Os sistemas solares térmicos são usualmente mais dispendiosos que a instalação de um sistema convencional de aquecimento de água quente. Contudo, é possível poupar dinheiro a longo prazo consoante os seguintes aspectos [39]:

- ✓ Consumo de água quente;
- ✓ Desempenho do sistema;
- ✓ Localização geográfica;
- ✓ Disponibilidade financeira e incentivos;
- ✓ Custo dos combustíveis convencionais.

Geralmente, quando se instala um sistema solar térmicos, os custos relativos à utilização de energia primária caem entre 50 a 80% [39]. Outro aspecto positivo é o facto de a energia solar ainda ser gratuito, o que salvaguarda os seus utilizadores de eventuais aumentos de preço. Desta forma, dever-se-á apenas considerar os custos de instalação e manutenção.

Para se avaliar a nível económico os benefícios obtidos com aquisição de um sistema solar térmico, é realizada uma análise ao tempo simples de retorno do investimento, ou seja, a razão entre o custo do sistema e as poupanças médias anuais. O simples facto de se utilizar um sistema solar térmico, faz com que a factura de energia convencional seja reduzida anualmente num valor médio equivalente à energia fornecida pelo sistema.

Portanto, para se saber qual o retorno de investimento inicial utilizando várias fontes de energia primárias (gás natural, gás propano, electricidade ou gás butano), consultaram-se os tarifários em vigor para a zona de Lisboa. A tabela 5.1 apresenta os valores de tarifário para os diferentes tipos de fonte de energia, admitindo-se que este preço se mantém constante ao longo dos anos.

TABELA 5.1- TARIFÁRIOS DAS FONTES DE ENERGIA [ADAPTAÇÃO 40]

Fonte de energia	€ kWh
<b>Gás natural</b>	0,09
<b>Gás propano</b>	0,1678
<b>Electricidade (Tarifa normal)</b>	0,1528
<b>Electricidade (Tarifa bi-horária)</b>	0.096
<b>Gás butano</b>	0,1205

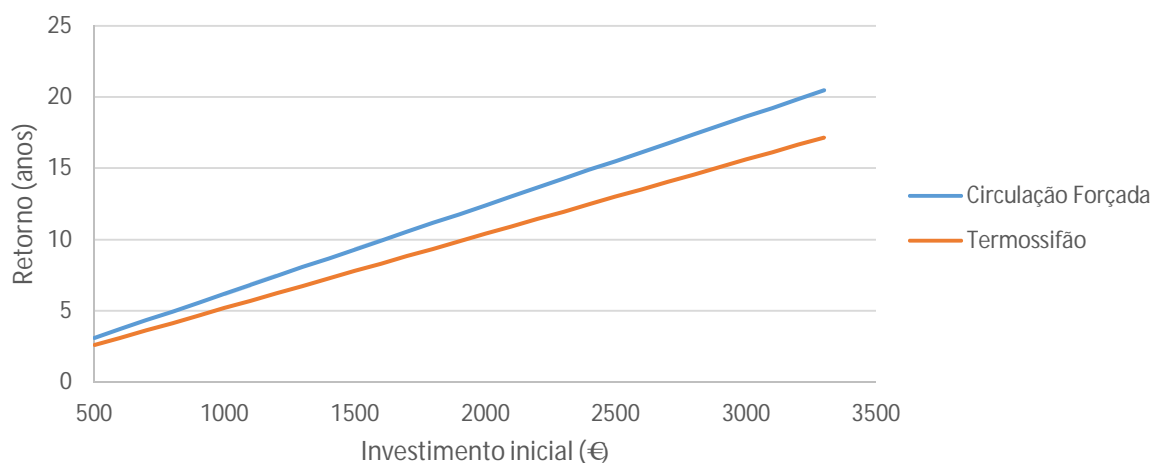
A partir do *software Solterm* foi determinado o valor do *Esolar* de cada sistema. Neste ponto, utilizou-se o *Esolar* da primeira simulação no ponto 4.5 (assumindo as temperaturas da água da rede fornecido pelo *Solterm*) das duas tecnologias. Este valor multiplicado pelo tarifário da energia de apoio resulta no custo do kWh do proveito anual. A tabela 5.2 mostra o custo do proveito assumindo a metodologia do cálculo anterior pelas diversas fontes de energia.

**TABELA 5.2- CUSTO DO PROVEITO PELAS DIVERSAS FONTES DE ENERGIA**

Sistema	<i>Esolar</i> (kWh)	Custo kWh do Proveito (gás natural)	Custo kWh do Proveito (gás propano)	Custo kWh do Proveito (electricidade – Tarifa normal)	Custo kWh do Proveito (electricidade – Tarifa bi-horária)	Custo kWh do Proveito (gás butano)
Termossifão	2134	192,06	358,15	326,08	204,84	257,15
Cir.Forçada	1789	161,01	300,25	273,36	171,74	215,57

Verifica-se na tabela 5.2 que a contribuição solar (*Esolar*) é maior no sistema termossifão do que no sistema circulação forçada. Deste modo, o custo do proveito é superior no termossifão independentemente da fonte de energia.

Sabendo o custo do kWh de proveito do gás natural, pela metodologia referida anteriormente, é possível, como se pode observar no gráfico 5.1, determinar o tempo simples de retorno em função do investimento inicial.

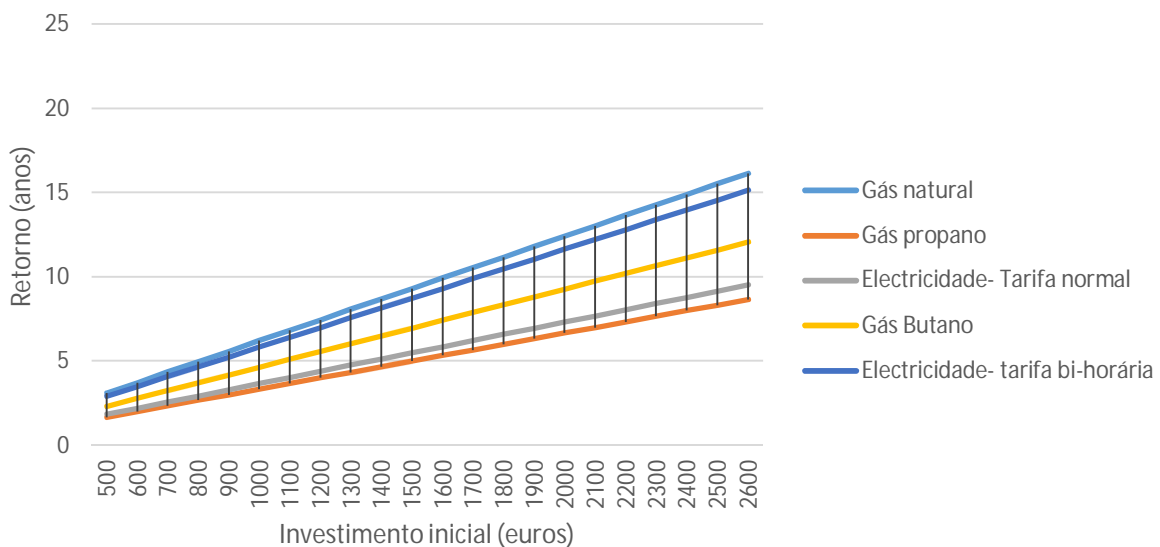


**GRÁFICO 5.1- TEMPO SIMPLES DE RETORNO DO INVESTIMENTO INICIAL DOS DOIS SISTEMAS EM ESTUDO UTILIZANDO GÁS NATURAL**

Conforme o custo de cada sistema solar é possível saber, pelo gráfico 5.1, qual o retorno do investimento inicial, utilizando como fonte de energia o gás natural. É notório pelo declive das rectas que, a recuperação do investimento, independente do custo, é mais rápida para o sistema termossifão. Geralmente o investimento do sistema da circulação forçada é maior, uma vez que há maior número de componentes. Caso houvesse um aumento no preço do combustível, o declive da recta iria diminuir, o que se traduziria num retorno de investimento mais célere. É de salientar que o período de retorno simples não considera as operações de manutenção.

Uma vez que o retorno de investimento é superior para o sistema de circulação forçada, optou-se por efectuar uma análise utilizando outras fontes de energia, nomeadamente gás natural, gás propano, electricidade e gás butano de forma, a verificar qual das fontes de energia se obtém um tempo de retorno mais rápido.

O gráfico 5.2 representa, para diferentes hipóteses de fonte de energia, o tempo de retorno do investimento aquando da aquisição de um sistema solar térmico do tipo circulação forçada.



**GRÁFICO 5.2-TEMPO SIMPLES DE RETORNO DO INVESTIMENTO PARA DIFERENTES FONTES DE ENERGIA PARA A CIRCULAÇÃO FORÇADA**

Analisando o gráfico 5.2, é possível concluir que a solução utilizada (gás natural) por parte do sistema de apoio da circulação forçada acaba por ser menos vantajosa entre todas as alternativas. Por outro lado, o gás propano e a electricidade acabam por ser dos tipos de fonte de energia que providenciam um retorno de investimento mais acelerado.

O período de retorno torna-se mais atractivo quanto menor for o custo inicial de investimento e maior for o consumo de energia convencional a ser substituída.

De uma forma geral, o retorno de investimento dos sistemas solares térmicos verifica-se após 6 a 9 anos para instalações de pequenas dimensões que utilizam o gás propano ou butano. No caso do gás natural, o tempo de recuperação do investimento é maior, o que acaba por tornar esta fonte de energia mais interessante em zonas onde o volume consumido anualmente e o respectivo preço forem mais elevados. No caso de se utilizar tarifa normal de electricidade para preparar AQS em sistemas de apoio baseados em electricidade, os sistemas solares também são uma alternativa muito interessante [41].

No entanto, neste momento esta tecnologia não possui um mercado muito abrangente devido ao facto de a energia alternativa ser ainda bastante acessível do ponto de vista monetário, o que pressupõe uma competitividade desigual entre os dois sistemas (convencional e sistema solar térmico). Como tal, verifica-se que a maior parte das instalações actuais são de carácter obrigatório imposto por lei e não por questões ambientais e/ou financeiras.

## 6. Estudo geográfico para vários tipos de colectores

Neste capítulo serão apresentados dois sistemas solares térmicos implementados em dois edifícios distintos. O primeiro edifício é uma habitação unifamiliar e o segundo, um empreendimento turístico.

Para ambos os edifícios, alternando a sua localização, pretende-se comparar os vários tipos de colectores utilizados num sistema solar de fornecimento de água quente sanitária baseada em circulação forçada. O critério de escolha das localidades baseou-se na selecção de um número considerável de zonas climáticas distintas em Portugal, para que desta forma possamos representar o clima português. Os distritos seleccionados para o estudo foram: Porto, Bragança, Lisboa, Évora e Faro.

Através de uma análise dos vários colectores, certificados segundo o *SolarKeymark*, empresa responsável pela certificação deste tipo de produtos, efectuou-se uma pesquisa de colectores existentes no mercado actual e retiraram-se os valores médios das suas características ópticas e térmicas e o seu custo unitário [42 e 43]. Estes valores médios foram obtidos através da interpolação das respectivas medidas comerciais, para as medidas requeridas no nosso estudo, mantendo a área de abertura de 2 m<sup>2</sup>, plano selectivo, tubos de vácuo e CPC, como verificado na tabela 6.1.

TABELA 6.1-CARACTERÍSTICAS DOS COLECTORES PARA OS EDIFÍCIOS EM ESTUDO

Tipo de colectores	Área de abertura [m <sup>2</sup> ]	$\eta_0$ [%]	$a_1$ [W/m <sup>2</sup> .K]	$a_2$ [W/m <sup>2</sup> .K]	Modif. Ângulo 50°	Custo [euros]
Plano Selectivo	2	76	4	0,015	0,95	579
CPC	2	73	3,95	0,02	0,93	670
Tubo de vácuo	2	74	1,28	0,007	0,91	1060

A inclinação considerada para os colectores foi determinada com base no valor da latitude do local, reduzida em 5°. De notar que esta inclinação é do ponto de vista de contribuição energética anual considerada, a mais apropriada aquando da implementação de um sistema solar para produção de AQS de utilização permanente [17].

Admitiu-se ainda que, em todas as localidades para os dois casos em estudo, a energia de apoio será o gás natural. Foi também mantida a definição “por defeito” no *Solterm*, que pressupõe que não existem sombreamentos significativos sobre os colectores. Os relatórios do *Solterm* dos dois edifícios encontram-se no Anexo H.

## 6.1 Edifício unifamiliar

O edifício unifamiliar é considerado como uma habitação de uso permanente com cinco ocupantes. Sabendo o número convencional de ocupantes, determina-se o consumo médio diário de água tendo como referência 60 °C (sendo a temperatura de consumo da AQS 45 °C), em função do número de habitantes. Este valor é obtido pela equação 8 [13].

$$M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times \text{número de ocupantes} \quad \text{Equação 8}$$

Assim,

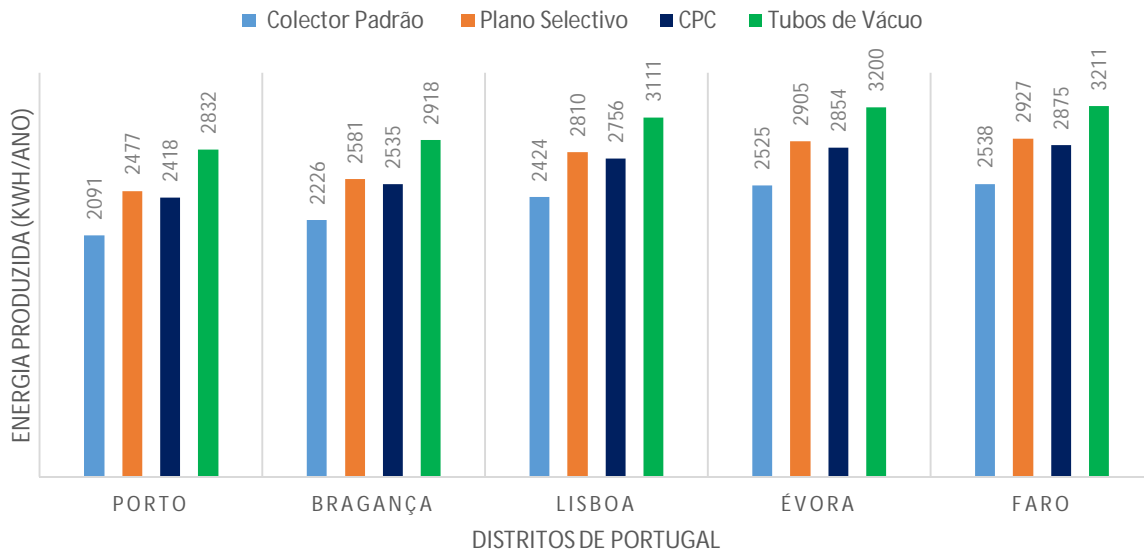
$$M_{AQS} = 40 \times 5 = 200 \text{ litros}$$

De acordo com a tipologia do edifício (T4) e os consumos nominais previstos em conformidade com a legislação em vigor, considerou-se uma área útil de colectores padrão de 3,25 m<sup>2</sup> (0,65 m<sup>2</sup> por ocupante). O perfil de consumo foi caracterizado pelos valores assumidos pelo *Solterm* de uma tipologia T4.

Para que o estudo entre os diversos tipos de colectores pudesse ser comparável, foi necessário determinar a quantidade de colectores solares do tipo plano selectivo, CPC e tubos de vácuo. Desta forma, definiu-se que a energia produzida por este tipo de colectores teria que superar a energia produzida pelo colector do tipo padrão. Com isto, tendo em conta o valor das áreas de abertura enunciadas na tabela 6.1, conclui-se que 2 colectores, ou seja, 4 m<sup>2</sup> de área de abertura, seriam o suficiente para os três casos de estudo.

De seguida, como indicado na presente legislação, recorreu-se ao programa *Solterm*, inserindo-se os dados necessários para realizar o respectivo estudo.

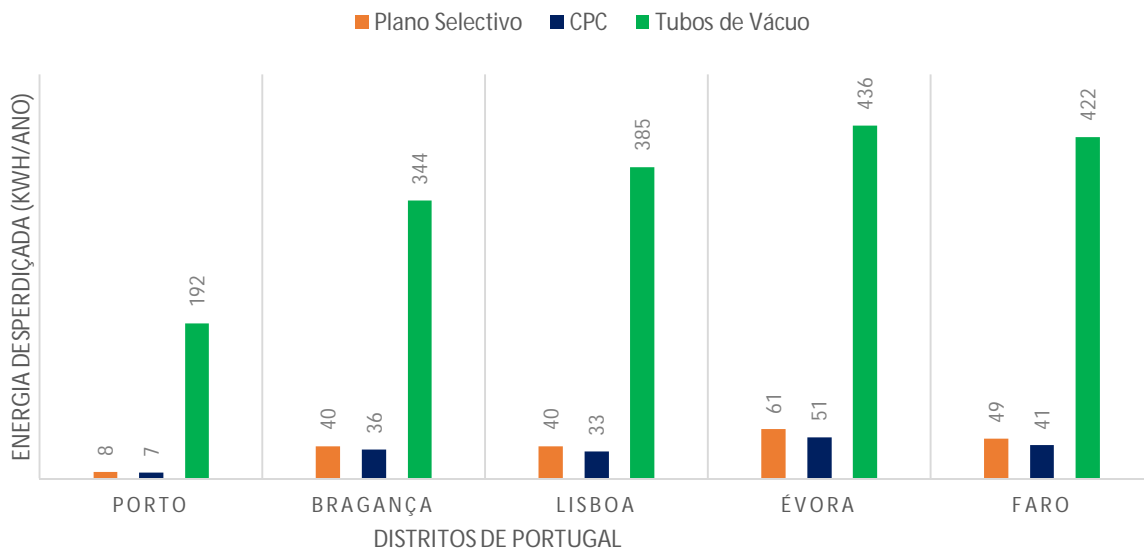
No gráfico 6.1, observa-se o desempenho energético anual dos vários colectores acima indicados em função das diferentes cidades.



**Gráfico 6.1** – ENERGIA PRODUZIDA NOS QUATRO TIPOS DE COLECTORES PARA DIFERENTES LOCALIDADES DA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

Como era expectável, os colectores solares de tubos de vácuo apresentam maior energia produzida em comparação com os restantes colectores solares. Em relação aos distritos estudados, a zona de Faro é a que apresenta melhor contribuição energética do sistema solar, sendo que a zona do Porto apresenta menor contribuição.

Outro aspecto importante é a quantidade de energia desperdiçada, isto é energia captada e não utilizada pelo sistema. Como seria de esperar, o sistema solar de tubos de vácuo é o mais sensível a este fenómeno, como se observa no gráfico 6.2.

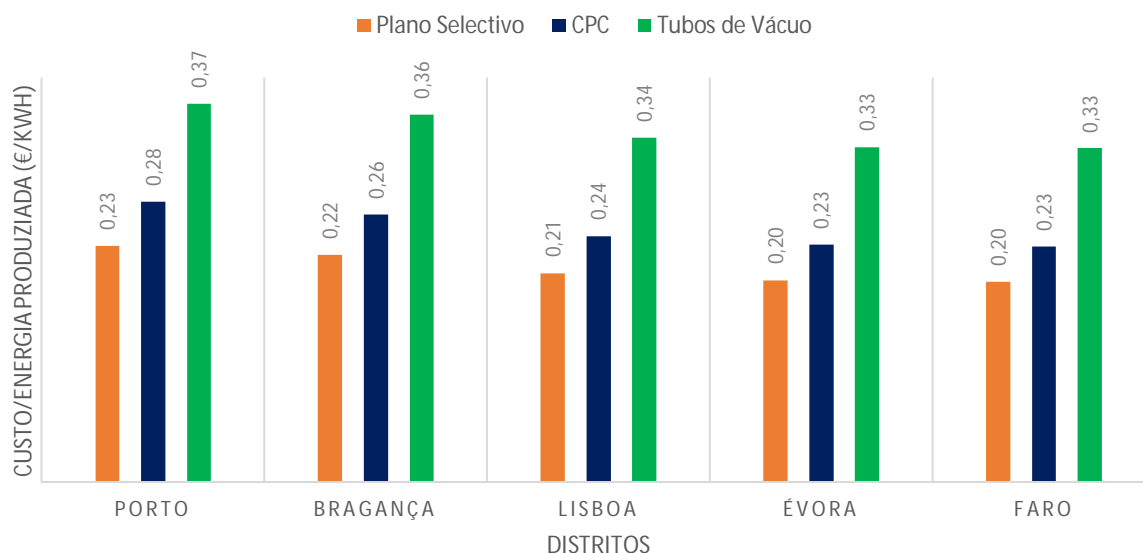


**GRÁFICO 6.2-** ENERGIA SOLAR DESPERDIÇADA NOS TRÊS TIPOS DE COLECTORES EM ESTUDO PARA DIFERENTES LOCALIDADES NO EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

Pela observação do gráfico 6.2, as zonas de Évora e Faro apresentam maior desperdício de energia em contraste com a zona de Porto, que apresenta menor desperdício.

A utilização dos colectores solares CPC apresenta menor desperdício de energia em todos os distritos estudados, sendo que o colector solar plano selectivo não apresenta grandes desperdícios de energia em comparação com o colector solar de tubos de vácuo, tendo valores aproximados do colector solar CPC.

Através do custo de cada colector solar foi possível saber o custo por kWh de energia produzida a partir dos três colectores estudados. No gráfico 6.3 apresenta-se o custo/energia produzida para os diferentes distritos.



**GRÁFICO 6.3-** CUSTO/ENERGIA PRODUZIDA PELOS TRÊS COLECTORES EM ESTUDO PARA DIFERENTES LOCALIDADES NO EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

O custo/energia produzida é inferior no colector solar plano selectivo, significando que a contribuição solar terá um menor custo. Os outros dois colectores têm um custo/energia produzida superior, que se traduz num maior tempo de retorno do investimento.

O colector solar de tubos de vácuo é o que produz maior quantidade de energia, no entanto existe um maior desperdício. Além disso, uma vez que este equipamento tem um custo unitário mais elevado comparado com os outros, o seu custo/energia produzida será mais elevado do que o plano selectivo, sendo a opção menos favorável para este tipo de edifício em estudo.

No caso do colector solar CPC, verificamos que produziu a menor quantidade de energia dos três, mas é o que desperdiça menos. O custo/energia produzida é ligeiramente superior ao colector solar plano selectivo.

O colector solar plano selectivo, é o que apresenta um desperdiço e produção de energia intermédio, em comparação com as outras duas tipologias. (tubos de vácuo e CPC). Já no custo/energia produzida, este é o que apresenta o valor mais baixo de todos os colectores, tornando-se assim na proposta mais vantajosa neste caso.

Em suma, para um edifício unifamiliar e localizado nos distritos estudados, o colector solar plano selectivo é o mais indicado a instalar, uma vez que é o que possui o tempo de retorno do investimento mais célere.

## **6.2 Empreendimento turístico**

Vamos agora proceder ao estudo de um empreendimento turístico, tendo em conta o procedimento anterior, visa comparar os vários tipos de colectores em diferentes localidades de um sistema solar de fornecimento de AQS baseado em circulação forçada que tem as seguintes características:

- Hotel de 5 Estrelas, com 10 quartos de hóspedes e 1 restaurante;
- 8 Bungalows perfazendo 28 quartos;
- Zona comum com 1 restaurante e 2 piscinas;
- Consumo diário de AQS (a 60 °C): 5000 litros;
- Temperatura de consumo da AQS: 45 °C (acumulação a 60 °C).

Antes de iniciar os cálculos dos consumos diários, de modo a dar uma resposta às necessidades de AQS do empreendimento, procedeu-se à contabilização de todos os equipamentos que consomem água quente.

### **Hotel**

Como referido, o hotel é composto por 10 quartos e 1 restaurante, onde serão contabilizadas as casas de banho da copa (rés-do-chão) e do piso 1, ver tabela 6.2.

**TABELA 6.2-** QUANTIDADES DOS EQUIPAMENTOS QUE CONSOMEM ÁGUA QUENTE NO HOTEL

	Lavatórios	Banheiras	Chuveiros
Rés-do-chão	24	10	-
Piso 1	5	-	4
Total	29	10	4

## **Bungalows**

No empreendimento existem 8 bungalows com 2 pisos, perfazendo um total de 28 quartos. A tabela 6.3 indica a quantidade de equipamentos que consomem água quente

**TABELA 6.3-** QUANTIDADES DOS EQUIPAMENTOS QUE CONSOMEM ÁGUA NO BUNGALOWS

	Lavatórios	Banheiras	Chuveiros
Bungalows	56	28	28

## **Restaurante da Piscina**

Nesta área foram contabilizados os balneários da piscina e o consumo de água quente do restaurante junto à piscina, ver tabela 6.4.

**TABELA 6.4-** QUANTIDADE DOS EQUIPAMENTOS QUE CONSOMEM ÁGUA QUENTE NO RESTAURANTE DA PISCINA

	Lavatórios	Chuveiros
Balneários da piscina	7	13
Restaurante	9	4
Total	16	17

## Cálculo de AQS

Para efectuar o cálculo do consumo da AQS do empreendimento, foi necessário contabilizar o total de lavatórios, banheiras e chuveiros. Desta forma, será possível determinar o número corrigido de quartos (Nc).

