

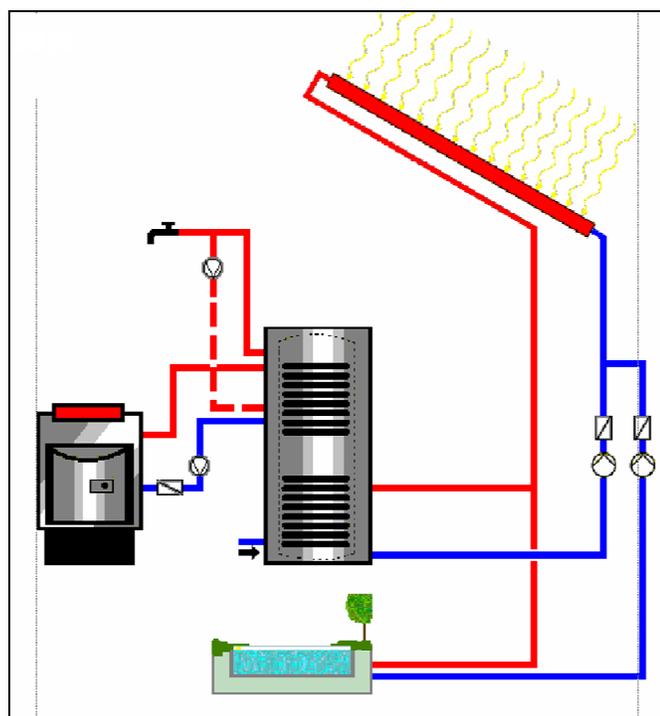
# Trabalho Final de Curso

Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Ramo de Energia



## Projecto de Sistema Solar Térmico



**Aluno** – João Carlos Leonor Correia Leitão

**Orientador** – Professor Cláudio Domingos Martins Monteiro

Julho de 2006

## **Resumo**

Neste trabalho, "**Projecto de Sistema Solar Térmico**", vão ser dimensionados dois projectos de Sistemas Solares Térmicos, a inserir num aldeamento para Turismo de Habitação, sito na Aldeia Silveira de Cima, na Serra da Lousã, distrito de Coimbra.

Na "Secção 2", faz-se referência a vários aspectos da Energia Solar, entre os quais a Radiação Solar, o movimento Terra-Sol, a conversão térmica de Energia Solar e alguns princípios básicos.

Na continuação de tal trabalho e como sua principal finalidade, procedeu-se aos dois projectos seguintes:

I – Projecto e dimensionamento de um Sistema de Produção de AQS, (Água Quente Sanitária) de um Balneário e Aquecimento de Água para a Piscina, durante os meses de Abril a Outubro, com Aproveitamento de Energia Solar, tendo como apoio uma caldeira a gásóleo, dando prioridade à AQS.

O dimensionamento, deste projecto, é descrito ao longo da "Secção 3".

II – Projecto e dimensionamento de um Sistema de Produção de AQS, (Água Quente Sanitária) de uma Habitação Unifamiliar, do tipo T2 e apoio ao Aquecimento por Piso Radiante, durante o ano, com Aproveitamento de Energia Solar, tendo como apoio uma caldeira a gásóleo, dando prioridade à AQS.

O dimensionamento, deste projecto, é descrito ao longo da "Secção 4".

## **Prefácio**

A principal finalidade deste trabalho é tentar melhorar a classificação obtida, no ano transacto, no Trabalho Final de Curso, sobre o tema "Projecto de Electrificação Rural com Produção Renovável Híbrida", com vista a poder, conseqüentemente, melhorar a sua classificação final de curso.

Este trabalho enquadra-se no âmbito do trabalho anterior, uma vez que procura descrever um outro sistema alternativo ao convencional, para a Água Quente Sanitária, utilizando o Sol como principal fonte energética.

O propósito de ambos os trabalhos, é a redução do custo da energia, face ao elevado preço e provável, futuro, esgotamento, dos combustíveis fósseis.

Refere-se à possibilidade de dotar o Aldeamento de infra-estruturas de Água Quente Sanitária, que satisfaçam as necessidades do mesmo e que, preferencialmente, sejam satisfeitas através da energia solar, tendo como apoio uma caldeira a gásóleo.

Não podemos deixar de dar o nosso sincero agradecimento, ao Excelentíssimo Senhor Professor Cláudio Domingos Martins Monteiro, pela sua disponibilidade, sempre que solicitada a sua colaboração.

## **Índice**

<b>Resumo</b>	<b>1</b>
<b>Prefácio</b>	<b>2</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>6</b>
<b>2. O Sol</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Radiação Solar</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Movimento Terra – Sol</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Conversão Térmica de Energia Solar</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Princípios Básicos para um Aproveitamento Óptimo da Energia Solar</b>	<b>13</b>
<b>2.5 Conversão Térmica a Baixa Temperatura</b>	<b>15</b>
<b>3. Sistema Solar Térmico para Piscina e Balneário</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Caracterização</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Aspectos Técnicos</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Princípio de Funcionamento</b>	<b>20</b>
<b>3.4 Perfil de Consumos</b>	<b>22</b>
<b>3.5 Acumulador. Volume e Dimensionamento</b>	<b>25</b>
<b>3.5.1 Características do Acumulador Escolhido</b>	<b>29</b>
<b>3.6 Superfície Colectora</b>	<b>30</b>
<b>3.6.1 Constituição do Colector Plano</b>	<b>30</b>
<b>3.6.2 Rendimento de um Colector Solar</b>	<b>32</b>
<b>3.6.3 Fluido de Transferência Térmica</b>	<b>35</b>
<b>3.6.4 Orientação e Inclinação dos Colectores</b>	<b>36</b>
<b>3.6.5 Características do Colector Plano Escolhido</b>	<b>38</b>
<b>3.6.6 Cálculo da Superfície Colectora Necessária</b>	<b>39</b>

---

<b>3.6.7 Distribuição e Ligação dos Colectores</b>	<b>42</b>
<b>3.7 Sistema de Apoio</b>	<b>45</b>
<b>3.8 Permutador de Placas</b>	<b>46</b>
<b>3.9 Tubagens do Circuito Primário</b>	<b>47</b>
<b>3.9.1 Tubagens. Materiais Utilizados</b>	<b>47</b>
<b>3.9.2 Dimensionamento das Tubagens</b>	<b>47</b>
<b>3.9.3 Isolamento das Tubagens</b>	<b>50</b>
<b>3.10 Bombas de Circulação</b>	<b>51</b>
<b>3.10.1 Bomba de Circulação do Circuito Primário – B1</b>	<b>52</b>
<b>3.10.2 Bomba de Circulação do Circuito Secundário – B2</b>	<b>53</b>
<b>3.11 Vaso de Expansão</b>	<b>55</b>
<b>3.11.1 Montagens Correctas do Vaso de Expansão</b>