Logo o total de todos os sanitários do empreendimento são:

TABELA 6.5- QUANTIDADE DOS EQUIPAMENTOS QUE CONSOMEM ÁGUA QUENTE NO EMPREENDIMENTO

	Lavatórios	Banheiras	Chuveiros
Total	101	38	49

Assim resulta o Nc:

$$Nc = 1,4 \times [(N_{banho} \times 1) + (N_{duche} \times 0,5) + N_{lavabos} \times 0,25)]$$
$$= 1,4 \times [(38 \times 1) + (49 \times 0,5) + (101 \times 0,25)] = 122,85$$

O valor de 1,4 usado na multiplicação do número de quartos corresponde a um acréscimo de 20% no consumo por restaurante. Os restantes valores são coeficientes de correcção.

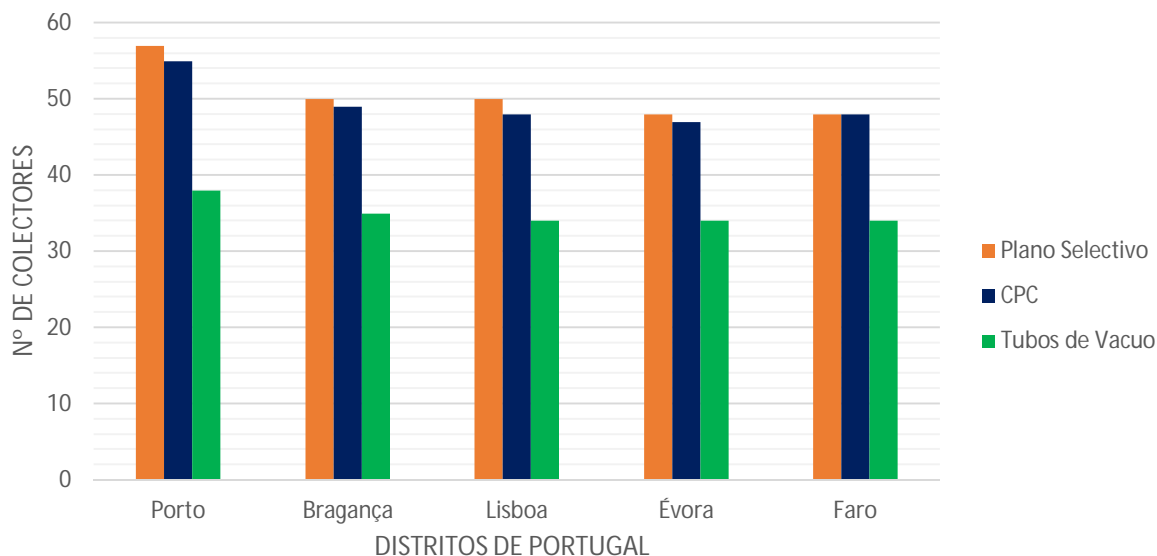
Como foi referido anteriormente o consumo diário de AQS é de 5000 litros por dia, optando-se então por colocar dois depósitos de acumulação de 3000 litros para garantir o fornecimento de AQS. O perfil de consumo característico do edifício mantêm-se constante durante todo o ano (ver Anexo I).

Para calcular o número de colectores a utilizar na instalação, faz-se uma relação com base no número corrigido de quartos (Nc), sendo esse valor correspondente ao número de metros quadrados necessários de colector. Portanto, em teoria esse valor dividido pela área do colector, dar-nos-á o número de colectores necessários para a instalação. Como todos os colectores seleccionados na tabela 6.1 têm 2 m<sup>2</sup>, temos então:

$$Nc=122,85 \leftrightarrow 122,85 \text{ m}^2$$

$$\frac{\text{Área necessária de colectores}}{\text{Área do colector}} = \frac{122,85}{2,00} \cong 62 \text{ colectores}$$

Tendo conta os pressupostos enunciados no ponto 6, introduziram-se os dados no Solterm juntamente com o número de colectores anteriormente obtido (62 colectores). No entanto, verificou-se em todas as simulações que realizámos, que havia um grande desperdício de energia, utilizando os 62 colectores obtidos pelo cálculo teórico. Desta forma, e tendo em conta esse factor, optimizou-se o sistema mantendo-se o volume de armazenamento e diminuindo o número de colectores solares, para obtermos o máximo rendimento. Logo, para cada tipo de colector e para diferentes localidades o número de colectores irá variar, como podemos verificar no gráfico 6.4.

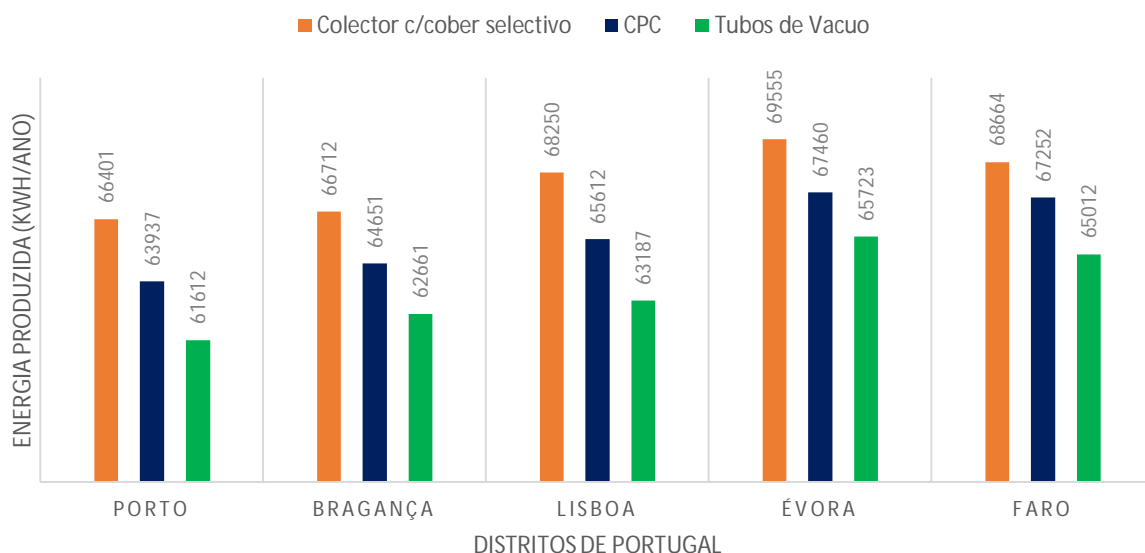


**GRÁFICO 6.4-** NÚMERO DE COLECTORES DOS TRÊS TIPOS DE COLECTORES EM ESTUDO PARA AS DIFERENTES LOCALIDADES DO EMPREENDIMENTO

No gráfico 6.4, verifica-se que, comparativamente aos tubos de vácuo, o número de colectores é mais elevado quando se utiliza o tipo colector CPC e plano selectivo. De referir que as quantidades apresentadas foram obtidas após ter sido realizada uma optimização no programa *Solterm*, para que não houvesse desperdício de energia. Conclui-se assim que, o desperdício está proporcionalmente relacionado com o número de colectores solares usados na instalação.

A quantidade de colectores obtidos pelos cálculos é superior na zona do Porto, independente do seu tipo. Já em Faro esse número é menor.

Outro aspecto importante é a quantidade de energia produzida, tendo em conta o número de colectores. O gráfico 6.5 indica a energia produzida de cada tipo de colector para as diferentes localidades.



**GRÁFICO 6.5-** ENERGIA PRODUZIDA PELOS TRÊS TIPOS DE COLECTORES EM ESTUDO PARA DIFERENTES LOCALIDADES DO EMPREENDIMENTO

Notamos que a energia produzida em cada tipo de colectores é influenciada pela sua quantidade. A zona do Porto possui o nível de energia produzida mais reduzido utilizando os três tipos de colectores. Embora possa parecer estranho, uma vez que essa zona possui um maior número de colectores, este resultado advém das condições base indicadas pelo programa, que indicam que a zona do Porto obtém menores valores de radiação solar comparativamente com as restantes zonas.

A zona de Évora possui o nível de energia produzida mais elevado utilizando os três tipos de colectores.

Observamos ainda que o colectores do tipo de tubos de vácuo foi o que produziu menor quantidade de energia, pelo o facto de ter um número de colectores ser muito menor. Ou seja, houve uma maior produtividade e um maior rendimento do que nos outros colectores em estudo.

Para este edifício, o custo/energia produzida dos três tipos de colectores em estudo para as várias localidades é idêntico, pois o número de colectores usados, neste caso, não influencia em grande escala a escolha do colectores a usar.

Com isto, concluímos que para este tipo de edifício e ao contrário do estudo anterior, os colectores de tubos de vácuo são aqueles que apresentam melhores factores a todos os níveis.



## 7. Conclusão

Para ambos os sistemas em estudo (termossifão e circulação forçada) verifica-se que o mês de Maio, para o ano em estudo, possui as melhores condições para a produção de energia, dados os valores da radiação solar registados serem os mais elevados de todo o ano. Por outro lado, o mês de Janeiro foi o mês em que os sistemas produziram menor quantidade de energia. Quanto à fracção solar para os dois sistemas em estudo, esta toma valores bastante semelhantes, tendo-se registado uma percentagem de 33,2% para o termossifão e 34,2% para a circulação forçada. Deste modo, a energia produzida pelos dois sistemas não apresenta diferenças significativas. No entanto, neste caso a circulação forçada produz maiores quantidades de energia do que o termossifão, exceptuando o mês de Julho.

Com a alteração da condição de funcionamento de 50 °C para 60 °C, foi evidente um aumento de energia produzida por parte do sistema de apoio (cerca de 1399 kWh na soma dos dois sistemas de apoio), devido ao aumento de carga. Notámos, com a nova temperatura, que o RCCTE exclui a hipótese de surgimento da bactéria *Legionella*. No entanto, esta alteração impõe um maior consumo de energia primária, o que incita a uma menor rentabilidade da instalação e menores benefícios ambientais. Existe contudo, a possibilidade de se utilizar 50 °C em certas instalações sem que haja problemas de *Legionella*. Para que tal aconteça, dever-se-á apelar a um maior rigor no controlo e manutenção da instalação, sugerindo-se assim, uma revisão no RCCTE para esta questão.

Os resultados das simulações no *Solterm* dos dois sistemas revelaram diferenças significativas na quantidade de energia produzida comparativamente aos resultados experimentais. Isto deve-se apenas às condições climatéricas, uma vez que os dados estatísticos que incorporam o *Solterm* nem sempre reflectem a realidade.

Quanto à recuperação do investimento inicial, este é mais vantajoso para o sistema termossifão quando comparado com um sistema de circulação forçada para o mesmo investimento inicial (custo do sistema), embora o investimento do sistema circulação forçada seja maior. A nível de apoio, a solução de energia primária utilizada no caso em estudo (gás natural) tem um retorno mais lento comparado com outras energias, quando aplicado o mesmo investimento inicial. Das energias primárias testadas, o gás propano e a electricidade conseguem uma recuperação do investimento mais rápida, uma vez que o kWh é mais caro, tornando o retorno de investimento mais acelerado.

Verificámos através do estudo realizado em várias zonas do País, que o colector do tipo plano selectivo apresenta, de uma forma geral, melhores benefícios para um edifício de pequena dimensão. Já no caso de um edifício de maior porte, a escolha irá recair sobre colectores do tipo tubos de vácuo, independentemente da localização escolhida para a sua instalação.

## 8. Bibliografia

1. APREN E QUERCUS (04/01/2013). *Produção de electricidade em 2012: Mais eólica, menos renováveis, mais emissões*. [Online]

Disponível em:

<http://naturlink.sapo.pt/Noticias/Opinioao/content/Producao-de-electricidade-em-2012-Mais-eolica-menos-renovaveis-mais-emissoes?bl=1>

[Acedido em 3 de Novembro de 2013].

2. Carvalho, M., Pereira, M., *Solar térmico Activo*, Energias Renováveis em Portugal.
3. European Solar Thermal Industry Federation (June 2013). *Solar Thermal Markets in Europe- Trends and marker statistucs 2012*. [Online]

Disponível em: [http://www.estif.org/statistics/st\\_markets\\_in\\_europe\\_2012/](http://www.estif.org/statistics/st_markets_in_europe_2012/)

[Acedido em 20 de Maio de 2014].

4. Portal das Energias Renováveis (25/08/2008). *Certificação de Colectores e Sistemas Solares Térmicos*. [Online]

Disponível em:

[http://www.energiasrenovaveis.com/DetailheNoticias.asp?ID\\_conteudo=92&ID\\_area=15](http://www.energiasrenovaveis.com/DetailheNoticias.asp?ID_conteudo=92&ID_area=15)

[Acedido em 5 de Novembro de 2013].

5. Água Quente Solar, Apresentação da Iniciativa Pública, *Água Quente Solar para Portugal*. [Online]

Disponível em: <http://www.aguaquentesolar.com/publicacoes/1/>

[Acedido em 6 de Novembro de 2013].

6. APISOLAR (2010 e 1º Trimestre de 2011), Observatório Solar Térmico. [Online]

Disponível em:

[http://www.aguaquentesolar.com/fich/18/ST\\_Pt\\_2010\\_fntApisolar.pdf](http://www.aguaquentesolar.com/fich/18/ST_Pt_2010_fntApisolar.pdf)

[Acedido em 1 de Março de 2014].

**7.** Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de Abril.

**8.** Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril.

**9.** Associação de Apoio Solar. [Online]

Disponível em: <http://www.paineissolares.gov.pt/solar2009.html>

[Acedido em 4 de Dezembro de 2013].

**10.** Associação de Apoio Solar. [Online]

Disponível em: <http://www.paineissolares.gov.pt/solar2010.html>

[Acedido em 4 de Dezembro de 2013].

**11.** Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto.

**12.** Benito, T., 2011. *Práticas de Energia Solar Térmica*. Publindústria.

**13.** Carvalho, L., Barbosa, C., Teixeira, T., Calado, V., 2012. *Manual de Instalação De Sistemas Solares Térmicos*, Publindústria.

**14.** Perguntas & Respostas sobre RCCTE, ADENE, Maio 2014 .

**15.** Empresa THERMO/SOLAR. [Online]

Disponível em: [http://www.thermosolar.sk/stara\\_stranka/aa-braz.htm](http://www.thermosolar.sk/stara_stranka/aa-braz.htm)

[Acedido em 14 de Novembro de 2013].

**16.** Silva, J., 2011. *Tipos de Colectores Solares, Dicas & Esquema*. [Online]

Disponível em:

<http://dicasesquemas.blogspot.pt/2011/05/tipos-de-colectores-solares.html>

[Acedido em 15 de Novembro de 2013].

**17.** Costa, J., Lebeña, E., 2007. *Manual de Conversão Térmica da Energia Solar*, INETI.

**18.** Projecto GREENPRO, 2002. *Energia Solar Térmica – manual sobre tecnologias, projecto e instalação.*

**19.** Empresa DAP, Energias Renováveis. [Online]

Disponível em:

<http://www.daplda.pt/verproduto.php?nome=Solar%20T%C3%A9rmico%3Cbr%3EColetor%20Tubo%20de%20V%C3%A1cuo%20DAP%20CPC>

[Acedido em 14 de Novembro de 2013].

**20.** Empresa MERKASOL, Energias Renovables. [Online]

Disponível em: <http://www.merkasol.com/Solar-Termica-ACS-300-Litros-30-tubos>

[Acedido em 14 de Novembro de 2013].

**21.** Empresa TiSUN. [Online]

Disponível em:

<http://www.tisun.pt/Produtos/Acumulador-solar/Acessorios-do-acumulador>

[Acedido em 14 de Novembro de 2013].

**22.** Empresa VIESSMANN. [Online]

Disponível em:

[http://www.viessmann.pt/pt/industria\\_comercio\\_municipios/produtos/acumuladores\\_aqs/Vito\\_cell\\_140-E.html](http://www.viessmann.pt/pt/industria_comercio_municipios/produtos/acumuladores_aqs/Vito_cell_140-E.html)

[Acedido em 15 de Novembro de 2013].

**23.** Roriz, L., Rosendo, J., Loureço, F., Calhau, K., 2010. *Energia Solar em Edifícios*, Orion.

**24.** Empresa Lanzarote Solar. [Online]

Disponível em:

<http://www.lanzarotesolar.es/es/equideas-calefaccion-refrigeracion-solar.html>

[Acedido em 16 de Novembro de 2013].

**25.** Água Quente Solar, Perguntas Frequentes. [Online]

Disponível em: <http://www.aguaquentesolar.com/faq/questao.asp?id=12>

[Acedido em 2 de Maio de 2014].

**26.** Empresa ELECTRO-TUA. [Online]

Disponível em:

[http://www.electrotua.com/?pID=14&page=1&cPath=0\\_5\\_30&action=view&prodID=329](http://www.electrotua.com/?pID=14&page=1&cPath=0_5_30&action=view&prodID=329)

[Acedido em 16 de Novembro de 2013].

**27.** Silva, J., 2011. *Como instalar um sistema solar térmico de 300L da Vulcano em telhado inclinado*. Dicas & Esquema. [Online]

Disponível em:

<http://dicasesquemas.blogspot.pt/2012/05/como-instalar-um-sistema-solar-termico.html>

[Acedido em 16 de Novembro de 2013].

**28.** Centers for Disease Control and Prevention, 2013. *Environmental Legionella Isolation Techniques Evaluation*. [Online]

Disponível em: <https://wwwn.cdc.gov/elite/public/elitehome.aspx>

[Acedido em 13 de Fevereiro de 2014].

**29.** Instituto Português da Qualidade em parceria com a EPAL, 2012. *Prevenção e Controlo de Legionella nos Sistemas de Água*.

**30.** Direcção - Geral de Saúde e Direcção- Geral do Turismo, 2001. *Doença dos Legionários- Guia Prático*, Lisboa.

**31.** Esteves, A., Dias, F., Rosa, N., Salvador, S., Machado, V., Maio 2011. *Prevenção nos balneários da doença dos legionários- Manual de boas práticas*, ARSLVT.

32. Santiago, M., 2012. *Estudo comparativo do desempenho da tecnologia de Termossifão e de Circulação Forçada no âmbito do aquecimento solar térmico*, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
33. Aguiar, R., Carvalho, M., 2012. *Manual de Instalação e Utilização do Software SolTerm 5.0*. INETI. ISBN: 978-972-676-205-8.
34. Dados facultados pela Estação Meteorológica Automática do Instituto Superior Técnico, 2014.
35. Granjo, T., 2013. *Análise da Viabilidade da Utilização de Colectores Solares*, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
36. Lee, S., Pond, K., Lee, J., Chartier, Y., Bartram, J., *Legionella and the prevention of legionellosis*; World health Organization, ISBN 924156297 8.
37. Ribas, R., *Técnicas de produção de AQS com sistemas solares e o problema da Legionella*, Seminário *Prevenção da Legionella em estabelecimentos hoteleiros*.
38. LNEG Investigação para a Sustentabilidade. *CLIMAS-SCE- Software para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios*. [Online]  
Disponível em: <http://www.lneg.pt/servicos/328/2263/>  
[Acedido em 23 de Junho de 2014].
39. ENERGY.GOV. *Estimating the Cost and Energy Efficiency of a Solar Water Heater*. [Online]  
Disponível em:  
<http://energy.gov/energysaver/articles/estimating-cost-and-energy-efficiency-solar-water-heater>  
[Acedido em 18 de Junho de 2014].
40. Empresa Solius, *Preço da Energia*. [Online]  
Disponível em: <http://www.solius.pt/calculadora/>  
[Acedido em 20 de Junho de 2014].
41. *Utilização de Colectores para Aquecimento de água no Sector Doméstico*, Lisboa, DGGE/IP-AQSpP, ISBN 972-8268-29-7.

42. The Solar Keymark, *COLLECTOR CERTIFICATES*. [Online]

Disponível em: <http://www.estif.org/solarkeymarknew/index.php>

[Acedido em 25 de Junho de 2014].

43. Projectos Técnicos e Representações, Outubro 2006. *Energia Solar Térmica- análise técnico-económica*.

## ANEXO A- Resumo de comparação dos sistemas de circulação

TABELA A.1 – COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO.

	SISTEMA TERMOSSIFÃO	SISTEMA DE CIRCULAÇÃO FORÇADA
CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA	<p>-Maior facilidade de instalação;</p> <p>-Não depende de meios mecânicos para a circulação de fluido ou de controlos electrónicos;</p> <p>-Adequada a instalações de dimensões reduzidas e na produção de águas quentes sanitárias;</p> <p>-Para se obter a máxima eficiência do sistema, as ligações do fluido solar no circuito primário devem estar cruzadas, ou seja, o retorno do acumulador deve estar ligado na parte inferior do colector de um dos lados e a ida ao acumulador deve-se situar na zona superior do lado contrário;</p>	<p>-Recorre-se a uma bomba circuladora para transportar a energia do fluido térmico entre os colectores e o depósito;</p> <p>-Potência diversos tipos de instalações, de modo a permitir aquecer um maior volume de água e, por isso, maior área do campo de colectores;</p> <p>-Envolve mais componentes,</p> <p>-Mais exigente a nível de manutenção;</p> <p>-Envolve um conjunto de cálculos e dimensionamentos para que o sistema possa funcionar correctamente;</p> <p>-Ideais para habitações com espaço interior para o depósito com possibilidade de aumentar;</p> <p>-A permuta de calor entre o circuito primário e o secundário pode realizar-se por transferência directa ou indirecta;</p>
FUNCIONAMENTO	<p>-Baseia-se na captação da radiação solar no colector que irá aumentar a temperatura do fluido solar que percorre a tubagem do circuito primário;</p> <p>-O aumento de temperatura fará com que o fluido diminua a sua densidade, favorecendo o seu movimento, isto é, a circulação ocorre por <b>convecção natural</b>;</p> <p>-<b>Processo contínuo</b> - o fluido solar ascenderá do colector para o depósito, enquanto que o fluido mais frio descenderá para o colector. Isto ocorre devido às diferenças de temperaturas entre o acumulador e o colector.</p> <p>-O aquecimento da água ocorre quando o fluido solar sobe e atinge o permutador do acumulador onde ocorrerão as trocas de calor.</p> <p>-Quanto mais radiação ocorrer maior será o caudal de fluido térmico e, por sua vez, se não houver uma certa quantidade de radiação necessária ou se a temperatura no colector não for superior à do depósito, não existirá circulação e, por isso não será aquecida a água no acumulador, sendo necessário um sistema auxiliar.</p>	<p>-Baseia-se no escoamento do fluido térmico através de uma bomba circuladora, o que possibilita que o acumulador seja instalado a um nível inferior aos colectores e sem limite de distância;</p> <p>-Quando ocorrer uma diferença de temperatura entre o fluido térmico nos colectores e o volume de água na zona inferior do depósito acumulador, o controlador irá fornecer energia eléctrica à bomba circuladora, que por sua vez movimentará o fluido solar entre o colector e o acumulador.</p> <p>-Energia é transmitida do interior da serpentina do acumulador para a água de consumo que se encontra dentro do mesmo.</p>



## ANEXO B- Figura 2.19

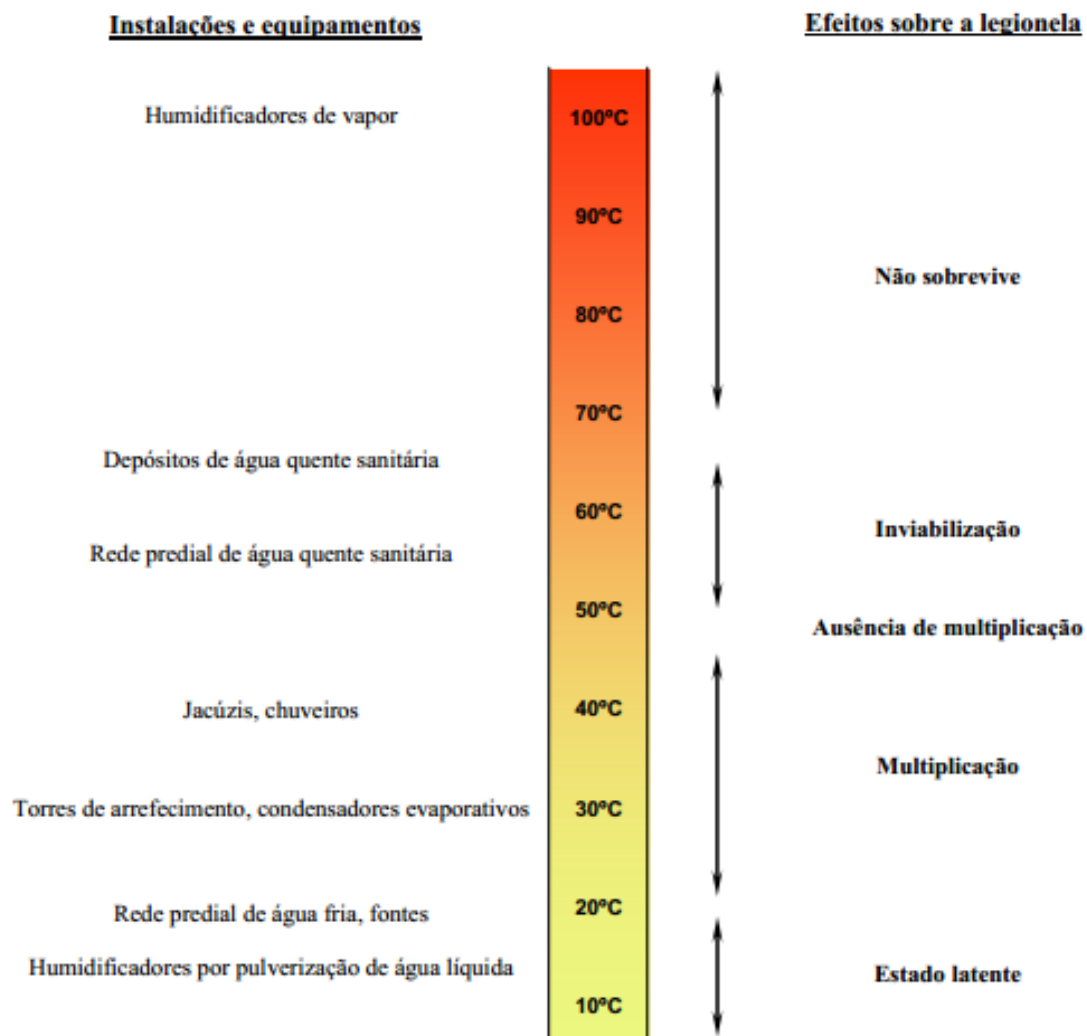
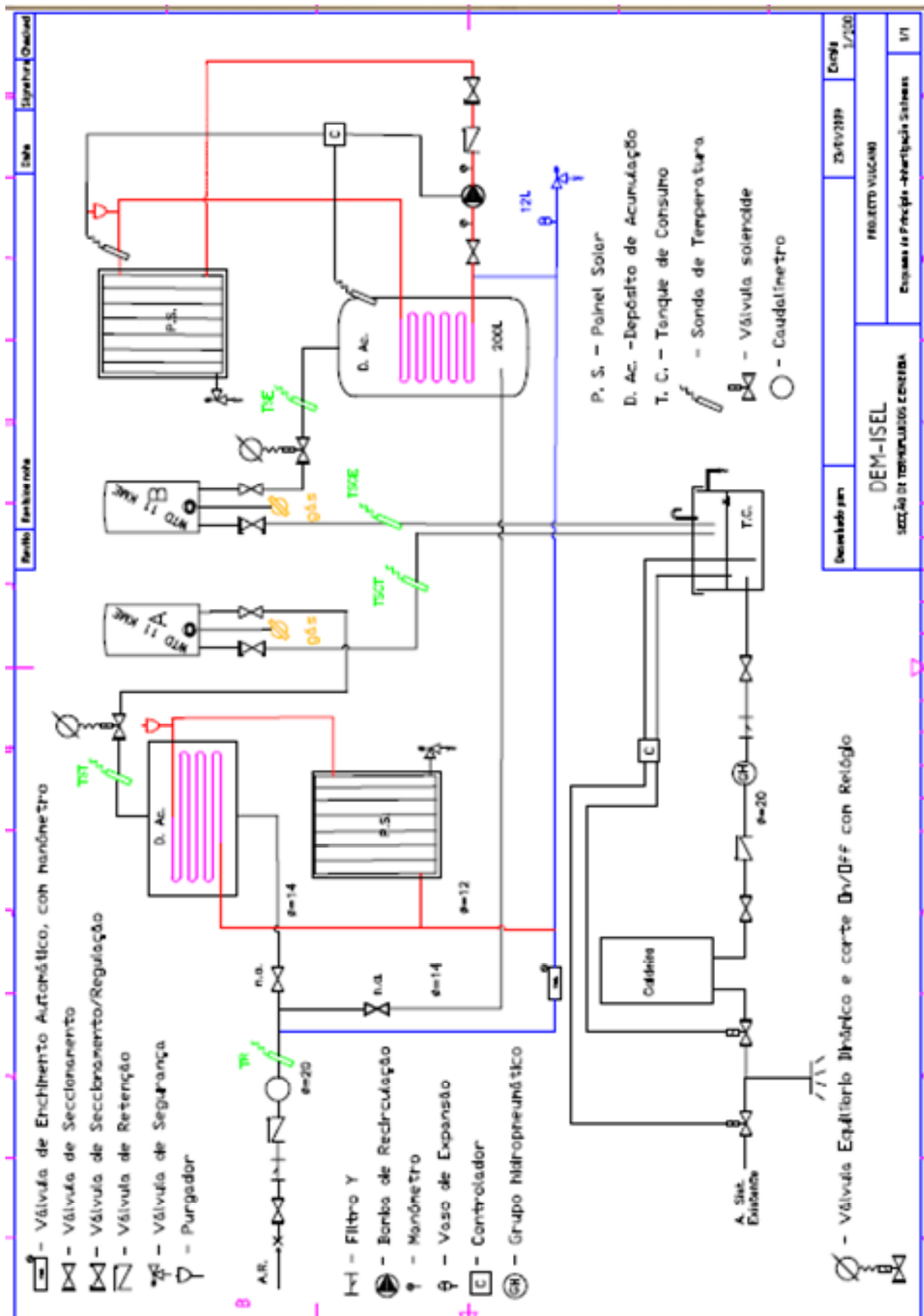


FIGURA B.1- TEMPERATURA MÉDIA DA ÁGUA NO FUNCIONAMENTO DE ALGUNS EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES E O SEU EFEITO SOBRE A *LEGIONELLA* [29].



# ANEXO C- Esquema de princípio da instalação no ISEL





## ANEXO D- Folha de Cálculo

Termossifão- Abril 2013

Date / Time	Horario de Funcionamento	T_Agua_Red (deg C)	T_Saida_Esq_TermoSif.(deg C)	T_Entrada_Esq_TermoSif. (deg C)	Temp MédiaSai da_EsqTermoSif. °C	Temp MédiaEnt rada_Esq TermoSif. °C	Delta T TermoSif. °C	Carga Experimental TermoSif.	Contribuição Solar TermoSif	Apoio TermoSif	Carga. (60°C)	Necessidades Complementares TermoSif
01/04/YYYY 09:03:00 AM	21 h	16,54	63,89	28,46	56,67 °C	27,00 °C	9,50 °C					
01/04/YYYY 09:02:00 AM	21 h	16,64	64,54	28,17	56,67 °C	27,00 °C	9,50 °C					
01/04/YYYY 09:01:00 AM	21 h	17,3	65,97	26,5	56,67 °C	27,00 °C	9,50 °C					
01/04/YYYY 09:00:00 AM	21 h	19,5	32,28	24,86	56,67 °C	27,00 °C	9,50 °C	1,1445 kWh	0,2767 kWh	0,8678 kWh	1,2425 kWh	0,9658 kWh
01/04/YYYY 08:06:00 AM	20 h	16,29	64,26	31,6	65,20 °C	31,72 °C	15,03 °C					
01/04/YYYY 08:05:00 AM	20 h	16,41	64,72	32,17	65,20 °C	31,72 °C	15,03 °C					
01/04/YYYY 08:04:00 AM	20 h	16,53	65,37	32,71	65,20 °C	31,72 °C	15,03 °C					
01/04/YYYY 08:03:00 AM	20 h	16,66	65,58	32,65	65,20 °C	31,72 °C	15,03 °C					
01/04/YYYY 08:02:00 AM	20 h	16,81	65,76	31,96	65,20 °C	31,72 °C	15,03 °C					
01/04/YYYY 08:01:00 AM	20 h	17,44	65,52	29,25	65,20 °C	31,72 °C	15,03 °C	2,8385 kWh	0,8757 kWh	1,9628 kWh	2,5317 kWh	1,6560 kWh
01/04/YYYY 07:05:00 AM	19 h	16,47	64,99	37,1	64,20 °C	35,12 °C	18,29 °C					
01/04/YYYY 07:04:00 AM	19 h	16,6	64,31	37,6	64,20 °C	35,12 °C	18,29 °C					
01/04/YYYY 07:03:00 AM	19 h	16,77	63,72	37,29	64,20 °C	35,12 °C	18,29 °C					
01/04/YYYY 07:02:00 AM	19 h	16,95	63,66	35,28	64,20 °C	35,12 °C	18,29 °C					
01/04/YYYY 07:01:00 AM	19 h	17,34	64,32	28,33	64,20 °C	35,12 °C	18,29 °C	2,7715 kWh	1,0659 kWh	1,7056 kWh	2,5238 kWh	1,4579 kWh
01/04/YYYY 01:03:00 AM	13 h	16,5	64,99	30,51	54,26 °C	26,42 °C	8,96 °C					
01/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	16,55	65,89	29,85	54,26 °C	26,42 °C	8,96 °C					
01/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	16,93	65,55	25,12	54,26 °C	26,42 °C	8,96 °C					
01/04/YYYY 01:00:00 AM	13 h	19,88	20,6	20,2	54,26 °C	26,42 °C	8,96 °C	1,0744 kWh	0,2607 kWh	0,8137 kWh	1,2434 kWh	0,9826 kWh
01/04/YYYY 09:03:00 AM	9 h	16,43	53,15	18,18	46,83 °C	18,72 °C	1,28 °C					
01/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	16,77	53,48	18,3	46,83 °C	18,72 °C	1,28 °C					
01/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	17,75	52,14	18,51	46,83 °C	18,72 °C	1,28 °C					
01/04/YYYY 09:00:00 AM	9 h	18,82	28,54	19,89	46,83 °C	18,72 °C	1,28 °C	0,8572 kWh	0,0372 kWh	0,8200 kWh	1,2440 kWh	1,2068 kWh
01/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	16,76	53,56	18,36	52,87 °C	18,42 °C	1,14 °C					

01/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	17,8	52,18	18,47	52,87 °C	18,42 °C	1,14 °C	1,0391 kWh	0,0330 kWh	1,0060 kWh	1,2487 kWh	1,2157 kWh
02/04/YYYY 09:03:00 AM	21 h	16,76	65,1	35,77	65,05333	34,05333	17,08					
02/04/YYYY 09:02:00 AM	21 h	16,82	65,08	34,84	65,05333	34,05333	17,08					
02/04/YYYY 09:01:00 AM	21 h	17,34	64,98	31,55	65,05333	34,05333	17,08	1,4067 kWh	0,4975 kWh	0,9091 kWh	1,2576 kWh	0,7601 kWh
02/04/YYYY 08:05:00 AM	20 h	16,37	62,05	40,69	57,295	37,82833	20,58667					
02/04/YYYY 08:04:00 AM	20 h	16,52	61,9	41	57,295	37,82833	20,58667					
02/04/YYYY 08:03:00 AM	20 h	16,71	61,81	41,11	57,295	37,82833	20,58667					
02/04/YYYY 08:02:00 AM	20 h	16,84	61,92	39,77	57,295	37,82833	20,58667					
02/04/YYYY 08:01:00 AM	20 h	17,11	62,28	35,36	57,295	37,82833	20,58667					
02/04/YYYY 08:00:00 AM	20 h	19,9	33,81	29,04	57,295	37,82833	20,58667	2,3404 kWh	1,1998 kWh	1,1406 kWh	2,4997 kWh	1,2999 kWh
02/04/YYYY 07:05:00 AM	19 h	16,08	60,26	46,7	58,66833	39,51667	22,06833					
02/04/YYYY 07:04:00 AM	19 h	16,43	67,28	46,28	58,66833	39,51667	22,06833					
02/04/YYYY 07:03:00 AM	19 h	16,71	68,91	45,86	58,66833	39,51667	22,06833					
02/04/YYYY 07:02:00 AM	19 h	16,93	67,75	42,75	58,66833	39,51667	22,06833					
02/04/YYYY 07:01:00 AM	19 h	17,46	66,75	34,17	58,66833	39,51667	22,06833					
02/04/YYYY 07:00:00 AM	19 h	21,08	21,06	21,34	58,66833	39,51667	22,06833	2,4093 kWh	1,2864 kWh	1,1229 kWh	2,4877 kWh	1,2013 kWh
02/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	16,81	63,69	36,08	49,50667	29,02667	10,82667					
02/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	17,44	63,69	30,2	49,50667	29,02667	10,82667					
02/04/YYYY 01:00:00 AM	13 h	20,35	21,14	20,8	49,50667	29,02667	10,82667	0,9137 kWh	0,3153 kWh	0,5984 kWh	1,2220 kWh	0,9067 kWh
02/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	16,49	56,29	20,82	46,39667	20,87333	3,183333					
02/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	17,32	54,39	20,52	46,39667	20,87333	3,183333					
02/04/YYYY 09:00:00 AM	9 h	19,26	28,51	21,28	46,39667	20,87333	3,183333	0,8374 kWh	0,0927 kWh	0,7447 kWh	1,2368 kWh	1,1442 kWh
02/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	16,48	56,58	20,72	43,88333	20,34333	2,46					
02/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	17,11	54,72	19,85	43,88333	20,34333	2,46					
02/04/YYYY 08:00:00 AM	8 h	20,06	20,35	20,46	43,88333	20,34333	2,46	0,7582 kWh	0,0716 kWh	0,6866 kWh	1,2312 kWh	1,1596 kWh
03/04/YYYY 09:04:00 AM	21 h	16	63,85	28,67	58,1	27,57	10,636					
03/04/YYYY 09:03:00 AM	21 h	16,1	64,61	28,82	58,1	27,57	10,636					
03/04/YYYY 09:02:00 AM	21 h	16,2	64,81	28,53	58,1	27,57	10,636					
03/04/YYYY 09:01:00 AM	21 h	16,78	63,81	26,52	58,1	27,57	10,636					
03/04/YYYY 09:00:00 AM	21 h	19,59	33,42	25,31	58,1	27,57	10,636	1,2028 kWh	0,3097 kWh	0,8931 kWh	1,2588 kWh	0,9491 kWh
03/04/YYYY 08:05:00 AM	20 h	15,85	65,68	32,56	60,13333	31,11667	14,40333					
03/04/YYYY 08:04:00 AM	20 h	16,02	65,59	33,09	60,13333	31,11667	14,40333					
03/04/YYYY 08:03:00 AM	20 h	16,14	66,12	33	60,13333	31,11667	14,40333					
03/04/YYYY 08:02:00 AM	20 h	16,22	65,68	32,28	60,13333	31,11667	14,40333					
03/04/YYYY 08:01:00 AM	20 h	16,67	65,44	29,41	60,13333	31,11667	14,40333					
03/04/YYYY 08:00:00 AM	20 h	19,38	32,29	26,36	60,13333	31,11667	14,40333	2,5382 kWh	0,8389 kWh	1,6992 kWh	2,5303 kWh	1,6914 kWh
03/04/YYYY 07:06:00 AM	19 h	15,88	63,49	37,62	63,45333	35,85667	19,66333					
03/04/YYYY 07:05:00 AM	19 h	15,95	63,94	37,89	63,45333	35,85667	19,66333					

03/04/YYYY 07:04:00 AM	19 h	16,03	63,33	38,2	63,45333	35,85667	19,66333					
03/04/YYYY 07:03:00 AM	19 h	16,1	63,14	38,06	63,45333	35,85667	19,66333					
03/04/YYYY 07:02:00 AM	19 h	16,32	63,42	35,79	63,45333	35,85667	19,66333					
03/04/YYYY 07:01:00 AM	19 h	16,88	63,4	27,58	63,45333	35,85667	19,66333	2,7641 kWh	1,1456 kWh	1,6184 kWh	2,5605 kWh	1,4148 kWh
03/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	16,12	65,65	28,9	65,38	26,945	10,69					
03/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	16,39	65,11	24,99	65,38	26,945	10,69	1,4371 kWh	0,3113 kWh	1,1259 kWh	1,2784 kWh	0,9672 kWh
03/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	16,67	59,06	23,55	58,935	23,1	6,1					
03/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	17,33	58,81	22,65	58,935	23,1	6,1	1,2255 kWh	0,1776 kWh	1,0479 kWh	1,2568 kWh	1,0793 kWh
03/04/YYYY 08:03:00 AM	8 h	16,87	60,04	24,23	50,355	22,67	4,715					
03/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	16,67	60,56	23,57	50,355	22,67	4,715					
03/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	17,62	60,16	21,87	50,355	22,67	4,715					
03/04/YYYY 08:00:00 AM	8 h	20,66	20,66	21,01	50,355	22,67	4,715	0,9457 kWh	0,1373 kWh	0,8084 kWh	1,2291 kWh	1,0919 kWh
04/04/YYYY 09:04:00 AM	21 h	15,83	59,28	24,4	55,388	24,198	7,578					
04/04/YYYY 09:03:00 AM	21 h	15,89	59,84	24,84	55,388	24,198	7,578					
04/04/YYYY 09:02:00 AM	21 h	15,96	64,76	24,68	55,388	24,198	7,578					
04/04/YYYY 09:01:00 AM	21 h	16,19	60,74	23,63	55,388	24,198	7,578					
04/04/YYYY 09:00:00 AM	21 h	19,23	32,32	23,44	55,388	24,198	7,578	1,1322 kWh	0,2206 kWh	0,9116 kWh	1,2679 kWh	1,0472 kWh
04/04/YYYY 08:05:00 AM	20 h	15,76	63,45	27,82	58,665	26,85833	10,37167					
04/04/YYYY 08:04:00 AM	20 h	15,81	63,21	27,92	58,665	26,85833	10,37167					
04/04/YYYY 08:03:00 AM	20 h	15,85	64	27,95	58,665	26,85833	10,37167					
04/04/YYYY 08:02:00 AM	20 h	16,04	66,42	27,51	58,665	26,85833	10,37167					
04/04/YYYY 08:01:00 AM	20 h	16,39	63,22	25,77	58,665	26,85833	10,37167					
04/04/YYYY 08:00:00 AM	20 h	19,07	31,69	24,18	58,665	26,85833	10,37167	2,4648 kWh	0,6040 kWh	1,8609 kWh	2,5435 kWh	1,9395 kWh
04/04/YYYY 07:06:00 AM	19 h	15,77	64,2	30,42	58,65714	28,21143	11,61143					
04/04/YYYY 07:05:00 AM	19 h	15,81	64,53	30,84	58,65714	28,21143	11,61143					
04/04/YYYY 07:04:00 AM	19 h	15,88	64,99	31,17	58,65714	28,21143	11,61143					
04/04/YYYY 07:03:00 AM	19 h	15,95	65,54	30,48	58,65714	28,21143	11,61143					
04/04/YYYY 07:02:00 AM	19 h	16,08	65,78	29,08	58,65714	28,21143	11,61143					
04/04/YYYY 07:01:00 AM	19 h	16,45	64,88	24,85	58,65714	28,21143	11,61143					
04/04/YYYY 07:00:00 AM	19 h	20,26	20,68	20,64	58,65714	28,21143	11,61143	2,4578 kWh	0,6762 kWh	1,7816 kWh	2,5369 kWh	1,8607 kWh
04/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	16,11	65,68	32,15	65,53	29,615	13,335					
04/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	16,45	65,38	27,08	65,53	29,615	13,335	1,4408 kWh	0,3883 kWh	1,0525 kWh	1,2777 kWh	0,8894 kWh
04/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	16,2	55,34	20,89	46,31333	20,93	3,55					
04/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	16,89	54,23	20,6	46,31333	20,93	3,55					
04/04/YYYY 09:00:00 AM	9 h	19,05	29,37	21,3	46,31333	20,93	3,55	0,8439 kWh	0,1033 kWh	0,7406 kWh	1,2458 kWh	1,1425 kWh
04/04/YYYY 08:03:00 AM	8 h	16,19	56,49	21,21	46,99	20,7475	3,29					
04/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	16,31	56,06	20,91	46,99	20,7475	3,29					
04/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	17,06	54,7	20,16	46,99	20,7475	3,29					

04/04/YYYY 08:00:00 AM 8 h	20,27	20,71	20,71	46,99	20,7475	3,29	0,8615 kWh	0,0958 kWh	0,7657 kWh	1,2436 kWh	1,1478 kWh
05/04/YYYY 09:03:00 AM 21 h	15,89	66,06	32,94	57,9175	29,9475	13,26					
05/04/YYYY 09:02:00 AM 21 h	15,92	66,93	32,08	57,9175	29,9475	13,26					
05/04/YYYY 09:01:00 AM 21 h	16,34	66,83	29,03	57,9175	29,9475	13,26					
05/04/YYYY 09:00:00 AM 21 h	18,6	31,85	25,74	57,9175	29,9475	13,26	1,2046 kWh	0,3861 kWh	0,8185 kWh	1,2659 kWh	0,8798 kWh
05/04/YYYY 08:06:00 AM 20 h	15,68	63,4	37,5	63,48833	36,715	20,81833					
05/04/YYYY 08:05:00 AM 20 h	15,74	63,74	37,91	63,48833	36,715	20,81833					
05/04/YYYY 08:04:00 AM 20 h	15,83	63,42	38,26	63,48833	36,715	20,81833					
05/04/YYYY 08:03:00 AM 20 h	15,94	63,35	38,2	63,48833	36,715	20,81833					
05/04/YYYY 08:02:00 AM 20 h	16,03	63,43	36,56	63,48833	36,715	20,81833					
05/04/YYYY 08:01:00 AM 20 h	16,16	63,59	31,86	63,48833	36,715	20,81833	2,7833 kWh	1,2130 kWh	1,5703 kWh	2,5777 kWh	1,3647 kWh
05/04/YYYY 07:05:00 AM 19 h	15,68	63,74	43,95	64,786	39,978	24,086					
05/04/YYYY 07:04:00 AM 19 h	15,76	64,19	43,65	64,786	39,978	24,086					
05/04/YYYY 07:03:00 AM 19 h	15,83	65,44	43,24	64,786	39,978	24,086					
05/04/YYYY 07:02:00 AM 19 h	15,89	65,84	39,71	64,786	39,978	24,086					
05/04/YYYY 07:01:00 AM 19 h	16,3	64,72	29,34	64,786	39,978	24,086	2,8602 kWh	1,4038 kWh	1,4564 kWh	2,5779 kWh	1,1741 kWh
05/04/YYYY 01:02:00 AM 13 h	15,84	65,54	30,6	50,3	25,43667	8,243333					
05/04/YYYY 01:01:00 AM 13 h	16,17	65,04	25,68	50,3	25,43667	8,243333					
05/04/YYYY 01:00:00 AM 13 h	19,57	20,32	20,03	50,3	25,43667	8,243333	0,9662 kWh	0,2400 kWh	0,7262 kWh	1,2512 kWh	1,0112 kWh
05/04/YYYY 09:03:00 AM 9 h	15,9	53,19	19,09	47,1	19,3125	2,2725					
05/04/YYYY 09:02:00 AM 9 h	16,3	53,17	19,04	47,1	19,3125	2,2725					
05/04/YYYY 09:01:00 AM 9 h	17,22	53,03	18,83	47,1	19,3125	2,2725					
05/04/YYYY 09:00:00 AM 9 h	18,74	29,01	20,29	47,1	19,3125	2,2725	0,8768 kWh	0,0662 kWh	0,8107 kWh	1,2557 kWh	1,1895 kWh
05/04/YYYY 08:02:00 AM 8 h	16,08	54,14	19,12	42,73	19,29667	1,826667					
05/04/YYYY 08:01:00 AM 8 h	16,67	54,4	18,73	42,73	19,29667	1,826667					
05/04/YYYY 08:00:00 AM 8 h	19,66	19,65	20,04	42,73	19,29667	1,826667	0,7365 kWh	0,0532 kWh	0,6833 kWh	1,2432 kWh	1,1900 kWh
06/04/YYYY 01:03:00 AM 13 h	16,18	42,31	39,46	37,3925	31,875	14,715					
06/04/YYYY 01:02:00 AM 13 h	16,36	44,29	37,85	37,3925	31,875	14,715					
06/04/YYYY 01:01:00 AM 13 h	17,07	43,19	30,74	37,3925	31,875	14,715					
06/04/YYYY 01:00:00 AM 13 h	19,03	19,78	19,45	37,3925	31,875	14,715	0,5895 kWh	0,4286 kWh	0,1610 kWh	1,2522 kWh	0,8236 kWh
06/04/YYYY 09:02:00 AM 9 h	15,91	58,65	21,42	47,97667	20,86333	3,806667					
06/04/YYYY 09:01:00 AM 9 h	17,29	57,35	20,56	47,97667	20,86333	3,806667					
06/04/YYYY 09:00:00 AM 9 h	17,97	27,93	20,61	47,97667	20,86333	3,806667	0,9020 kWh	0,1108 kWh	0,7912 kWh	1,2552 kWh	1,1444 kWh
06/04/YYYY 08:02:00 AM 8 h	15,95	59,66	21,29	58,475	20,42	3,775					
06/04/YYYY 08:01:00 AM 8 h	17,34	57,29	19,55	58,475	20,42	3,775	1,2222 kWh	0,1099 kWh	1,1123 kWh	1,2671 kWh	1,1572 kWh
07/04/YYYY 09:03:00 AM 21 h	16,72	34,98	33,05	35,24	31,30667	14,41					
07/04/YYYY 09:02:00 AM 21 h	16,59	35,76	32,06	35,24	31,30667	14,41					
07/04/YYYY 09:01:00 AM 21 h	17,38	34,98	28,81	35,24	31,30667	14,41	0,5344 kWh	0,4197 kWh	0,1147 kWh	1,2598 kWh	0,8402 kWh

07/04/YYYY 08:05:00 AM	20 h	16,33	39,01	37,76	37,87833	34,78	17,76						
07/04/YYYY 08:04:00 AM	20 h	16,71	39,48	38,04	37,87833	34,78	17,76						
07/04/YYYY 08:03:00 AM	20 h	16,77	40,72	37,99	37,87833	34,78	17,76						
07/04/YYYY 08:02:00 AM	20 h	16,68	41,1	36,55	37,87833	34,78	17,76						
07/04/YYYY 08:01:00 AM	20 h	17,39	39,94	32,31	37,87833	34,78	17,76						
07/04/YYYY 08:00:00 AM	20 h	18,24	27,02	26,03	37,87833	34,78	17,76	1,2156 kWh	1,0347 kWh	0,1808 kWh	2,5125 kWh	1,4778 kWh	
07/04/YYYY 07:05:00 AM	19 h	16,79	45,63	43,39	41,68833	36,50167	18,99167						
07/04/YYYY 07:04:00 AM	19 h	17,15	45,2	42,91	41,68833	36,50167	18,99167						
07/04/YYYY 07:03:00 AM	19 h	17,28	47,04	42,55	41,68833	36,50167	18,99167						
07/04/YYYY 07:02:00 AM	19 h	17,06	47,02	39,41	41,68833	36,50167	18,99167						
07/04/YYYY 07:01:00 AM	19 h	17,57	45,48	31,2	41,68833	36,50167	18,99167						
07/04/YYYY 07:00:00 AM	19 h	19,21	19,76	19,55	41,68833	36,50167	18,99167	1,4097 kWh	1,1067 kWh	0,3030 kWh	2,4841 kWh	1,3774 kWh	
07/04/YYYY 01:03:00 AM	13 h	16,66	34,88	32,64	31,735	27,4325	10,1925						
07/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	16,51	36,69	31,57	31,735	27,4325	10,1925						
07/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	17,27	36,38	26,62	31,735	27,4325	10,1925						
07/04/YYYY 01:00:00 AM	13 h	18,52	18,99	18,9	31,735	27,4325	10,1925	0,4222 kWh	0,2968 kWh	0,1254 kWh	1,2499 kWh	0,9531 kWh	
07/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	16,33	25,92	24,04	25,68	23,225	6,28						
07/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	17,56	25,44	22,41	25,68	23,225	6,28	0,2543 kWh	0,1828 kWh	0,0715 kWh	1,2584 kWh	1,0756 kWh	
07/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	16,19	26,91	23,99	26,39	22,595	5,65						
07/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	17,7	25,87	21,2	26,39	22,595	5,65	0,2750 kWh	0,1645 kWh	0,1105 kWh	1,2584 kWh	1,0939 kWh	
08/04/YYYY 09:03:00 AM	21 h	16,52	32,92	31,27	31,2625	28,52	11,5						
08/04/YYYY 09:02:00 AM	21 h	16,46	33,56	30,49	31,2625	28,52	11,5						
08/04/YYYY 09:01:00 AM	21 h	16,84	33,08	27,83	31,2625	28,52	11,5						
08/04/YYYY 09:00:00 AM	21 h	18,26	25,49	24,49	31,2625	28,52	11,5	0,4148 kWh	0,3349 kWh	0,0799 kWh	1,2563 kWh	0,9214 kWh	
08/04/YYYY 08:05:00 AM	20 h	16,01	36,14	35,12	37,132	33,96	17,602						
08/04/YYYY 08:04:00 AM	20 h	16,1	37,01	35,53	37,132	33,96	17,602						
08/04/YYYY 08:03:00 AM	20 h	16,34	37,58	35,19	37,132	33,96	17,602						
08/04/YYYY 08:02:00 AM	20 h	16,62	37,84	33,83	37,132	33,96	17,602						
08/04/YYYY 08:01:00 AM	20 h	16,72	37,09	30,13	37,132	33,96	17,602	1,2105 kWh	1,0254 kWh	0,1851 kWh	2,5509 kWh	1,5255 kWh	
08/04/YYYY 07:06:00 AM	19 h	16,03	40,52	39,18	41,28333	36,85	20,49833						
08/04/YYYY 07:05:00 AM	19 h	16,14	40,92	39,19	41,28333	36,85	20,49833						
08/04/YYYY 07:04:00 AM	19 h	16,28	40,76	39,14	41,28333	36,85	20,49833						
08/04/YYYY 07:03:00 AM	19 h	16,38	42,38	38,77	41,28333	36,85	20,49833						
08/04/YYYY 07:02:00 AM	19 h	16,45	42,44	35,9	41,28333	36,85	20,49833						
08/04/YYYY 07:01:00 AM	19 h	16,83	40,68	28,92	41,28333	36,85	20,49833	1,4534 kWh	1,1944 kWh	0,2590 kWh	2,5513 kWh	1,3569 kWh	
08/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	15,99	41,71	35,54	41,405	32,235	16,12						
08/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	16,24	41,1	28,93	41,405	32,235	16,12	0,7371 kWh	0,4695 kWh	0,2676 kWh	1,2825 kWh	0,8130 kWh	
08/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	16,55	23,53	22,14	22,02333	21,01667	3,836667						

08/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	16,91	22,97	20,89	22,02333	21,01667	3,836667					
08/04/YYYY 09:00:00 AM	9 h	18,08	19,57	20,02	22,02333	21,01667	3,836667	0,1410 kWh	0,1117 kWh	0,0293 kWh	1,2516 kWh	1,1399 kWh
08/04/YYYY 08:03:00 AM	8 h	16,83	24,16	23,06	22,56	21,2225	3,675					
08/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	16,9	24,17	22,29	22,56	21,2225	3,675					
08/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	17,59	23,12	20,48	22,56	21,2225	3,675					
08/04/YYYY 08:00:00 AM	8 h	18,87	18,79	19,06	22,56	21,2225	3,675	0,1459 kWh	0,1070 kWh	0,0389 kWh	1,2410 kWh	1,1340 kWh
09/04/YYYY 09:03:00 AM	21 h	16,37	20,99	20,79	21,115	20,52	3,6525					
09/04/YYYY 09:02:00 AM	21 h	16,41	21,22	20,74	21,115	20,52	3,6525					
09/04/YYYY 09:01:00 AM	21 h	16,91	21,32	20,4	21,115	20,52	3,6525					
09/04/YYYY 09:00:00 AM	21 h	17,78	20,93	20,15	21,115	20,52	3,6525	0,1237 kWh	0,1063 kWh	0,0173 kWh	1,2607 kWh	1,1544 kWh
09/04/YYYY 08:06:00 AM	20 h	16,01	22,3	22,21	23,08	22,42	6,205					
09/04/YYYY 08:05:00 AM	20 h	16,08	22,51	22,45	23,08	22,42	6,205					
09/04/YYYY 08:04:00 AM	20 h	16,15	23,02	22,75	23,08	22,42	6,205					
09/04/YYYY 08:03:00 AM	20 h	16,21	23,57	22,89	23,08	22,42	6,205					
09/04/YYYY 08:02:00 AM	20 h	16,31	23,63	22,55	23,08	22,42	6,205					
09/04/YYYY 08:01:00 AM	20 h	16,53	23,45	21,67	23,08	22,42	6,205	0,3997 kWh	0,3613 kWh	0,0384 kWh	2,5592 kWh	2,1979 kWh
09/04/YYYY 07:05:00 AM	19 h	16,1	25,34	24,74	24,63833	23,15167	6,345					
09/04/YYYY 07:04:00 AM	19 h	16,27	25,23	24,74	24,63833	23,15167	6,345					
09/04/YYYY 07:03:00 AM	19 h	16,31	25,98	24,81	24,63833	23,15167	6,345					
09/04/YYYY 07:02:00 AM	19 h	16,4	26,4	23,94	24,63833	23,15167	6,345					
09/04/YYYY 07:01:00 AM	19 h	16,87	25,74	21,62	24,63833	23,15167	6,345					
09/04/YYYY 07:00:00 AM	19 h	18,89	19,14	19,06	24,63833	23,15167	6,345	0,4560 kWh	0,3694 kWh	0,0866 kWh	2,5249 kWh	2,1555 kWh
09/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	16,23	23,78	22,2	23,635	21,46	5,055					
09/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	16,58	23,49	20,72	23,635	21,46	5,055	0,2105 kWh	0,1472 kWh	0,0633 kWh	1,2741 kWh	1,1269 kWh
09/04/YYYY 09:03:00 AM	9 h	16,69	22,69	22,1	22,0175	21,27	3,965					
09/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	16,62	22,71	21,78	22,0175	21,27	3,965					
09/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	17,48	22,32	20,84	22,0175	21,27	3,965					
09/04/YYYY 09:00:00 AM	9 h	18,43	20,35	20,36	22,0175	21,27	3,965	0,1372 kWh	0,1154 kWh	0,0218 kWh	1,2480 kWh	1,1326 kWh
09/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	16,82	23,33	21,85	21,92333	20,57667	2,713333					
09/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	17,6	22,86	20,45	21,92333	20,57667	2,713333					
09/04/YYYY 08:00:00 AM	8 h	19,17	19,58	19,43	21,92333	20,57667	2,713333	0,1182 kWh	0,0790 kWh	0,0392 kWh	1,2318 kWh	1,1528 kWh
10/04/YYYY 01:03:00 AM	13 h	16,16	23,28	20,39	22,31	19,7475	2,86					
10/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	16,24	24,05	20,28	22,31	19,7475	2,86					
10/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	16,69	23,64	19,82	22,31	19,7475	2,86					
10/04/YYYY 01:00:00 AM	13 h	18,46	18,27	18,5	22,31	19,7475	2,86	0,1579 kWh	0,0833 kWh	0,0746 kWh	1,2601 kWh	1,1768 kWh
10/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	16,51	18,02	19,71	18,01	19,71	3,06					
10/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	16,79	18	19,71	18,01	19,71	3,06	0,0396 kWh	0,0891 kWh	-0,0495 kWh	1,2670 kWh	1,1779 kWh
10/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	16,7	18,26	20,5	18,18	20,335	3,44					

10/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	17,09	18,1	20,17	18,18	20,335	3,44	0,0374 kWh	0,1001 kWh	-0,0627 kWh	1,2599 kWh	1,1597 kWh
11/04/YYYY 09:03:00 AM	21 h	17,97	64,49	28,72	64,36 °C	28,33 °C	10,26 °C					
11/04/YYYY 09:02:00 AM	21 h	18	64,79	28,55	64,36 °C	28,33 °C	10,26 °C					
11/04/YYYY 09:01:00 AM	21 h	18,26	63,8	27,73	64,36 °C	28,33 °C	10,26 °C	1,3542 kWh	0,2987 kWh	1,0555 kWh	1,2256 kWh	0,9269 kWh
11/04/YYYY 08:05:00 AM	20 h	17,69	64,68	31,3	60,17 °C	30,31 °C	11,62 °C					
11/04/YYYY 08:04:00 AM	20 h	17,93	65,01	31,45	60,17 °C	30,31 °C	11,62 °C					
11/04/YYYY 08:03:00 AM	20 h	18,13	65,15	31,44	60,17 °C	30,31 °C	11,62 °C					
11/04/YYYY 08:02:00 AM	20 h	18,19	65,84	30,97	60,17 °C	30,31 °C	11,62 °C					
11/04/YYYY 08:01:00 AM	20 h	18,3	65,16	29,29	60,17 °C	30,31 °C	11,62 °C					
11/04/YYYY 08:00:00 AM	20 h	21,9	35,17	27,41	60,17 °C	30,31 °C	11,62 °C	2,4256 kWh	0,6769 kWh	1,7487 kWh	2,4156 kWh	1,7388 kWh
11/04/YYYY 07:06:00 AM	19 h	17,44	65,29	33,39	65,56 °C	32,74 °C	14,81 °C					
11/04/YYYY 07:05:00 AM	19 h	17,6	65,33	33,86	65,56 °C	32,74 °C	14,81 °C					
11/04/YYYY 07:04:00 AM	19 h	17,83	65,57	34,11	65,56 °C	32,74 °C	14,81 °C					
11/04/YYYY 07:03:00 AM	19 h	18,03	65,61	33,56	65,56 °C	32,74 °C	14,81 °C					
11/04/YYYY 07:02:00 AM	19 h	18,2	66,12	32,45	65,56 °C	32,74 °C	14,81 °C					
11/04/YYYY 07:01:00 AM	19 h	18,51	65,43	29,08	65,56 °C	32,74 °C	14,81 °C	2,7874 kWh	0,8626 kWh	1,9248 kWh	2,4594 kWh	1,5969 kWh
11/04/YYYY 01:03:00 AM	13 h	17,5	64,88	30,27	55,46 °C	27,70 °C	8,41 °C					
11/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	17,82	67,13	29,58	55,46 °C	27,70 °C	8,41 °C					
11/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	18,5	65,83	27,1	55,46 °C	27,70 °C	8,41 °C					
11/04/YYYY 01:00:00 AM	13 h	23,34	24,01	23,84	55,46 °C	27,70 °C	8,41 °C	1,0569 kWh	0,2448 kWh	0,8120 kWh	1,1904 kWh	0,9456 kWh
11/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	18,65	65,17	28,86	65,10 °C	28,12 °C	9,46 °C					
11/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	18,68	65,03	27,38	65,10 °C	28,12 °C	9,46 °C	1,3590 kWh	0,2753 kWh	1,0837 kWh	1,2085 kWh	0,9332 kWh
11/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	18,75	65,96	28,91	65,23 °C	27,55 °C	8,85 °C					
11/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	18,64	64,5	26,18	65,23 °C	27,55 °C	8,85 °C	1,3620 kWh	0,2577 kWh	1,1043 kWh	1,2077 kWh	0,9500 kWh
12/04/YYYY 09:03:00 AM	21 h	16,94	63,24	37,85	63,47333	35,98333	18,86					
12/04/YYYY 09:02:00 AM	21 h	17,02	63,37	36,79	63,47333	35,98333	18,86					
12/04/YYYY 09:01:00 AM	21 h	17,41	63,81	33,31	63,47333	35,98333	18,86	1,3557 kWh	0,5495 kWh	0,8062 kWh	1,2533 kWh	0,7038 kWh
12/04/YYYY 08:05:00 AM	20 h	16,66	61,84	42,79	58,585	39,36167	21,72333					
12/04/YYYY 08:04:00 AM	20 h	16,79	62,27	42,94	58,585	39,36167	21,72333					
12/04/YYYY 08:03:00 AM	20 h	16,93	63,33	42,89	58,585	39,36167	21,72333					
12/04/YYYY 08:02:00 AM	20 h	17,09	65,69	41,12	58,585	39,36167	21,72333					
12/04/YYYY 08:01:00 AM	20 h	17,47	63,74	36,19	58,585	39,36167	21,72333					
12/04/YYYY 08:00:00 AM	20 h	20,89	34,64	30,24	58,585	39,36167	21,72333	2,3933 kWh	1,2663 kWh	1,1271 kWh	2,4767 kWh	1,2104 kWh
12/04/YYYY 07:05:00 AM	19 h	16,55	68,21	47,98	61,045	40,90333	23,00667					
12/04/YYYY 07:04:00 AM	19 h	16,72	68,67	47,49	61,045	40,90333	23,00667					
12/04/YYYY 07:03:00 AM	19 h	16,95	69,58	47	61,045	40,90333	23,00667					
12/04/YYYY 07:02:00 AM	19 h	17,08	69,37	43,96	61,045	40,90333	23,00667					
12/04/YYYY 07:01:00 AM	19 h	17,53	67,3	35,96	61,045	40,90333	23,00667					

12/04/YYYY 07:00:00 AM	19 h	22,55	23,14	23,03	61,045	40,90333	23,00667	2,5233 kWh	1,3413 kWh	1,1819 kWh	2,4617 kWh	1,1203 kWh
12/04/YYYY 01:02:00 AM	13 h	16,46	64,39	35,94	49,93667	29,09	10,81333					
12/04/YYYY 01:01:00 AM	13 h	16,87	63,19	29,49	49,93667	29,09	10,81333					
12/04/YYYY 01:00:00 AM	13 h	21,5	22,23	21,84	49,93667	29,09	10,81333	0,9240 kWh	0,3149 kWh	0,6091 kWh	1,2198 kWh	0,9049 kWh
12/04/YYYY 09:03:00 AM	9 h	16,74	59,18	22,85	51,4325	22,54	4,8625					
12/04/YYYY 09:02:00 AM	9 h	16,79	59,16	22,66	51,4325	22,54	4,8625					
12/04/YYYY 09:01:00 AM	9 h	17,2	57,08	22,18	51,4325	22,54	4,8625					
12/04/YYYY 09:00:00 AM	9 h	19,98	30,31	22,47	51,4325	22,54	4,8625	0,9853 kWh	0,1416 kWh	0,8438 kWh	1,2372 kWh	1,0956 kWh
12/04/YYYY 08:02:00 AM	8 h	16,94	59,42	22,62	58,68	22,02	4,63					
12/04/YYYY 08:01:00 AM	8 h	17,84	57,94	21,42	58,68	22,02	4,63	1,2067 kWh	0,1348 kWh	1,0719 kWh	1,2455 kWh	1,1107 kWh
04-13-2013 09:03:00	21 h	18,32	62,06	41,67	62,49667	39,32667	21,15667					
04-13-2013 09:02:00	21 h	17,85	62,7	40,32	62,49667	39,32667	21,15667					
04-13-2013 09:01:00	21 h	18,34	62,73	35,99	62,49667	39,32667	21,15667	1,2965 kWh	0,6166 kWh	0,6799 kWh	1,2229 kWh	0,6063 kWh
04-13-2013 08:05:00	20 h	17,65	66,31	47,09	61,43833	42,90167	24,3					
04-13-2013 08:04:00	20 h	18,09	66,95	47,19	61,43833	42,90167	24,3					
04-13-2013 08:03:00	20 h	18,38	67,8	46,96	61,43833	42,90167	24,3					
04-13-2013 08:02:00	20 h	18	68,55	45,15	61,43833	42,90167	24,3					
04-13-2013 08:01:00	20 h	18,39	67,24	39,67	61,43833	42,90167	24,3					
04-13-2013 08:00:00	20 h	21,1	31,78	31,35	61,43833	42,90167	24,3	2,5056 kWh	1,4172 kWh	1,0884 kWh	2,4208 kWh	1,0036 kWh
04-13-2013 07:06:00	19 h	17,27	53,35	52,02	55,23333	49,14667	31,02					
04-13-2013 07:05:00	19 h	17,61	53,94	52,51	55,23333	49,14667	31,02					
04-13-2013 07:04:00	19 h	18,09	54,96	52,29	55,23333	49,14667	31,02					
04-13-2013 07:03:00	19 h	18,63	55,98	51,5	55,23333	49,14667	31,02					
04-13-2013 07:02:00	19 h	18,44	56,26	47,99	55,23333	49,14667	31,02					
04-13-2013 07:01:00	19 h	18,72	56,91	38,57	55,23333	49,14667	31,02	2,1678 kWh	1,8105 kWh	0,3573 kWh	2,4483 kWh	0,6378 kWh
04-13-2013 01:02:00	13 h	17,87	62,42	38,51	62,975	35,405	17,245					
04-13-2013 01:01:00	13 h	18,45	63,53	32,3	62,975	35,405	17,245	1,3109 kWh	0,5024 kWh	0,8085 kWh	1,2232 kWh	0,7208 kWh
04-13-2013 09:02:00	9 h	17,37	63,11	24,79	62,46	24,365	6,525					
04-13-2013 09:01:00	9 h	18,31	61,81	23,94	62,46	24,365	6,525	1,3050 kWh	0,1900 kWh	1,1150 kWh	1,2325 kWh	1,0425 kWh
04-13-2013 08:02:00	8 h	17,49	63,92	24,99	49,67333	23,58333	4,213333					
04-13-2013 08:01:00	8 h	18,44	62,49	23,15	49,67333	23,58333	4,213333					
04-13-2013 08:00:00	8 h	22,18	22,61	22,61	49,67333	23,58333	4,213333	0,8846 kWh	0,1227 kWh	0,7619 kWh	1,1881 kWh	1,0654 kWh
04-14-2013 09:04:00	21 h	18,45	62,43	43,54	57,974	39,508	20,102					
04-14-2013 09:03:00	21 h	18,97	63,6	43,56	57,974	39,508	20,102					
04-14-2013 09:02:00	21 h	18,87	64,27	42,16	57,974	39,508	20,102					
04-14-2013 09:01:00	21 h	18,72	63,87	36,92	57,974	39,508	20,102					
04-14-2013 09:00:00	21 h	22,02	35,7	31,36	57,974	39,508	20,102	1,1274 kWh	0,5860 kWh	0,5414 kWh	1,1870 kWh	0,6010 kWh
04-14-2013 08:05:00	20 h	18,29	67,68	48,85	62,665	44,30667	24,97					

04-14-2013 08:04:00 20 h	18,85	68,42	48,89	62,665	44,30667	24,97					
04-14-2013 08:03:00 20 h	19,2	69,09	48,49	62,665	44,30667	24,97					
04-14-2013 08:02:00 20 h	18,77	69,67	46,51	62,665	44,30667	24,97					
04-14-2013 08:01:00 20 h	18,92	68,55	40,74	62,665	44,30667	24,97					
04-14-2013 08:00:00 20 h	21,99	32,58	32,36	62,665	44,30667	24,97	2,5353 kWh	1,4566 kWh	1,0786 kWh	2,3781 kWh	0,9215 kWh
04-14-2013 07:06:00 19 h	18,28	55,19	53,34	57,01167	50,14667	30,9					
04-14-2013 07:05:00 19 h	18,96	55,99	53,79	57,01167	50,14667	30,9					
04-14-2013 07:04:00 19 h	19,72	56,99	53,57	57,01167	50,14667	30,9					
04-14-2013 07:03:00 19 h	20,18	57,72	52,45	57,01167	50,14667	30,9					
04-14-2013 07:02:00 19 h	19,29	57,94	48,72	57,01167	50,14667	30,9					
04-14-2013 07:01:00 19 h	19,05	58,24	39,01	57,01167	50,14667	30,9	2,2074 kWh	1,8041 kWh	0,4033 kWh	2,3833 kWh	0,5793 kWh
04-14-2013 01:02:00 13 h	18,6	66,6	42,4	66,66	38,685	19,905					
04-14-2013 01:01:00 13 h	18,96	66,72	34,97	66,66	38,685	19,905	1,4018 kWh	0,5802 kWh	0,8216 kWh	1,2052 kWh	0,6250 kWh
04-14-2013 09:02:00 9 h	18,02	64,46	26,66	63,99	26,025	7,575					
04-14-2013 09:01:00 9 h	18,88	63,52	25,39	63,99	26,025	7,575	1,3325 kWh	0,2206 kWh	1,1119 kWh	1,2148 kWh	0,9942 kWh
04-14-2013 08:03:00 8 h	18,43	64,41	27,61	53,94	25,4525	6,0175					
04-14-2013 08:02:00 8 h	17,9	64,76	26,76	53,94	25,4525	6,0175					
04-14-2013 08:01:00 8 h	18,93	63,66	24,54	53,94	25,4525	6,0175					
04-14-2013 08:00:00 8 h	22,48	22,93	22,9	53,94	25,4525	6,0175	1,0079 kWh	0,1752 kWh	0,8327 kWh	1,1862 kWh	1,0110 kWh
04-15-2013 09:04:00 21 h	17,87	64,99	33,32	59,42	31,812	12,864					
04-15-2013 09:03:00 21 h	18,17	65,33	33,38	59,42	31,812	12,864					
04-15-2013 09:02:00 21 h	18,25	65,82	32,94	59,42	31,812	12,864					
04-15-2013 09:01:00 21 h	18,43	65,32	30,68	59,42	31,812	12,864					
04-15-2013 09:00:00 21 h	22,02	35,64	28,74	59,42	31,812	12,864	1,1832 kWh	0,3747 kWh	0,8085 kWh	1,2003 kWh	0,8256 kWh
04-15-2013 08:05:00 20 h	17,52	64,45	37,32	58,915	35,515	16,87					
04-15-2013 08:04:00 20 h	17,68	63,9	37,78	58,915	35,515	16,87					
04-15-2013 08:03:00 20 h	17,96	63,25	37,74	58,915	35,515	16,87					
04-15-2013 08:02:00 20 h	18,19	63,57	36,8	58,915	35,515	16,87					
04-15-2013 08:01:00 20 h	18,65	63,9	33,78	58,915	35,515	16,87					
04-15-2013 08:00:00 20 h	21,87	34,42	29,67	58,915	35,515	16,87	2,3543 kWh	0,9831 kWh	1,3713 kWh	2,4183 kWh	1,4352 kWh
04-15-2013 07:06:00 19 h	17,34	61,93	42,1	62,68667	40,1	22,06333					
04-15-2013 07:05:00 19 h	17,49	61,5	42,58	62,68667	40,1	22,06333					
04-15-2013 07:04:00 19 h	17,72	62,04	42,59	62,68667	40,1	22,06333					
04-15-2013 07:03:00 19 h	18,05	63,25	42,38	62,68667	40,1	22,06333					
04-15-2013 07:02:00 19 h	18,56	63,96	39,13	62,68667	40,1	22,06333					
04-15-2013 07:01:00 19 h	19,06	63,44	31,82	62,68667	40,1	22,06333	2,6120 kWh	1,2862 kWh	1,3257 kWh	2,4535 kWh	1,1673 kWh
04-15-2013 01:02:00 13 h	17,37	66,02	29,9	51,67	27,04	7,52					
04-15-2013 01:01:00 13 h	17,79	64,51	27,13	51,67	27,04	7,52					

04-15-2013 01:00:00 13 h	23,4	24,48	24,09	51,67	27,04	7,52	0,9388 kWh	0,2190 kWh	0,7198 kWh	1,1837 kWh	0,9648 kWh
04-15-2013 09:03:00 9 h	18,69	64,09	28,76	56,735	27,63	8,09					
04-15-2013 09:02:00 9 h	18,34	64,55	28,38	56,735	27,63	8,09					
04-15-2013 09:01:00 9 h	19,03	64,01	27,15	56,735	27,63	8,09					
04-15-2013 09:00:00 9 h	22,1	34,29	26,23	56,735	27,63	8,09	1,0870 kWh	0,2356 kWh	0,8514 kWh	1,1832 kWh	0,9476 kWh
04-15-2013 08:02:00 8 h	18,52	65,22	28,38	64,86	27,185	8,365					
04-15-2013 08:01:00 8 h	19,12	64,5	25,99	64,86	27,185	8,365	1,3474 kWh	0,2436 kWh	1,1038 kWh	1,2040 kWh	0,9605 kWh
04-16-2013 09:04:00 21 h	17,96	62,72	43,99	58,416	39,722	20,628					
04-16-2013 09:03:00 21 h	18,22	63,82	43,9	58,416	39,722	20,628					
04-16-2013 09:02:00 21 h	18,48	64,66	42,13	58,416	39,722	20,628					
04-16-2013 09:01:00 21 h	18,58	64,95	36,97	58,416	39,722	20,628					
04-16-2013 09:00:00 21 h	22,23	35,93	31,62	58,416	39,722	20,628	1,1494 kWh	0,6013 kWh	0,5481 kWh	1,1961 kWh	0,5948 kWh
04-16-2013 08:05:00 20 h	17,86	68,04	49,14	60,125	44,66833	25,68667					
04-16-2013 08:04:00 20 h	18,1	68,06	49,26	60,125	44,66833	25,68667					
04-16-2013 08:03:00 20 h	18,6	53,16	48,85	60,125	44,66833	25,68667					
04-16-2013 08:02:00 20 h	18,45	70,07	46,93	60,125	44,66833	25,68667					
04-16-2013 08:01:00 20 h	18,84	68,31	41,24	60,125	44,66833	25,68667					
04-16-2013 08:00:00 20 h	22,04	33,11	32,59	60,125	44,66833	25,68667	2,4061 kWh	1,4985 kWh	0,9076 kWh	2,3987 kWh	0,9003 kWh
04-16-2013 07:06:00 19 h	17,63	55,83	53,86	57,60333	50,405	32,15					
04-16-2013 07:05:00 19 h	17,84	56,52	54,27	57,60333	50,405	32,15					
04-16-2013 07:04:00 19 h	18,14	57,59	54,1	57,60333	50,405	32,15					
04-16-2013 07:03:00 19 h	18,48	58,23	53,1	57,60333	50,405	32,15					
04-16-2013 07:02:00 19 h	18,56	58,58	48,7	57,60333	50,405	32,15					
04-16-2013 07:01:00 19 h	18,88	58,87	38,4	57,60333	50,405	32,15	2,2997 kWh	1,8768 kWh	0,4229 kWh	2,4409 kWh	0,5641 kWh
04-16-2013 01:02:00 13 h	17,57	64,87	41,32	64,635	37,67	19,86					
04-16-2013 01:01:00 13 h	18,05	64,4	34,02	64,635	37,67	19,86	1,3701 kWh	0,5787 kWh	0,7913 kWh	1,2333 kWh	0,6546 kWh
04-16-2013 09:02:00 9 h	18,02	58,57	23,76	58,075	23,565	5,11					
04-16-2013 09:01:00 9 h	18,89	57,58	23,37	58,075	23,565	5,11	1,1580 kWh	0,1488 kWh	1,0092 kWh	1,2146 kWh	1,0659 kWh
04-16-2013 08:03:00 8 h	18,49	60,08	24,14	50,45	23,4875	3,7725					
04-16-2013 08:02:00 8 h	18,66	60,21	23,76	50,45	23,4875	3,7725					
04-16-2013 08:01:00 8 h	18,82	58,28	22,67	50,45	23,4875	3,7725					
04-16-2013 08:00:00 8 h	22,89	23,23	23,38	50,45	23,4875	3,7725	0,8973 kWh	0,1098 kWh	0,7875 kWh	1,1781 kWh	1,0682 kWh
04-17-2013 09:03:00 21 h	19,04	66,48	45,99	59,0275	40,525	20,52					
04-17-2013 09:02:00 21 h	19,06	67,27	44,3	59,0275	40,525	20,52					
04-17-2013 09:01:00 21 h	19,25	66,18	39,17	59,0275	40,525	20,52					
04-17-2013 09:00:00 21 h	22,67	36,18	32,64	59,0275	40,525	20,52	1,1410 kWh	0,5983 kWh	0,5427 kWh	1,1697 kWh	0,5714 kWh
04-17-2013 08:06:00 20 h	17,88	70,25	50,79	58,95333	49,24	30,90667					
04-17-2013 08:05:00 20 h	18	64,75	51,35	58,95333	49,24	30,90667					

04-17-2013 08:04:00 20 h	18,18	53,56	51,53	58,95333	49,24	30,90667					
04-17-2013 08:03:00 20 h	18,36	54,12	50,91	58,95333	49,24	30,90667					
04-17-2013 08:02:00 20 h	18,57	54,83	48,67	58,95333	49,24	30,90667					
04-17-2013 08:01:00 20 h	19,01	56,21	42,19	58,95333	49,24	30,90667	2,3747 kWh	1,8040 kWh	0,5707 kWh	2,4363 kWh	0,6324 kWh
04-17-2013 07:05:00 19 h	18,44	58,67	56,35	59,96	51,772	32,766					
04-17-2013 07:04:00 19 h	18,88	59,91	56,21	59,96	51,772	32,766					
04-17-2013 07:03:00 19 h	19,11	60,01	55,02	59,96	51,772	32,766					
04-17-2013 07:02:00 19 h	19,11	60,64	50,88	59,96	51,772	32,766					
04-17-2013 07:01:00 19 h	19,49	60,57	40,4	59,96	51,772	32,766	2,3949 kWh	1,9134 kWh	0,4815 kWh	2,3973 kWh	0,4839 kWh
04-17-2013 01:02:00 13 h	17,73	72,06	43,91	70,135	39,885	21,925					
04-17-2013 01:01:00 13 h	18,19	68,21	35,86	70,135	39,885	21,925	1,5284 kWh	0,6391 kWh	0,8893 kWh	1,2290 kWh	0,5899 kWh
04-17-2013 09:02:00 9 h	18,36	64,67	28,22	54,16	27	7,066667					
04-17-2013 09:01:00 9 h	18,97	63,97	26,64	54,16	27	7,066667					
04-17-2013 09:00:00 9 h	22,47	33,84	26,14	54,16	27	7,066667	0,9999 kWh	0,2058 kWh	0,7941 kWh	1,1717 kWh	0,9660 kWh
04-17-2013 08:03:00 8 h	19,44	64,83	29,16	54,58	26,76	6,445					
04-17-2013 08:02:00 8 h	19,1	64,91	28,19	54,58	26,76	6,445					
04-17-2013 08:01:00 8 h	19,31	64,46	25,66	54,58	26,76	6,445					
04-17-2013 08:00:00 8 h	23,41	24,12	24,03	54,58	26,76	6,445	1,0012 kWh	0,1877 kWh	0,8135 kWh	1,1607 kWh	0,9730 kWh
04-18-2013 09:03:00 21 h	19,26	64,43	44,28	57,465	39,2	19,26					
04-18-2013 09:02:00 21 h	19,06	65,03	42,7	57,465	39,2	19,26					
04-18-2013 09:01:00 21 h	19,14	64,43	37,97	57,465	39,2	19,26					
04-18-2013 09:00:00 21 h	22,3	35,97	31,85	57,465	39,2	19,26	1,0969 kWh	0,5615 kWh	0,5354 kWh	1,1715 kWh	0,6101 kWh
04-18-2013 08:05:00 20 h	17,86	68,22	49,28	66,488	46,818	28,444					
04-18-2013 08:04:00 20 h	17,97	70,23	49,31	66,488	46,818	28,444					
04-18-2013 08:03:00 20 h	18,28	67,99	48,79	66,488	46,818	28,444					
04-18-2013 08:02:00 20 h	18,62	57,31	46,43	66,488	46,818	28,444					
04-18-2013 08:01:00 20 h	19,14	68,69	40,28	66,488	46,818	28,444	2,8169 kWh	1,6596 kWh	1,1573 kWh	2,4340 kWh	0,7743 kWh
04-18-2013 07:05:00 19 h	18,5	56,17	53,86	57,264	49,518	30,512					
04-18-2013 07:04:00 19 h	18,84	56,87	53,49	57,264	49,518	30,512					
04-18-2013 07:03:00 19 h	19,17	57,49	52,41	57,264	49,518	30,512					
04-18-2013 07:02:00 19 h	19,11	57,73	48,75	57,264	49,518	30,512					
04-18-2013 07:01:00 19 h	19,41	58,06	39,08	57,264	49,518	30,512	2,2362 kWh	1,7812 kWh	0,4550 kWh	2,3973 kWh	0,6161 kWh
04-18-2013 01:02:00 13 h	18,18	68,93	43,25	53,62667	34,21333	13,97667					
04-18-2013 01:01:00 13 h	18,77	67,42	35,12	53,62667	34,21333	13,97667					
04-18-2013 01:00:00 13 h	23,76	24,53	24,27	53,62667	34,21333	13,97667	0,9754 kWh	0,4072 kWh	0,5682 kWh	1,1629 kWh	0,7557 kWh
04-18-2013 09:03:00 9 h	18,97	64,69	29,6	56,9975	28,165	8,1925					
04-18-2013 09:02:00 9 h	18,76	64,99	29,12	56,9975	28,165	8,1925					
04-18-2013 09:01:00 9 h	19,62	64,39	27,37	56,9975	28,165	8,1925					

04-18-2013 09:00:00 9 h	22,54	33,92	26,57	56,9975	28,165	8,1925	1,0822 kWh	0,2386 kWh	0,8436 kWh	1,1706 kWh	0,9320 kWh
04-18-2013 08:02:00 8 h	19,98	64,94	29,15	50,89667	26,63	5,41					
04-18-2013 08:01:00 8 h	19,96	63,36	26,41	50,89667	26,63	5,41					
04-18-2013 08:00:00 8 h	23,72	24,39	24,33	50,89667	26,63	5,41	0,8667 kWh	0,1576 kWh	0,7091 kWh	1,1344 kWh	0,9768 kWh
04-19-2013 09:03:00 21 h	18,25	62,32	42,48	56,0325	37,715	18,445					
04-19-2013 09:02:00 21 h	18,34	63,96	40,98	56,0325	37,715	18,445					
04-19-2013 09:01:00 21 h	18,68	62,76	36,63	56,0325	37,715	18,445					
04-19-2013 09:00:00 21 h	21,81	35,09	30,77	56,0325	37,715	18,445	1,0742 kWh	0,5376 kWh	0,5366 kWh	1,1910 kWh	0,6534 kWh
04-19-2013 08:06:00 20 h	17,62	65,36	46,84	67,695	45,32167	27,02					
04-19-2013 08:05:00 20 h	17,76	67,39	47,33	67,695	45,32167	27,02					
04-19-2013 08:04:00 20 h	18,04	67,77	47,35	67,695	45,32167	27,02					
04-19-2013 08:03:00 20 h	18,4	70,44	46,85	67,695	45,32167	27,02					
04-19-2013 08:02:00 20 h	18,84	67,77	44,74	67,695	45,32167	27,02					
04-19-2013 08:01:00 20 h	19,15	67,44	38,82	67,695	45,32167	27,02	2,8925 kWh	1,5762 kWh	1,3163 kWh	2,4382 kWh	0,8619 kWh
04-19-2013 07:05:00 19 h	18,32	53,62	51,8	54,894	47,124	28,206					
04-19-2013 07:04:00 19 h	18,7	53,96	51,34	54,894	47,124	28,206					
04-19-2013 07:03:00 19 h	18,99	54,9	50,47	54,894	47,124	28,206					
04-19-2013 07:02:00 19 h	19,03	55,05	46,97	54,894	47,124	28,206					
04-19-2013 07:01:00 19 h	19,55	56,94	35,04	54,894	47,124	28,206	2,1019 kWh	1,6460 kWh	0,4559 kWh	2,4024 kWh	0,7565 kWh
04-19-2013 01:02:00 13 h	18,85	66,01	41,61	51,63	32,73667	12,66					
04-19-2013 01:01:00 13 h	19	65,65	33,62	51,63	32,73667	12,66					
04-19-2013 01:00:00 13 h	22,38	23,23	22,98	51,63	32,73667	12,66	0,9214 kWh	0,3688 kWh	0,5526 kWh	1,1676 kWh	0,7988 kWh
04-19-2013 09:03:00 9 h	18,67	64,48	28,71	56,445	27,1975	7,755					
04-19-2013 09:02:00 9 h	18,27	64,84	28,16	56,445	27,1975	7,755					
04-19-2013 09:01:00 9 h	19,17	63,92	26,5	56,445	27,1975	7,755					
04-19-2013 09:00:00 9 h	21,66	32,54	25,42	56,445	27,1975	7,755	1,0813 kWh	0,2258 kWh	0,8555 kWh	1,1860 kWh	0,9602 kWh
04-19-2013 08:02:00 8 h	19,07	64,94	28,04	64,055	26,555	7,485					
04-19-2013 08:01:00 8 h	19,07	63,17	25,07	64,055	26,555	7,485	1,3164 kWh	0,2180 kWh	1,0984 kWh	1,1968 kWh	0,9788 kWh
04-20-2013 09:04:00 21 h	18,8	62,55	43,68	58,03	39,602	19,952					
04-20-2013 09:03:00 21 h	19,11	63,72	43,68	58,03	39,602	19,952					
04-20-2013 09:02:00 21 h	19,13	64,33	42,26	58,03	39,602	19,952					
04-20-2013 09:01:00 21 h	19,18	63,93	37,09	58,03	39,602	19,952					
04-20-2013 09:00:00 21 h	22,03	35,62	31,3	58,03	39,602	19,952	1,1219 kWh	0,5816 kWh	0,5403 kWh	1,1800 kWh	0,5983 kWh
04-20-2013 08:05:00 20 h	17,99	68,48	48,8	62,79667	44,29833	25,26167					
04-20-2013 08:04:00 20 h	18,23	68,35	48,84	62,79667	44,29833	25,26167					
04-20-2013 08:03:00 20 h	18,43	69,11	48,47	62,79667	44,29833	25,26167					
04-20-2013 08:02:00 20 h	18,65	69,58	46,56	62,79667	44,29833	25,26167					
04-20-2013 08:01:00 20 h	19,04	68,68	40,88	62,79667	44,29833	25,26167					

04-20-2013 08:00:00 20 h	21,88	32,58	32,24	62,79667	44,29833	25,26167	2,5604 kWh	1,4736 kWh	1,0868 kWh	2,3955 kWh	0,9219 kWh
04-20-2013 07:05:00 19 h	18,15	55,25	53,68	56,686	49,316	30,422					
04-20-2013 07:04:00 19 h	18,49	56,31	53,39	56,686	49,316	30,422					
04-20-2013 07:03:00 19 h	18,91	57,03	52,4	56,686	49,316	30,422					
04-20-2013 07:02:00 19 h	19,28	57,1	48,71	56,686	49,316	30,422					
04-20-2013 07:01:00 19 h	19,64	57,74	38,4	56,686	49,316	30,422	2,2087 kWh	1,7758 kWh	0,4329 kWh	2,4038 kWh	0,6280 kWh
04-20-2013 01:02:00 13 h	19,39	65,55	41,12	51,87	32,76	12,33					
04-20-2013 01:01:00 13 h	19,17	66,5	33,88	51,87	32,76	12,33					
04-20-2013 01:00:00 13 h	22,73	23,56	23,28	51,87	32,76	12,33	0,9182 kWh	0,3592 kWh	0,5590 kWh	1,1573 kWh	0,7981 kWh
04-20-2013 09:02:00 9 h	17,71	64,61	27,62	64,43	26,935	9,14					
04-20-2013 09:01:00 9 h	17,88	64,25	26,25	64,43	26,935	9,14	1,3644 kWh	0,2661 kWh	1,0983 kWh	1,2338 kWh	0,9676 kWh
04-20-2013 08:02:00 8 h	17,96	64,74	27,64	50,72333	25,40667	5,693333					
04-20-2013 08:01:00 8 h	18,45	63,96	25,09	50,72333	25,40667	5,693333					
04-20-2013 08:00:00 8 h	22,73	23,47	23,49	50,72333	25,40667	5,693333	0,9054 kWh	0,1658 kWh	0,7396 kWh	1,1781 kWh	1,0123 kWh
04-21-2013 09:03:00 21 h	20,35	65,03	44,99	65,33	42,21667	22,3					
04-21-2013 09:02:00 21 h	19,6	65,71	43,36	65,33	42,21667	22,3					
04-21-2013 09:01:00 21 h	19,8	65,25	38,3	65,33	42,21667	22,3	1,3295 kWh	0,6503 kWh	0,6792 kWh	1,1722 kWh	0,5219 kWh
04-21-2013 08:05:00 20 h	19,05	68,89	50,36	56,23667	45,42667	25,04833					
04-21-2013 08:04:00 20 h	19,63	69,22	50,44	56,23667	45,42667	25,04833					
04-21-2013 08:03:00 20 h	20,43	53,45	49,96	56,23667	45,42667	25,04833					
04-21-2013 08:02:00 20 h	20,45	54,32	47,84	56,23667	45,42667	25,04833					
04-21-2013 08:01:00 20 h	19,78	57,92	40,7	56,23667	45,42667	25,04833					
04-21-2013 08:00:00 20 h	22,93	33,62	33,26	56,23667	45,42667	25,04833	2,0961 kWh	1,4616 kWh	0,6344 kWh	2,3177 kWh	0,8560 kWh
04-21-2013 07:05:00 19 h	20,2	56,91	55,25	58,226	50,542	29,782					
04-21-2013 07:04:00 19 h	21,05	57,92	54,98	58,226	50,542	29,782					
04-21-2013 07:03:00 19 h	21,53	58,42	53,88	58,226	50,542	29,782					
04-21-2013 07:02:00 19 h	20,73	58,87	50,2	58,226	50,542	29,782					
04-21-2013 07:01:00 19 h	20,29	59,01	38,4	58,226	50,542	29,782	2,1910 kWh	1,7393 kWh	0,4517 kWh	2,2955 kWh	0,5562 kWh
04-21-2013 01:03:00 13 h	20,83	65,42	45,06	56,1575	37,0625	15,99					
04-21-2013 01:02:00 13 h	20,15	67,22	43,27	56,1575	37,0625	15,99					
04-21-2013 01:01:00 13 h	19,83	67,78	36,02	56,1575	37,0625	15,99					
04-21-2013 01:00:00 13 h	23,48	24,21	23,9	56,1575	37,0625	15,99	1,0255 kWh	0,4661 kWh	0,5595 kWh	1,1387 kWh	0,6726 kWh
04-21-2013 09:02:00 9 h	19,65	64,16	28,28	53,71333	27,02333	6,366667					
04-21-2013 09:01:00 9 h	19,88	63,81	26,93	53,71333	27,02333	6,366667					
04-21-2013 09:00:00 9 h	22,44	33,17	25,86	53,71333	27,02333	6,366667	0,9658 kWh	0,1854 kWh	0,7804 kWh	1,1507 kWh	0,9653 kWh
04-21-2013 08:02:00 8 h	19,27	64,5	28,27	64,23	26,98	7,465					
04-21-2013 08:01:00 8 h	19,76	63,96	25,69	64,23	26,98	7,465	1,3087 kWh	0,2174 kWh	1,0913 kWh	1,1839 kWh	0,9665 kWh
04-22-2013 09:04:00 21 h	18,78	62,97	44,11	58,514	40,022	20,122					

04-22-2013 09:03:00 21 h	19,08	64,15	44,1	58,514	40,022	20,122					
04-22-2013 09:02:00 21 h	19,46	64,89	42,68	58,514	40,022	20,122					
04-22-2013 09:01:00 21 h	19,67	64,58	37,46	58,514	40,022	20,122					
04-22-2013 09:00:00 21 h	22,51	35,98	31,76	58,514	40,022	20,122	1,1289 kWh	0,5866 kWh	0,5423 kWh	1,1727 kWh	0,5861 kWh
04-22-2013 08:05:00 20 h	18,75	68,5	49,29	62,98667	44,72167	24,955					
04-22-2013 08:04:00 20 h	19,05	68,77	49,32	62,98667	44,72167	24,955					
04-22-2013 08:03:00 20 h	19,31	69,48	48,9	62,98667	44,72167	24,955					
04-22-2013 08:02:00 20 h	19,4	68,96	46,92	62,98667	44,72167	24,955					
04-22-2013 08:01:00 20 h	19,66	69,11	41,21	62,98667	44,72167	24,955					
04-22-2013 08:00:00 20 h	22,43	33,1	32,69	62,98667	44,72167	24,955	2,5293 kWh	1,4559 kWh	1,0734 kWh	2,3532 kWh	0,8972 kWh
04-22-2013 07:06:00 19 h	18,64	55,6	53,66	52,67571	46,1	25,85429					
04-22-2013 07:05:00 19 h	19,13	56,16	54,02	52,67571	46,1	25,85429					
04-22-2013 07:04:00 19 h	19,75	57,2	53,85	52,67571	46,1	25,85429					
04-22-2013 07:03:00 19 h	20,1	57,83	52,67	52,67571	46,1	25,85429					
04-22-2013 07:02:00 19 h	19,91	58,13	49	52,67571	46,1	25,85429					
04-22-2013 07:01:00 19 h	20,12	59,16	34,89	52,67571	46,1	25,85429					
04-22-2013 07:00:00 19 h	24,07	24,65	24,61	52,67571	46,1	25,85429	1,8944 kWh	1,5088 kWh	0,3857 kWh	2,3254 kWh	0,8166 kWh
04-22-2013 01:02:00 13 h	18,08	67,44	42,83	53,73333	33,95333	14,00333					
04-22-2013 01:01:00 13 h	18,54	69,7	35,28	53,73333	33,95333	14,00333					
04-22-2013 01:00:00 13 h	23,23	24,06	23,75	53,73333	33,95333	14,00333	0,9869 kWh	0,4080 kWh	0,5789 kWh	1,1713 kWh	0,7633 kWh
04-22-2013 09:02:00 9 h	18,89	64,81	28,74	64,43	27,89	8,675					
04-22-2013 09:01:00 9 h	19,54	64,05	27,04	64,43	27,89	8,675	1,3233 kWh	0,2526 kWh	1,0706 kWh	1,1926 kWh	0,9400 kWh
04-22-2013 08:02:00 8 h	19,11	65,02	28,86	51,11	26,18667	5,48					
04-22-2013 08:01:00 8 h	19,62	64,34	25,71	51,11	26,18667	5,48					
04-22-2013 08:00:00 8 h	23,39	23,97	23,99	51,11	26,18667	5,48	0,8879 kWh	0,1596 kWh	0,7283 kWh	1,1493 kWh	0,9897 kWh
04-23-2013 09:03:00 21 h	20,28	65,32	45,3	58,46	40,24	19,4825					
04-23-2013 09:02:00 21 h	19,72	66,07	43,8	58,46	40,24	19,4825					
04-23-2013 09:01:00 21 h	19,9	65,53	39,21	58,46	40,24	19,4825					
04-23-2013 09:00:00 21 h	23,13	36,92	32,65	58,46	40,24	19,4825	1,1025 kWh	0,5681 kWh	0,5344 kWh	1,1478 kWh	0,5797 kWh
04-23-2013 08:06:00 20 h	18,67	68,35	49,95	61,97333	48,42667	28,86667					
04-23-2013 08:05:00 20 h	18,91	69,2	50,49	61,97333	48,42667	28,86667					
04-23-2013 08:04:00 20 h	19,3	68,05	50,61	61,97333	48,42667	28,86667					
04-23-2013 08:03:00 20 h	20,03	53,73	50,03	61,97333	48,42667	28,86667					
04-23-2013 08:02:00 20 h	20,36	54,36	47,88	61,97333	48,42667	28,86667					
04-23-2013 08:01:00 20 h	20,09	58,15	41,6	61,97333	48,42667	28,86667	2,4815 kWh	1,6850 kWh	0,7965 kWh	2,3652 kWh	0,6802 kWh
04-23-2013 07:05:00 19 h	18,44	56,87	55,24	52,77333	45,83167	25,9					
04-23-2013 07:04:00 19 h	18,59	57,84	54,99	52,77333	45,83167	25,9					
04-23-2013 07:03:00 19 h	18,84	58,32	53,93	52,77333	45,83167	25,9					

04-23-2013 07:02:00 19 h	19,17	58,81	50,43	52,77333	45,83167	25,9					
04-23-2013 07:01:00 19 h	19,9	59,42	35,11	52,77333	45,83167	25,9					
04-23-2013 07:00:00 19 h	24,65	25,38	25,29	52,77333	45,83167	25,9	1,9184 kWh	1,5113 kWh	0,4071 kWh	2,3436 kWh	0,8322 kWh
04-23-2013 01:02:00 13 h	18,31	67,8	43,18	67,66	39,23	20,725					
04-23-2013 01:01:00 13 h	18,7	67,52	35,28	67,66	39,23	20,725	1,4393 kWh	0,6041 kWh	0,8352 kWh	1,2132 kWh	0,6091 kWh
04-23-2013 09:03:00 9 h	19,02	64,71	29,06	56,9	27,6425	7,5025					
04-23-2013 09:02:00 9 h	19,21	65,16	28,58	56,9	27,6425	7,5025					
04-23-2013 09:01:00 9 h	19,73	64,24	26,87	56,9	27,6425	7,5025					
04-23-2013 09:00:00 9 h	22,6	33,49	26,06	56,9	27,6425	7,5025	1,0745 kWh	0,2185 kWh	0,8560 kWh	1,1657 kWh	0,9473 kWh
04-23-2013 08:02:00 8 h	21,08	64,89	28,55	51,12667	26,14	4,53					
04-23-2013 08:01:00 8 h	20,47	64,49	25,99	51,12667	26,14	4,53					
04-23-2013 08:00:00 8 h	23,28	24	23,88	51,12667	26,14	4,53	0,8621 kWh	0,1319 kWh	0,7302 kWh	1,1231 kWh	0,9911 kWh
04-24-2013 09:04:00 21 h	19,69	65,12	46,32	60,358	41,912	21,364					
04-24-2013 09:03:00 21 h	19,82	66,28	46,26	60,358	41,912	21,364					
04-24-2013 09:02:00 21 h	19,71	67,02	44,51	60,358	41,912	21,364					
04-24-2013 09:01:00 21 h	20,03	66,02	39,35	60,358	41,912	21,364					
04-24-2013 09:00:00 21 h	23,49	37,35	33,12	60,358	41,912	21,364	1,1645 kWh	0,6230 kWh	0,5414 kWh	1,1539 kWh	0,5309 kWh
04-24-2013 08:05:00 20 h	19,55	66,45	51,45	53,26333	46,71333	26,155					
04-24-2013 08:04:00 20 h	20,11	53,4	51,51	53,26333	46,71333	26,155					
04-24-2013 08:03:00 20 h	20,64	54,07	51,04	53,26333	46,71333	26,155					
04-24-2013 08:02:00 20 h	19,99	54,74	49	53,26333	46,71333	26,155					
04-24-2013 08:01:00 20 h	19,93	56,38	43,21	53,26333	46,71333	26,155					
04-24-2013 08:00:00 20 h	23,13	34,54	34,07	53,26333	46,71333	26,155	1,9108 kWh	1,5265 kWh	0,3843 kWh	2,3072 kWh	0,7807 kWh
04-24-2013 07:06:00 19 h	18,46	58,01	55,88	54,58857	48,11429	27,89143					
04-24-2013 07:05:00 19 h	18,7	58,34	56,14	54,58857	48,11429	27,89143					
04-24-2013 07:04:00 19 h	19,06	59,41	55,89	54,58857	48,11429	27,89143					
04-24-2013 07:03:00 19 h	19,68	60	54,81	54,58857	48,11429	27,89143					
04-24-2013 07:02:00 19 h	20,02	60,31	51,14	54,58857	48,11429	27,89143					
04-24-2013 07:01:00 19 h	20,48	60,3	37,21	54,58857	48,11429	27,89143					
04-24-2013 07:00:00 19 h	25,16	25,75	25,73	54,58857	48,11429	27,89143	2,0082 kWh	1,6281 kWh	0,3800 kWh	2,3267 kWh	0,6985 kWh
04-24-2013 01:02:00 13 h	19,32	68,63	44,02	68,52	40,245	20,75					
04-24-2013 01:01:00 13 h	19,67	68,41	36,47	68,52	40,245	20,75	1,4361 kWh	0,6049 kWh	0,8311 kWh	1,1845 kWh	0,5795 kWh
04-24-2013 09:02:00 9 h	19,67	66,78	29,21	65,75	28,465	8,645					
04-24-2013 09:01:00 9 h	19,97	64,72	27,72	65,75	28,465	8,645	1,3447 kWh	0,2518 kWh	1,0930 kWh	1,1750 kWh	0,9233 kWh
04-24-2013 08:02:00 8 h	20,3	64,93	29,28	64,695	27,955	7,63					
04-24-2013 08:01:00 8 h	20,35	64,46	26,63	64,695	27,955	7,63	1,2989 kWh	0,2222 kWh	1,0767 kWh	1,1604 kWh	0,9382 kWh
04-25-2013 09:04:00 21 h	20,96	65,12	45,87	59,77	41,768	20,228					
04-25-2013 09:03:00 21 h	21,45	65,49	45,89	59,77	41,768	20,228					

04-25-2013 09:02:00 21 h	20,72	66,24	44,5	59,77	41,768	20,228					
04-25-2013 09:01:00 21 h	20,6	64,56	39,19	59,77	41,768	20,228					
04-25-2013 09:00:00 21 h	23,97	37,44	33,39	59,77	41,768	20,228	1,1183 kWh	0,5900 kWh	0,5283 kWh	1,1251 kWh	0,5351 kWh
04-25-2013 08:05:00 20 h	20,45	64,48	51,17	56,272	48,968	27,944					
04-25-2013 08:04:00 20 h	21,15	53,1	51,23	56,272	48,968	27,944					
04-25-2013 08:03:00 20 h	21,66	53,81	50,79	56,272	48,968	27,944					
04-25-2013 08:02:00 20 h	21,09	54,45	48,76	56,272	48,968	27,944					
04-25-2013 08:01:00 20 h	20,77	55,52	42,89	56,272	48,968	27,944	2,0606 kWh	1,6316 kWh	0,4290 kWh	2,2802 kWh	0,6485 kWh
04-25-2013 07:06:00 19 h	20,01	57,56	55,61	59,13667	51,93667	30,59333					
04-25-2013 07:05:00 19 h	20,82	58,18	55,97	59,13667	51,93667	30,59333					
04-25-2013 07:04:00 19 h	21,71	59,17	55,77	59,13667	51,93667	30,59333					
04-25-2013 07:03:00 19 h	22,25	59,76	54,59	59,13667	51,93667	30,59333					
04-25-2013 07:02:00 19 h	21,86	60,03	50,88	59,13667	51,93667	30,59333					
04-25-2013 07:01:00 19 h	21,41	60,12	38,8	59,13667	51,93667	30,59333	2,2107 kWh	1,7873 kWh	0,4235 kWh	2,2616 kWh	0,4744 kWh
04-25-2013 01:02:00 13 h	21,18	69,06	44,79	68,905	40,885	19,925					
04-25-2013 01:01:00 13 h	20,74	68,75	36,98	68,905	40,885	19,925	1,4050 kWh	0,5810 kWh	0,8240 kWh	1,1419 kWh	0,5609 kWh
04-25-2013 09:02:00 9 h	20,48	64,91	30,06	54,52	28,64	6,926667					
04-25-2013 09:01:00 9 h	20,85	64,3	28,44	54,52	28,64	6,926667					
04-25-2013 09:00:00 9 h	23,81	34,35	27,42	54,52	28,64	6,926667	0,9588 kWh	0,2018 kWh	0,7570 kWh	1,1201 kWh	0,9183 kWh
04-25-2013 08:02:00 8 h	20,28	65,15	30,08	51,77667	27,60667	5,713333					
04-25-2013 08:01:00 8 h	20,72	64,78	27,49	51,77667	27,60667	5,713333					
04-25-2013 08:00:00 8 h	24,68	25,4	25,25	51,77667	27,60667	5,713333	0,8729 kWh	0,1664 kWh	0,7065 kWh	1,1148 kWh	0,9484 kWh
04-26-2013 09:04:00 21 h	19,99	62,5	43,85	63,6625	41,9175	21,5225					
04-26-2013 09:03:00 21 h	20,39	63,79	43,93	63,6625	41,9175	21,5225					
04-26-2013 09:02:00 21 h	20,6	64,41	42,33	63,6625	41,9175	21,5225					
04-26-2013 09:01:00 21 h	20,6	63,95	37,56	63,6625	41,9175	21,5225	1,2664 kWh	0,6277 kWh	0,6387 kWh	1,1583 kWh	0,5307 kWh
04-26-2013 08:05:00 20 h	19,93	67,6	49,05	60,66333	44,67667	23,85					
04-26-2013 08:04:00 20 h	20,42	68,2	49,09	60,66333	44,67667	23,85					
04-26-2013 08:03:00 20 h	20,78	69,02	48,69	60,66333	44,67667	23,85					
04-26-2013 08:02:00 20 h	20,45	57,05	46,78	60,66333	44,67667	23,85					
04-26-2013 08:01:00 20 h	20,3	68,6	41,23	60,66333	44,67667	23,85					
04-26-2013 08:00:00 20 h	23,08	33,51	33,22	60,66333	44,67667	23,85	2,3307 kWh	1,3917 kWh	0,9391 kWh	2,2916 kWh	0,9000 kWh
04-26-2013 07:05:00 19 h	19,41	55,42	53,71	56,776	49,022	28,792					
04-26-2013 07:04:00 19 h	19,81	56,14	53,43	56,776	49,022	28,792					
04-26-2013 07:03:00 19 h	20,24	56,79	52,44	56,776	49,022	28,792					
04-26-2013 07:02:00 19 h	20,63	57,07	48,91	56,776	49,022	28,792					
04-26-2013 07:01:00 19 h	21,06	58,46	36,62	56,776	49,022	28,792	2,1364 kWh	1,6809 kWh	0,4555 kWh	2,3263 kWh	0,6453 kWh
04-26-2013 01:02:00 13 h	19,91	67,2	43,41	67,2	39,87	19,75					

04-26-2013 01:01:00 13 h	20,33	67,28	36,33	67,24	39,87	19,75	1,3801 kWh	0,5758 kWh	0,8043 kWh	1,1663 kWh	0,5905 kWh
04-26-2013 09:02:00 9 h	20,36	64,81	29,68	54,51	28,34	6,783333					
04-26-2013 09:01:00 9 h	20,69	64,53	28,1	54,51	28,34	6,783333					
04-26-2013 09:00:00 9 h	23,62	34,19	27,24	54,51	28,34	6,783333	0,9630 kWh	0,1976 kWh	0,7655 kWh	1,1246 kWh	0,9270 kWh
04-26-2013 08:03:00 8 h	21,74	64,62	30,75	54,7975	28,23	6,33					
04-26-2013 08:02:00 8 h	20,97	65,02	29,78	54,7975	28,23	6,33					
04-26-2013 08:01:00 8 h	20,47	64,4	27,2	54,7975	28,23	6,33					
04-26-2013 08:00:00 8 h	24,42	25,15	25,19	54,7975	28,23	6,33	0,9615 kWh	0,1844 kWh	0,7771 kWh	1,1147 kWh	0,9303 kWh
04-27-2013 09:04:00 21 h	20,56	61,71	41,96	56,652	38,172	17,53					
04-27-2013 09:03:00 21 h	20,57	61,81	42,05	56,652	38,172	17,53					
04-27-2013 09:02:00 21 h	19,64	62,27	40,37	56,652	38,172	17,53					
04-27-2013 09:01:00 21 h	20,09	62,27	35,67	56,652	38,172	17,53					
04-27-2013 09:00:00 21 h	22,35	35,2	30,81	56,652	38,172	17,53	1,0526 kWh	0,5110 kWh	0,5416 kWh	1,1512 kWh	0,6402 kWh
04-27-2013 08:05:00 20 h	20,28	65,82	47,14	61,45167	42,825	22,03667					
04-27-2013 08:04:00 20 h	20,87	66,25	47,12	61,45167	42,825	22,03667					
04-27-2013 08:03:00 20 h	20,66	67	46,76	61,45167	42,825	22,03667					
04-27-2013 08:02:00 20 h	19,75	67,54	44,82	61,45167	42,825	22,03667					
04-27-2013 08:01:00 20 h	20,64	66,52	39,33	61,45167	42,825	22,03667					
04-27-2013 08:00:00 20 h	22,53	35,58	31,78	61,45167	42,825	22,03667	2,3794 kWh	1,2855 kWh	1,0939 kWh	2,2939 kWh	1,0083 kWh
04-27-2013 07:06:00 19 h	20,27	68,95	51,35	57,57667	47,89333	26,85167					
04-27-2013 07:05:00 19 h	21,09	54,21	51,77	57,57667	47,89333	26,85167					
04-27-2013 07:04:00 19 h	21,86	54,59	51,32	57,57667	47,89333	26,85167					
04-27-2013 07:03:00 19 h	21,67	55,38	50,29	57,57667	47,89333	26,85167					
04-27-2013 07:02:00 19 h	20,14	55,55	46,11	57,57667	47,89333	26,85167					
04-27-2013 07:01:00 19 h	21,22	56,78	36,52	57,57667	47,89333	26,85167	2,1364 kWh	1,5676 kWh	0,5688 kWh	2,2791 kWh	0,7116 kWh
04-27-2013 01:02:00 13 h	20,69	65,58	41,65	65,48	37,985	17,25					
04-27-2013 01:01:00 13 h	20,78	65,38	34,32	65,48	37,985	17,25	1,3102 kWh	0,5028 kWh	0,8074 kWh	1,1485 kWh	0,6456 kWh
04-27-2013 09:02:00 9 h	19,89	64,41	28,33	53,85	27,05	5,88					
04-27-2013 09:01:00 9 h	20,69	63,81	26,67	53,85	27,05	5,88					
04-27-2013 09:00:00 9 h	22,93	33,33	26,15	53,85	27,05	5,88	0,9549 kWh	0,1712 kWh	0,7836 kWh	1,1358 kWh	0,9646 kWh
04-27-2013 08:03:00 8 h	20,95	64,47	29,29	54,3075	26,9225	5,6375					
04-27-2013 08:02:00 8 h	19,76	64,59	28,33	54,3075	26,9225	5,6375					
04-27-2013 08:01:00 8 h	20,72	63,99	25,85	54,3075	26,9225	5,6375					
04-27-2013 08:00:00 8 h	23,71	24,18	24,22	54,3075	26,9225	5,6375	0,9650 kWh	0,1642 kWh	0,8008 kWh	1,1325 kWh	0,9683 kWh
04-28-2013 09:03:00 21 h	19,75	61,71	41,3	61,97	38,61333	18,99					
04-28-2013 09:02:00 21 h	19,08	62,03	39,68	61,97	38,61333	18,99					
04-28-2013 09:01:00 21 h	20,04	62,17	34,86	61,97	38,61333	18,99	1,2388 kWh	0,5535 kWh	0,6853 kWh	1,1807 kWh	0,6272 kWh
04-28-2013 08:05:00 20 h	19,72	65,04	46,62	60,83167	41,93	21,81167					

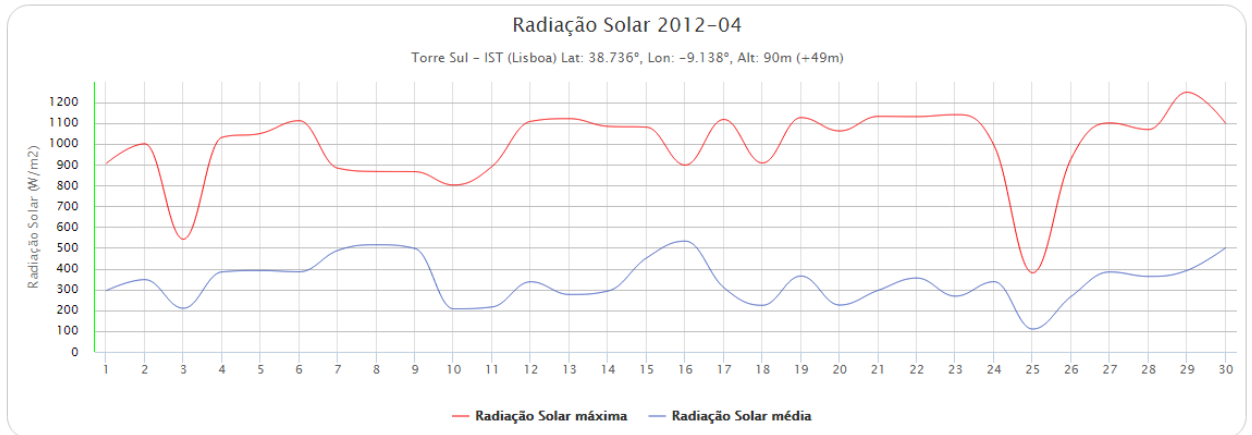
04-28-2013 08:04:00 20 h	20,27	66,02	46,62	60,83167	41,93	21,81167					
04-28-2013 08:03:00 20 h	19,99	66,85	46,22	60,83167	41,93	21,81167					
04-28-2013 08:02:00 20 h	19,3	67,29	44,18	60,83167	41,93	21,81167					
04-28-2013 08:01:00 20 h	20,17	65,41	37,46	60,83167	41,93	21,81167					
04-28-2013 08:00:00 20 h	21,26	34,38	30,48	60,83167	41,93	21,81167	2,3818 kWh	1,2721 kWh	1,1096 kWh	2,3327 kWh	1,0606 kWh
04-28-2013 07:05:00 19 h	20,24	53,85	51,42	55,218	46,462	25,986					
04-28-2013 07:04:00 19 h	20,98	54,44	50,96	55,218	46,462	25,986					
04-28-2013 07:03:00 19 h	20,95	55,16	49,89	55,218	46,462	25,986					
04-28-2013 07:02:00 19 h	19,9	55,43	45,22	55,218	46,462	25,986					
04-28-2013 07:01:00 19 h	20,31	57,21	34,82	55,218	46,462	25,986	2,0305 kWh	1,5166 kWh	0,5139 kWh	2,3120 kWh	0,7954 kWh
04-28-2013 01:02:00 13 h	19,66	64,96	40,67	64,625	36,85	16,93					
04-28-2013 01:01:00 13 h	20,18	64,29	33,03	64,625	36,85	16,93	1,3086 kWh	0,4934 kWh	0,8152 kWh	1,1721 kWh	0,6787 kWh
04-28-2013 09:02:00 9 h	19,09	64,22	26,92	63,73	26,08	6,325					
04-28-2013 09:01:00 9 h	20,42	63,24	25,24	63,73	26,08	6,325	1,2869 kWh	0,1842 kWh	1,1028 kWh	1,1769 kWh	0,9927 kWh
04-28-2013 08:03:00 8 h	19,64	64,14	27,99	53,485	25,2275	5,0625					
04-28-2013 08:02:00 8 h	18,7	64,32	26,89	53,485	25,2275	5,0625					
04-28-2013 08:01:00 8 h	20,43	63,22	23,71	53,485	25,2275	5,0625					
04-28-2013 08:00:00 8 h	21,89	22,26	22,32	53,485	25,2275	5,0625	0,9733 kWh	0,1474 kWh	0,8259 kWh	1,1650 kWh	1,0176 kWh
04-29-2013 09:03:00 21 h	18,38	64,39	28,73	64,26	27,79667	9,373333					
04-29-2013 09:02:00 21 h	18,29	64,64	28,25	64,26	27,79667	9,373333					
04-29-2013 09:01:00 21 h	18,6	63,75	26,41	64,26	27,79667	9,373333	1,3412 kWh	0,2730 kWh	1,0683 kWh	1,2156 kWh	0,9426 kWh
04-29-2013 08:05:00 20 h	17,78	64,45	31,85	59,65167	30,09833	11,7					
04-29-2013 08:04:00 20 h	17,91	64,93	32,1	59,65167	30,09833	11,7					
04-29-2013 08:03:00 20 h	18,05	65,08	31,81	59,65167	30,09833	11,7					
04-29-2013 08:02:00 20 h	18,21	65,96	31,03	59,65167	30,09833	11,7					
04-29-2013 08:01:00 20 h	18,58	64,91	28,18	59,65167	30,09833	11,7					
04-29-2013 08:00:00 20 h	19,86	32,58	25,62	59,65167	30,09833	11,7	2,4120 kWh	0,6815 kWh	1,7305 kWh	2,4326 kWh	1,7511 kWh
04-29-2013 07:05:00 19 h	17,94	65,23	34,65	57,73667	30,25833	11,545					
04-29-2013 07:04:00 19 h	18,2	65,72	34,86	57,73667	30,25833	11,545					
04-29-2013 07:03:00 19 h	18,38	65,25	33,99	57,73667	30,25833	11,545					
04-29-2013 07:02:00 19 h	18,34	65,94	32,06	57,73667	30,25833	11,545					
04-29-2013 07:01:00 19 h	18,84	63,12	24,85	57,73667	30,25833	11,545					
04-29-2013 07:00:00 19 h	20,58	21,16	21,14	57,73667	30,25833	11,545	2,2810 kWh	0,6725 kWh	1,6085 kWh	2,4143 kWh	1,7418 kWh
04-29-2013 01:02:00 13 h	18,18	63,63	35	63,58	32,04	13,67					
04-29-2013 01:01:00 13 h	18,56	63,53	29,08	63,58	32,04	13,67	1,3227 kWh	0,3982 kWh	0,9245 kWh	1,2171 kWh	0,8189 kWh
04-29-2013 09:02:00 9 h	18,63	63,95	26,49	63,19	25,61	6,64					
04-29-2013 09:01:00 9 h	19,31	62,43	24,73	63,19	25,61	6,64	1,2938 kWh	0,1933 kWh	1,1004 kWh	1,1997 kWh	1,0064 kWh
04-29-2013 08:03:00 8 h	19,24	64,39	27,49	53,5025	24,5275	4,57					

04-29-2013 08:02:00 8 h	19,71	65,09	26,33	53,5025	24,5275	4,57					
04-29-2013 08:01:00 8 h	19,96	63,24	22,93	53,5025	24,5275	4,57					
04-29-2013 08:00:00 8 h	20,92	21,29	21,36	53,5025	24,5275	4,57	0,9799 kWh	0,1331 kWh	0,8468 kWh	1,1710 kWh	1,0380 kWh
04-30-2013 09:03:00 21 h	18,03	64,46	28,25	56,56	26,7725	8,175					
04-30-2013 09:02:00 21 h	18,04	64,53	27,84	56,56	26,7725	8,175					
04-30-2013 09:01:00 21 h	18,35	64,16	26,22	56,56	26,7725	8,175					
04-30-2013 09:00:00 21 h	19,97	33,09	24,78	56,56	26,7725	8,175	1,1092 kWh	0,2380 kWh	0,8712 kWh	1,2105 kWh	0,9725 kWh
04-30-2013 08:06:00 20 h	17,4	64,12	30,8	65,04333	30,45333	12,71333					
04-30-2013 08:05:00 20 h	17,45	64,26	31,17	65,04333	30,45333	12,71333					
04-30-2013 08:04:00 20 h	17,57	64,76	31,41	65,04333	30,45333	12,71333					
04-30-2013 08:03:00 20 h	17,77	64,85	31,14	65,04333	30,45333	12,71333					
04-30-2013 08:02:00 20 h	17,99	65,69	30,34	65,04333	30,45333	12,71333					
04-30-2013 08:01:00 20 h	18,26	66,58	27,86	65,04333	30,45333	12,71333	2,7683 kWh	0,7405 kWh	2,0278 kWh	2,4708 kWh	1,7302 kWh
04-30-2013 07:05:00 19 h	17,66	65,72	34,02	65,462	31,974	13,902					
04-30-2013 07:04:00 19 h	17,86	65,43	34,38	65,462	31,974	13,902					
04-30-2013 07:03:00 19 h	18,08	65,51	33,63	65,462	31,974	13,902					
04-30-2013 07:02:00 19 h	18,22	65,98	32,12	65,462	31,974	13,902					
04-30-2013 07:01:00 19 h	18,54	64,67	25,72	65,462	31,974	13,902	2,7738 kWh	0,8098 kWh	1,9639 kWh	2,4515 kWh	1,6416 kWh
04-30-2013 01:03:00 13 h	17,48	65,7	35,14	53,905	29,3025	10,9425					
04-30-2013 01:02:00 13 h	17,7	64,08	33,78	53,905	29,3025	10,9425					
04-30-2013 01:01:00 13 h	18,04	64,82	27,65	53,905	29,3025	10,9425					
04-30-2013 01:00:00 13 h	20,22	21,02	20,64	53,905	29,3025	10,9425	1,0381 kWh	0,3187 kWh	0,7194 kWh	1,2174 kWh	0,8987 kWh
04-30-2013 09:02:00 9 h	18,35	57,39	21,74	56,475	21,495	3,07					
04-30-2013 09:01:00 9 h	18,5	55,56	21,25	56,475	21,495	3,07	1,1117 kWh	0,0894 kWh	1,0224 kWh	1,2155 kWh	1,1261 kWh
04-30-2013 08:03:00 8 h	18,69	58,99	21,86	48,59	20,9775	1,905					
04-30-2013 08:02:00 8 h	18,15	58,52	21,43	48,59	20,9775	1,905					
04-30-2013 08:01:00 8 h	19,48	56,49	20,24	48,59	20,9775	1,905					
04-30-2013 08:00:00 8 h	19,97	20,36	20,38	48,59	20,9775	1,905	0,8614 kWh	0,0555 kWh	0,8060 kWh	1,1967 kWh	1,1413 kWh

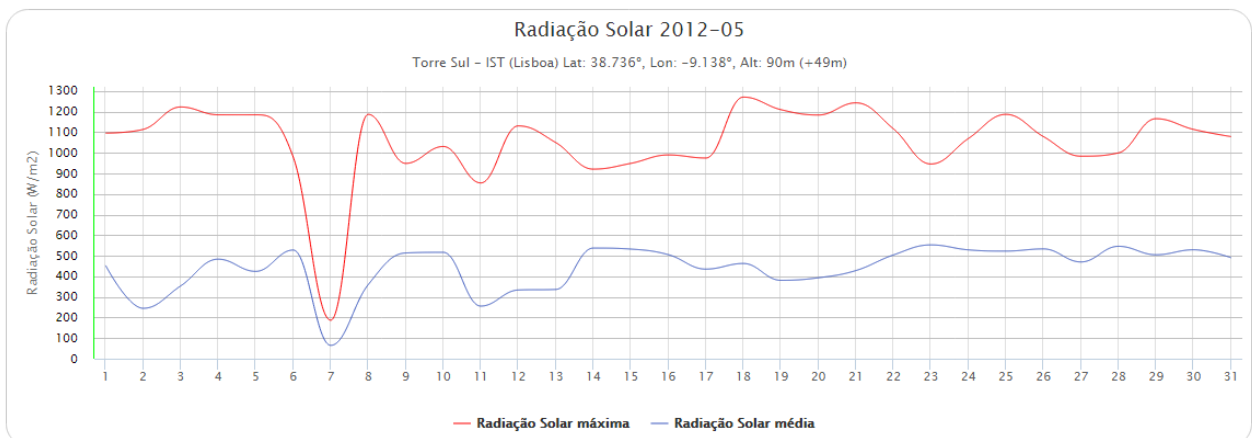
As restantes folhas de cálculo encontram-se exclusivamente na versão digital



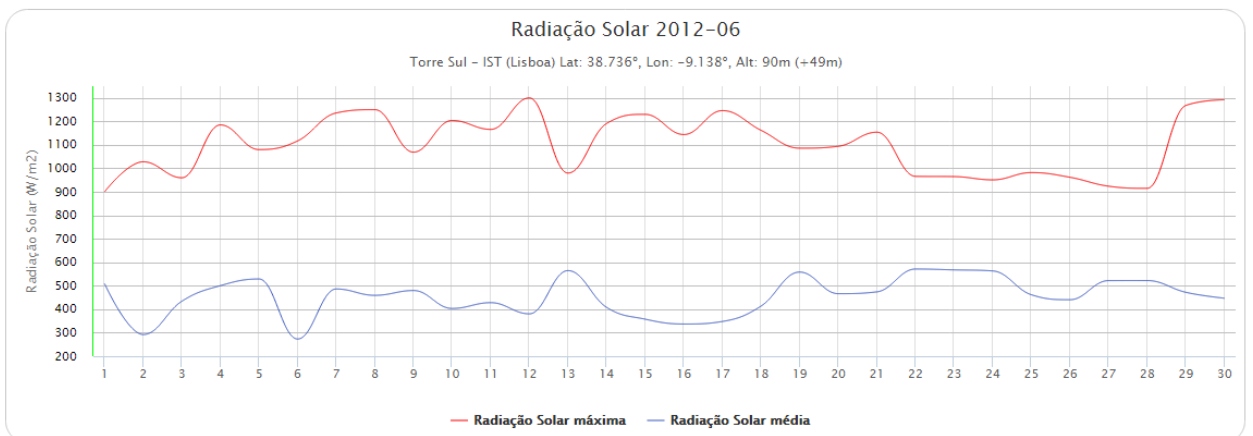
## ANEXO E- Radiação Solar mensal



**FIGURA E.1-RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE ABRIL DE 2012 [34]**



**FIGURA E.2-- RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE MAIO DE 2012 [34]**



**FIGURA E.3 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE JUNHO DE 2012 [34]**

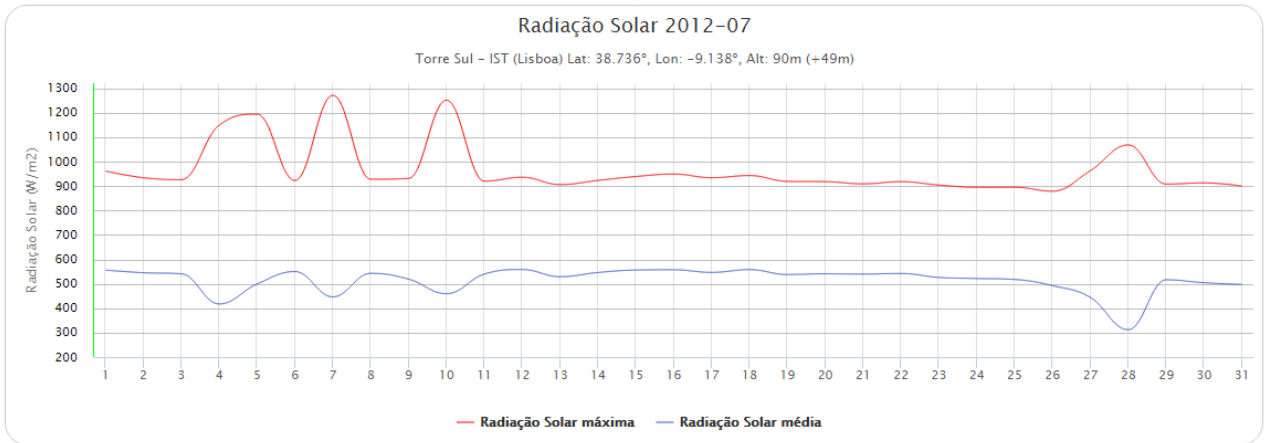


FIGURA E.4 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE JULHO DE 2012 [34]

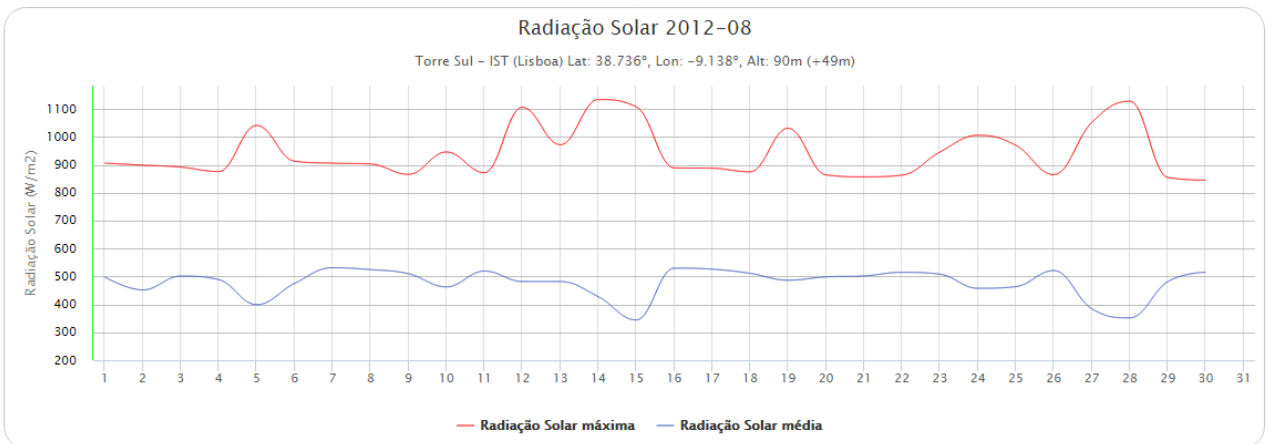


FIGURA E.5 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE AGOSTO DE 2012 [34]

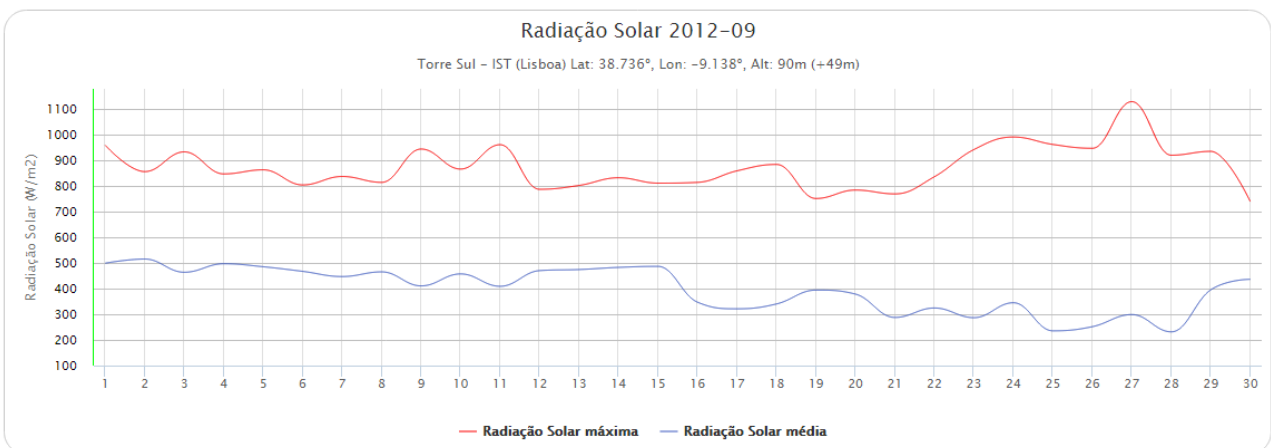
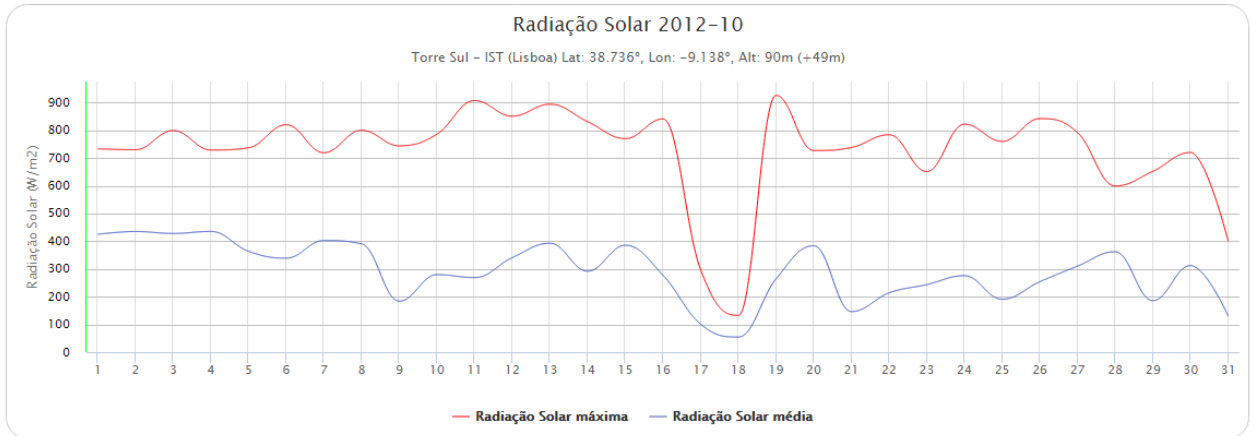
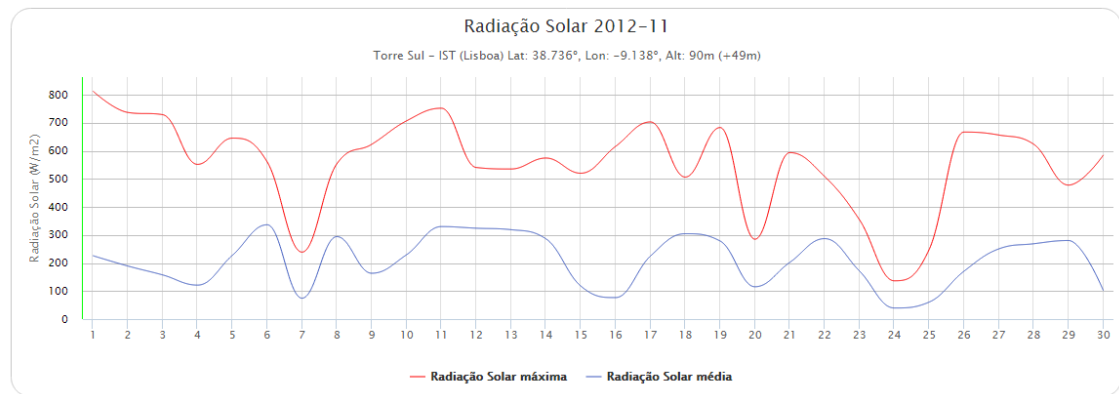


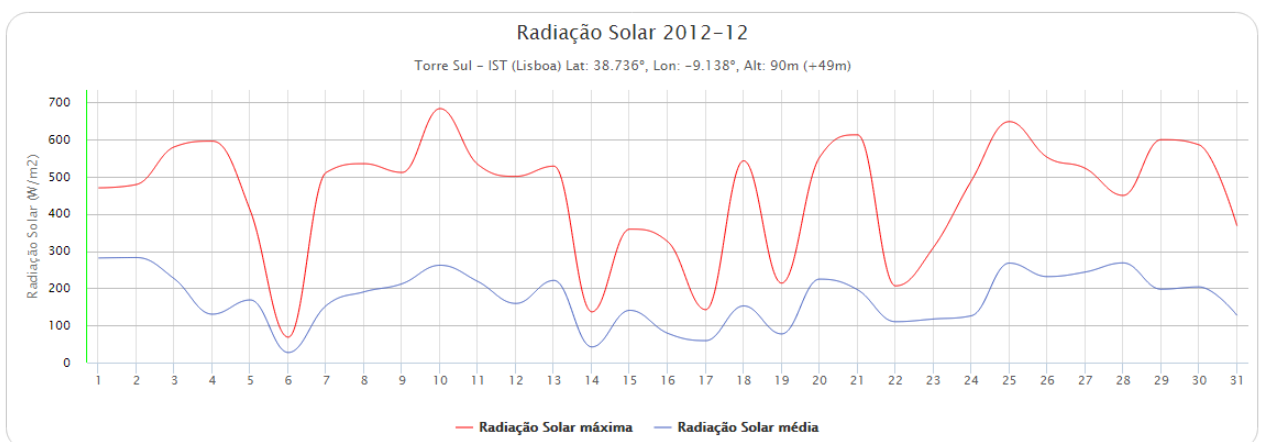
FIGURA E.6 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE SETEMBRO DE 2012 [34]



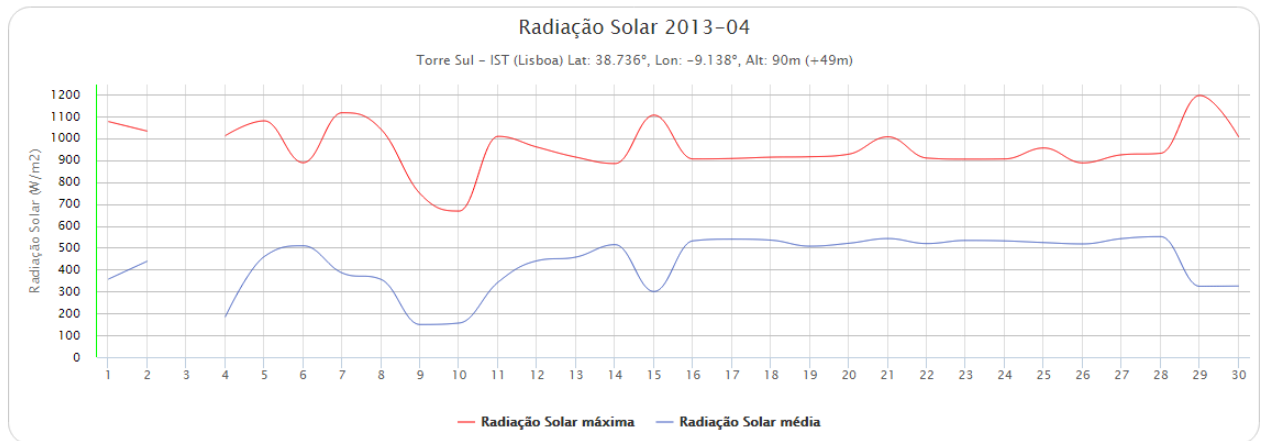
**FIGURA E.7 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE OUTUBRO DE 2012 [34]**



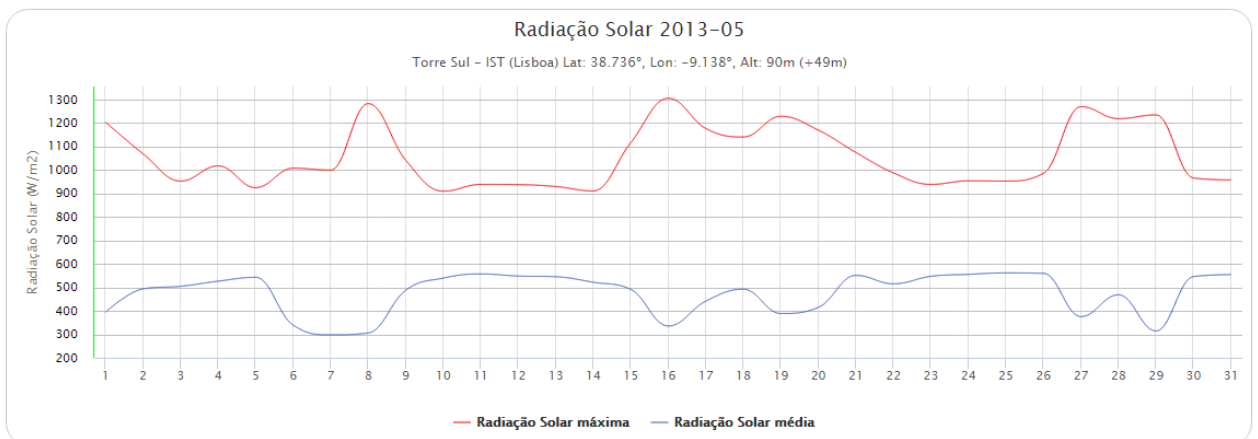
**FIGURA E.8 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE NOVEMBRO DE 2012 [34]**



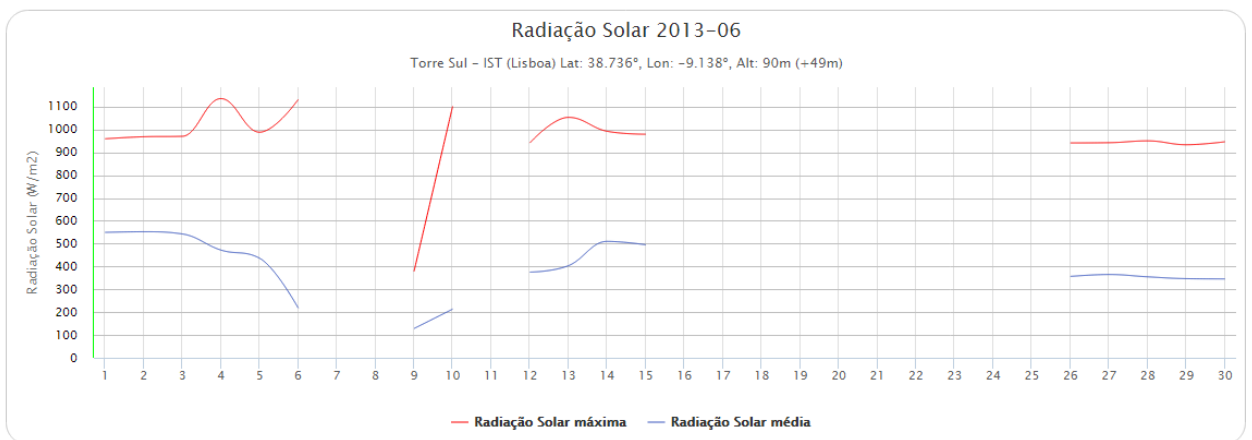
**FIGURA E.9 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE DEZEMBRO DE 2012 [34]**



**FIGURA E.10- RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE ABRIL DE 2013 [34]**



**FIGURA E.11 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE MAIO DE 2013 [34]**



**FIGURA E.12 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE JUNHO DE 2013 [34]**

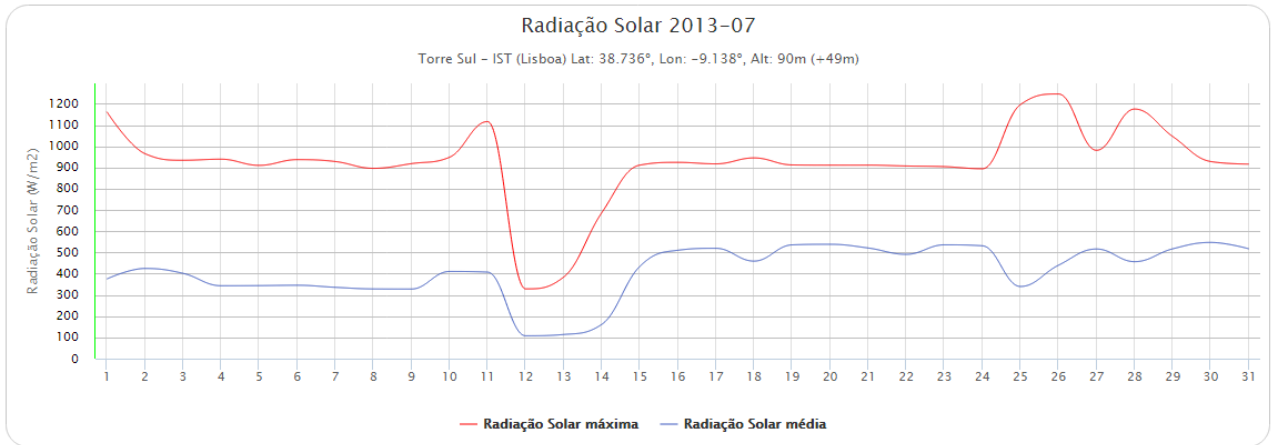


FIGURA E.13 - RADIAÇÃO SOLAR EM DE LISBOA NO MÊS DE JULHO DE 2013 [34]

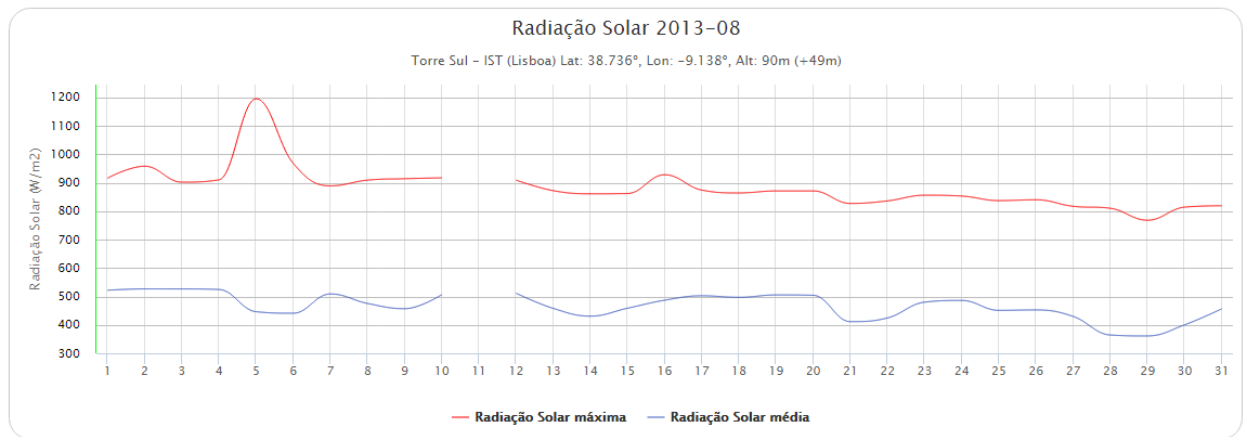


FIGURA E.14 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE AGOSTO DE 2013 [34]

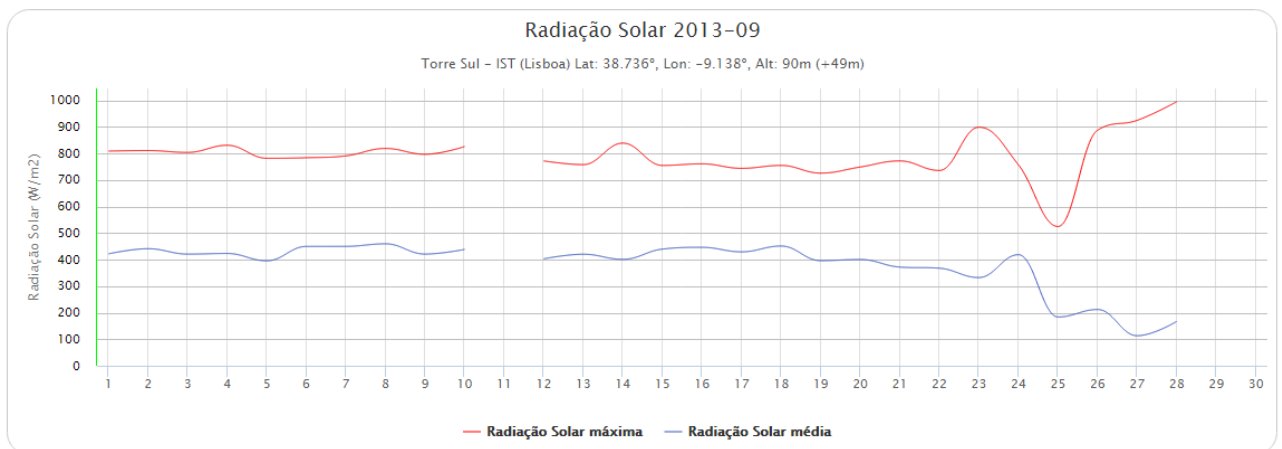
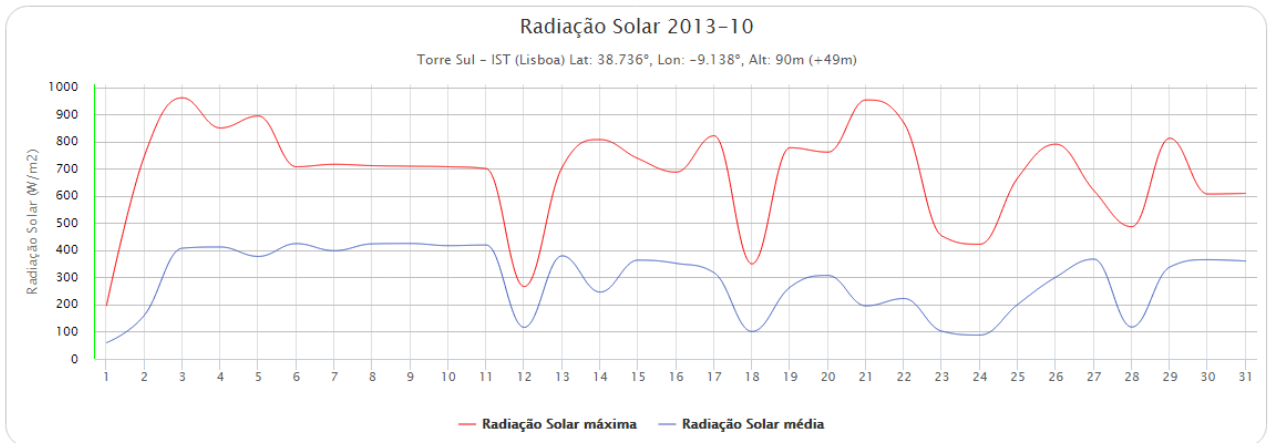
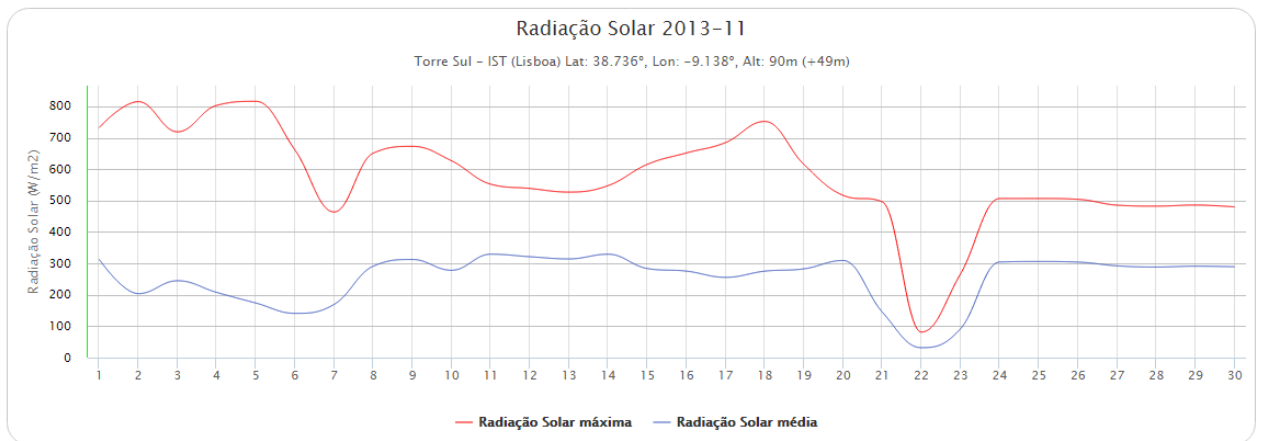


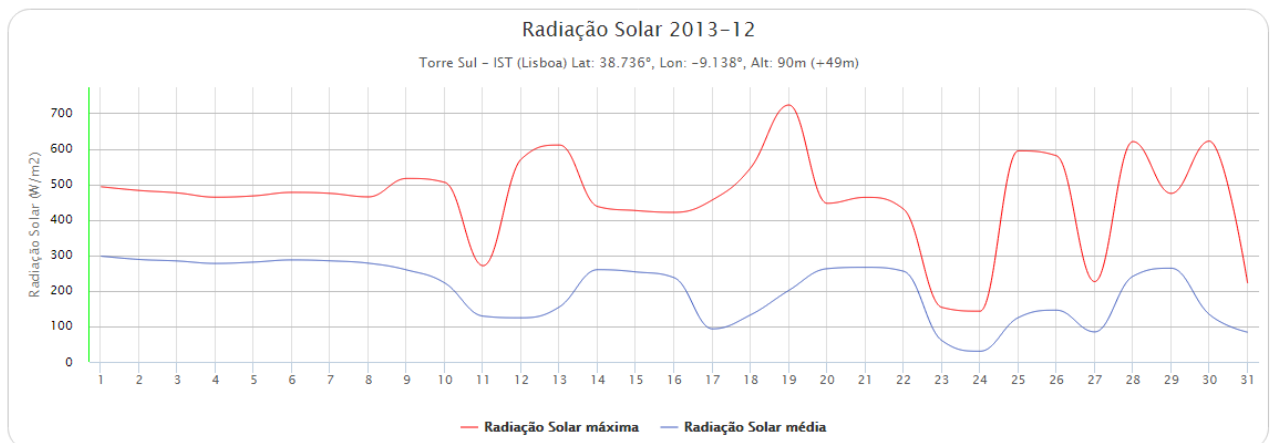
FIGURA E.15 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE SETEMBRO DE 2013 [34]



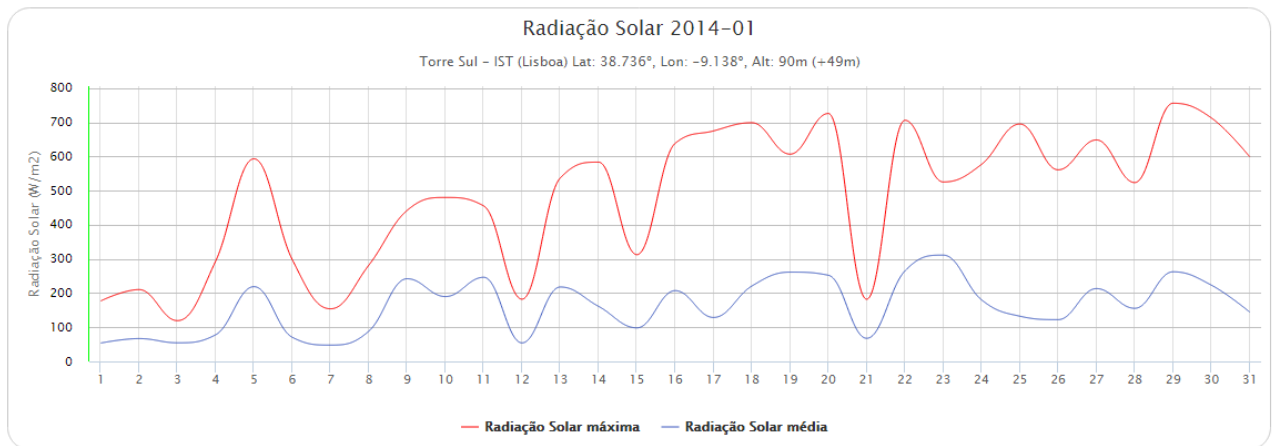
**FIGURA E.16 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE OUTUBRO DE 2013 [34]**



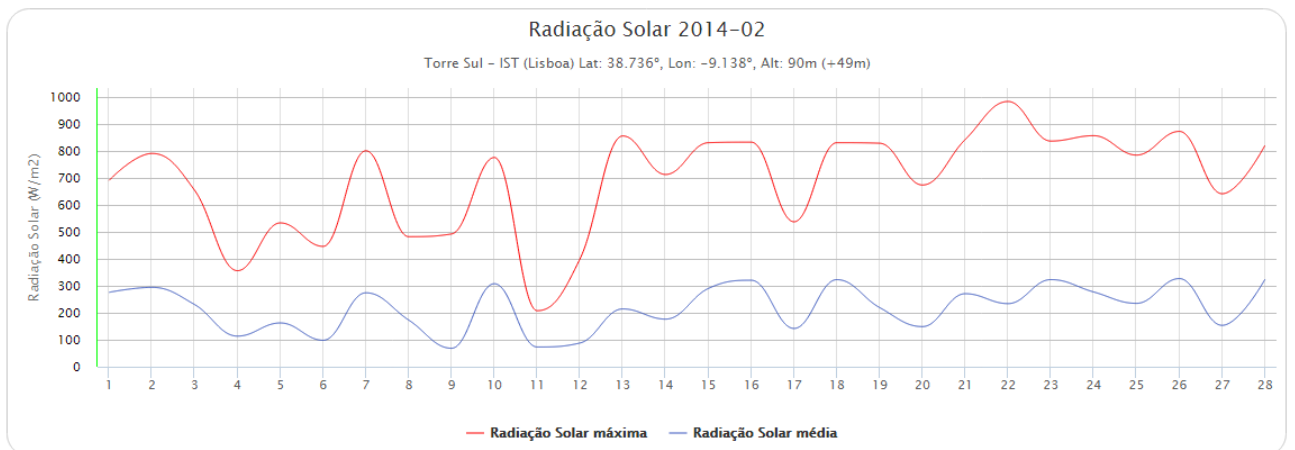
**FIGURA E.17 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE NOVEMBRO DE 2013 [34]**



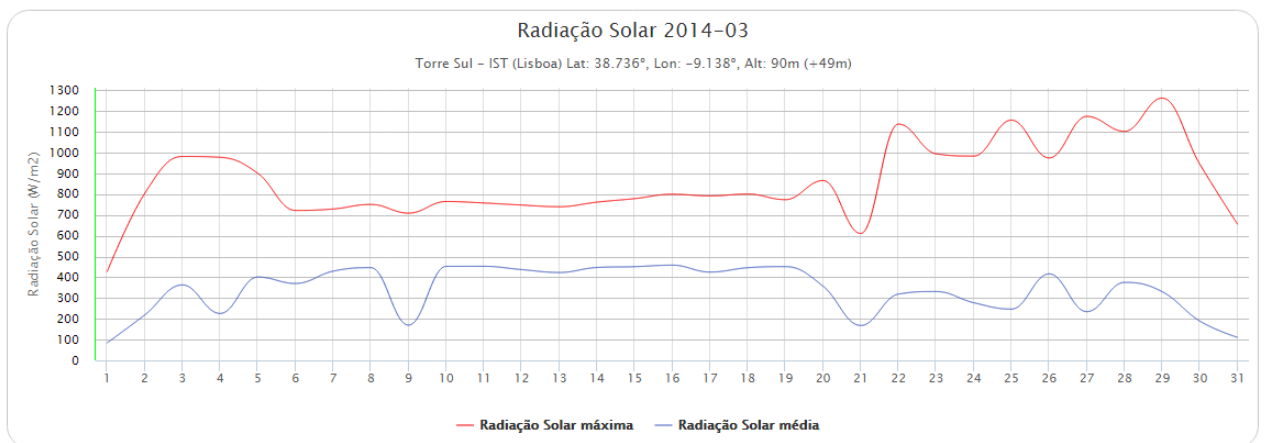
**FIGURA E.18 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE DEZEMBRO DE 2013 [34]**



**FIGURA E.19 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE JANEIRO DE 2014 [34]**



**FIGURA E.20- RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE FEVEREIRO DE 2014 [34]**



**FIGURA E.21 - RADIAÇÃO SOLAR EM LISBOA NO MÊS DE MARÇO DE 2014 [34]**



# ANEXO F- Relatórios do *Solterm* dos sistemas instalados no ISEL

## Primeira simulação

### Termossifão

-----  
SolTerm 5.1

Licenciado a Zulmira Marcelino Bairros Moital

(Zulmira Marcelino Bairros Moital)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

-----  
Kit

-----  
Modelo: Vulcano F(A)1/TS200/FKC

Área do colector: 2,23 m<sup>2</sup>

Volume do depósito: 195 l

Características I/O de ensaio (modelo linear):

$a_0=0,5 \text{ J}$     $a_H=1,2 \text{ /m}^2$     $a_T=0,3 \text{ J/K}$

Coefficiente de perdas térmicas do depósito no ensaio: 2,63 W/K

-----  
Cargas térmicas: segunda a sexta

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
13	14	15	15	17	18	19	19	19	17	15	14

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
09	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10												
11												
12												
13												
14	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
15												
16												
17												
18												
19	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
21	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

22

23

24

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

-----  
Cargas térmicas: fim-de-semana

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
13	14	15	15	17	18	19	19	19	17	15	14

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
09	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10												
11												
12												

13

14 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

15

16

17

18

19 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

20 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

21 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

22

23

24

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

---

Localização, posição e envolvente do sistema

---

Concelho de Lisboa

Latitude 38,7°N (nominal)

Longitude 9,2°W (nominal)

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM

LNEG(2009) [www.lneg.pt](http://www.lneg.pt) [solterm.suporte@lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt)

Inclinação do sistema: 35°

Azimute do sistema: 0°

Obstruções do horizonte: Tese Lisboa

---

Balanço energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	63	102	,	109	336	227
Fevereiro	81	114	,	123	300	177
Março	118	144	,	158	328	169
Abril	156	166	,	186	311	125
Maió	197	191	,	219	311	92
Junho	207	191	,	223	292	68
Julho	228	215	,	253	293	40
Agosto	210	216	,	255	292	38
Setembro	148	174	,	205	288	82
Outubro	107	145	,	167	310	142
Novembro	73	115	,	127	314	187
Dezembro	60	101	,	108	334	226
Anual	1648	1874	1,	2134	3709	1575

Fracção solar: 57,5%

Rendimento global anual do sistema: 51%      Produtividade: 957 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

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

Zulmira Marcelino Bairros Moital(Zulmira Marcelino Bairros Moital) | 28/07/2014 22:35:40 |

### Circulação Forçada

-----  
SolTerm 5.1

Licenciado a Zulmira Marcelino Bairros Moital

(Zulmira Marcelino Bairros Moital)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

-----

Campo de colectores

-----

Modelo de colector: Vulcano FKC - 1S/1W

1 módulos (2,3 m<sup>2</sup>)

Inclinação 35° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a<sub>1</sub>= 3,681 W/m<sup>2</sup>/K a<sub>2</sub>= 0,017 W/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>

Rendimento óptico: 77,0%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70°  
75° 80° 85° 90°

1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,91 0,87 0,82 0,75 0,68 0,51 0,34  
0,17 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70°  
75° 80° 85° 90°

1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,91 0,87 0,82 0,75 0,68 0,51 0,34  
0,17 0,00;

-----  
Permutador

-----

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 41,6 l/m<sup>2</sup> por hora (=0,03 l/s)

-----

Depósito

---

Modelo: ISEL

Volume: 190 l

Área externa: 3,25 m<sup>2</sup>

Material: médio condutor de calor - vitrificado

Posição vertical

Deflectores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 3,11 W/K

Um conjunto depósito/permutador

---

Tubagens

---

Comprimento total: 26,0 m

Percurso no exterior: 6,5 m com protecção mecânica

Diâmetro interno: 32,0 mm

Espessura do tubo metálico: 1,5 mm

Espessura do isolamento: 32,0 mm

Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K

Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

---

Carga térmica: segunda a sexta

---

Perfil de consumo -Lisboa

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
13	14	15	15	17	18	19	19	19	17	15	14

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
09	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10												
11												
12												
13												
14	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
15												
16												
17												
18												
19	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
21	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

22

23

24

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

-----  
Carga térmica: fim-de-semana  
-----

Perfil de consumo -Lisboa

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
13	14	15	15	17	18	19	19	19	17	15	14

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

01

02

03

04

05

06

07

08 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

09 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

10

11

12

13

14 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

15

16

17

18

19 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

20 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

21 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

22

23

24

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

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

Concelho de Lisboa

Coordenadas nominais: 38,7°N, 9,2°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM ( LNEG(2009) [www.lneg.pt](http://www.lneg.pt) [solterm.suporte@lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt))

Obstruções do horizonte: Tese Lisboa

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°  
-----

## Balanço energético mensal e anual

---

	Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh
Janeiro	63	102	,	109	336	227
Fevereiro	81	114	,	113	300	188
Março	118	144	,	138	328	190
Abril	156	166	,	156	311	155
Maiο	197	191	,	174	311	138
Junho	207	191	,	167	292	125
Julho	228	215	,	193	293	101
Agosto	210	216	,	204	292	89
Setembro	148	174	,	170	288	118
Outubro	107	146	,	143	310	167
Novembro	73	116	,	117	314	197
Dezembro	59	101	,	107	334	227
<hr/>						
Anual	1646	1876	,	1789	3709	1920

Fracção solar: 48,2%

Rendimento global anual do sistema: 42%      Produtividade: 793 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

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

Zulmira Marcelino Bairros Moital(Zulmira Marcelino Bairros Moital) | 28/07/2014 22:36:27 |

## Segunda simulação

### Termossifão

SolTerm 5.1

Licenciado a Zulmira Marcelino Bairros Moital

(Zulmira Marcelino Bairros Moital)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

-----  
Kit

-----  
Modelo: Vulcano F(A)1/TS200/FKC

Área do colector: 2,23 m<sup>2</sup>

Volume do depósito: 195 l

Características I/O de ensaio (modelo linear):

$a_0=0,5 \text{ J}$     $a_H=1,2 /\text{m}^2$     $a_T=0,3 \text{ J/K}$

Coefficiente de perdas térmicas do depósito no ensaio: 2,63 W/K

-----  
Cargas térmicas: segunda a sexta

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan Feb Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

15 15 17 18 20 23 25 26 25 22 19 15

Perfis de consumo (l):

hora Jan Feb Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

01

02

03

04

05

06

07

08 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

09 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

10

11

12

13

14 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

15

16

17

18

19 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

20 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

21 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

22

23

24

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

---

Cargas térmicas: fim-de-semana

---

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	17	18	20	23	25	26	25	22	19	15

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
09	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10												
11												
12												
13												
14	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
15												
16												
17												
18												
19	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

21 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

22

23

24

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

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

Concelho de Lisboa

Latitude 38,7°N (nominal)

Longitude 9,2°W (nominal)

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM

LNEG(2009) [www.lneg.pt](http://www.lneg.pt) [solterm.suporte@lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt)

Inclinação do sistema: 35°

Azimute do sistema: 0°

Obstruções do horizonte: Tese Lisboa

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

	Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
--	------------	-------------	--------------	-----------	-------	-------

	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh
--	--------------------	--------------------	-----	-----	-----	-----

-----

Janeiro	63	102	,	104	324	220
---------	----	-----	---	-----	-----	-----

Fevereiro	81	114	,	120	293	173
-----------	----	-----	---	-----	-----	-----

Março	118	144	,	151	310	159
Abril	156	166	,	179	293	114
Maió	197	191	,	210	288	78
Junho	207	191	1,	208	258	50
Julho	228	215	2,	232	252	21
Agosto	210	216	4,	225	245	20
Setembro	148	174	,	187	244	57
Outubro	107	145	,	153	274	121
Novembro	73	115	,	116	286	170
Dezembro	60	101	,	104	324	220

---

Anual	1648	1874	6,	1988	3393	1405
-------	------	------	----	------	------	------

Fracção solar: 58,6%

Rendimento global anual do sistema: 48%      Produtividade: 892 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

---

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

Zulmira Marcelino Bairros Moital(Zulmira Marcelino Bairros Moital) | 28/07/2014 22:34:36 |

## Circulação Forçada

-----  
SolTerm 5.1

Licenciado a Zulmira Marcelino Bairros Moital

(Zulmira Marcelino Bairros Moital)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

-----  
Campo de colectores

-----  
Modelo de colector: Vulcano FKC - 1S/1W

1 módulos (2,3 m<sup>2</sup>)

Inclinação 35° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 3,681 W/m<sup>2</sup>/K a2= 0,017 W/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>

Rendimento óptico: 77,0%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70°  
75° 80° 85° 90°

1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,91 0,87 0,82 0,75 0,68 0,51 0,34  
0,17 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70°  
75° 80° 85° 90°

1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,91 0,87 0,82 0,75 0,68 0,51 0,34  
0,17 0,00;

-----  
Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 41,6 l/m<sup>2</sup> por hora (=0,03 l/s)

-----  
Depósito  
-----

Modelo: ISEL

Volume: 190 l

Área externa: 3,25 m<sup>2</sup>

Material: médio condutor de calor - vitrificado

Posição vertical

Deflectores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 3,11 W/K

Um conjunto depósito/permutador  
-----

Tubagens  
-----

Comprimento total: 26,0 m

Percurso no exterior: 6,5 m com protecção mecânica

Diâmetro interno: 32,0 mm

Espessura do tubo metálico: 1,5 mm

Espessura do isolamento: 32,0 mm

Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K

Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

-----  
Carga térmica: segunda a sexta  
-----

Perfil de consumo -Lisboa

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	17	18	20	23	25	26	25	22	19	15

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

01

02

03

04

05

06

07

08 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

09 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

10

11

12

13

14 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

15

16

17

18

19 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

20 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

21 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

22

23

24

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

-----  
Carga térmica: fim-de-semana

-----  
Perfil de consumo -Lisboa

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

15 15 17 18 20 23 25 26 25 22 19 15

Perfis de consumo (l)

hora Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

01

02

03

04

05

06

07

08 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

09 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

10

11

12

13

14 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

15

16

17

18

19 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

20 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50

21 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25

22

23

24

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

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

Concelho de Lisboa

Coordenadas nominais: 38,7°N, 9,2°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM ( LNEG(2009) [www.lneg.pt](http://www.lneg.pt) [solterm.suporte@lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt))

Obstruções do horizonte: Tese Lisboa

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

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

	Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh
Janeiro	63	102	,	104	324	220
Fevereiro	81	114	,	110	293	183
Março	118	144	,	130	310	180
Abril	156	166	,	148	293	145
Maiο	197	191	,	163	288	125
Junho	207	191	,	152	258	106
Julho	228	215	,	173	252	79
Agosto	210	216	,	180	245	65
Setembro	148	174	,	150	244	94
Outubro	107	146	,	128	274	146
Novembro	73	116	,	105	286	181
Dezembro	59	101	,	103	324	221
-----						
Anual	1646	1876	,	1647	3393	1746

Fracção solar: 48,5%

Rendimento global anual do sistema: 39%

Produtividade: 730 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

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

Zulmira Marcelino Bairros Moital(Zulmira Marcelino Bairros Moital) | 28/07/2014 22:39:48 |

## **Terceira simulação**

### Termossifão- Apenas para o mês de Março

-----  
SolTerm 5.1

Licenciado a Zulmira Marcelino Bairros Moital

(Zulmira Marcelino Bairros Moital)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

-----  
Kit

-----  
Modelo: Vulcano F(A)1/TS200/FKC

Área do colector: 2,23 m<sup>2</sup>

Volume do depósito: 195 l

Características I/O de ensaio (modelo linear):

$a_0=0,5 \text{ J}$   $a_H=1,2 /\text{m}^2$   $a_T=0,3 \text{ J/K}$

Coefficiente de perdas térmicas do depósito no ensaio: 2,63 W/K

-----  
Cargas térmicas: segunda a sexta

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

-----  
Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan Feb Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

15 15 17 18 20 23 25 26 25 22 19 15

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08			16									
09			15									
10												
11												
12												
13												
14			15									
15												
16												
17												
18												
19			40									
20			42									
21			22									
22												
23												
24												

diário 150

-----  
Cargas térmicas: fim-de-semana  
-----

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	17	18	20	23	25	26	25	22	19	15

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

01

02

03

04

05

06

07

08

16

09

15

10

11

12

13

14

15

15

16

17	
18	
19	40
20	42
21	22
22	
23	
24	
diário	150

-----

Localização, posição e envolvente do sistema

-----

Concelho de Lisboa

Latitude 38,7°N (nominal)

Longitude 9,2°W (nominal)

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM

LNEG(2009) [www.lneg.pt](http://www.lneg.pt) [solterm.suporte@lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt)

Inclinação do sistema: 35°

Azimute do sistema: 0°

Obstruções do horizonte: Tese Lisboa

-----

Balanço energético mensal e anual

-----

Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh

---

Janeiro	63	102	20,	0	0	0
Fevereiro	81	114	24,	0	0	0
Março	118	144	1,	143	232	90
Abril	156	166	35,	0	0	0
Maiο	197	191	42,	0	0	0
Junho	207	191	42,	0	0	0
Julho	228	215	47,	0	0	0
Agosto	210	216	48,	0	0	0
Setembro	148	174	38,	0	0	0
Outubro	107	145	30,	0	0	0
Novembro	73	115	23,	0	0	0
Dezembro	60	101	21,	0	0	0

---

Anual	1648	1874	372,	143	232	90
-------	------	------	------	-----	-----	----

Fracção solar: 61,5%

Rendimento global anual do sistema: 3%      N.B.: demasiada energia solar é desperdiçada.

---

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

Zulmira Marcelino Bairros Moital(Zulmira Marcelino Bairros Moital) | 03/08/2014 16:22:06 |



**ANEXO H - Relatórios do *Solterm* utilizando vários tipos de colectores nas diferentes localidade nos dois edifícios distintos.**

Encontra-se exclusivamente na versão digital



## ANEXO I- Perfil de Consumo de água do empreendimento

**- Energia**

Hora	Volume	/	Energia
0 - 1			
1 - 2			
2 - 3			
3 - 4	46 l	=	2,7 kWh
4 - 5	83 l	=	4,8 kWh
5 - 6	125 l	=	7,3 kWh
6 - 7	585 l	=	34,2 kWh
7 - 8	544 l	=	31,8 kWh
8 - 9	502 l	=	29,3 kWh
9 - 10	502 l	=	29,3 kWh
10 - 11	208 l	=	12,1 kWh
11 - 12	125 l	=	7,3 kWh
12 - 13	83 l	=	4,8 kWh
13 - 14	46 l	=	2,7 kWh
14 - 15	83 l	=	4,8 kWh
15 - 16	83 l	=	4,8 kWh
16 - 17	83 l	=	4,8 kWh
17 - 18	83 l	=	4,8 kWh
18 - 19	1004 l	=	58,6 kWh
19 - 20	419 l	=	24,5 kWh
20 - 21	83 l	=	4,8 kWh
21 - 22	167 l	=	9,8 kWh
22 - 23	146 l	=	8,5 kWh
23 - 24			

Total diário:  
292,1 kWh = 5000 l

< Fevereiro >

limpar dados

repetir dados de Fevereiro em todos os meses

- consumos horários especificados como:

- valores absolutos                       litros de água aquecida  
 percentagem do valor diário             kWh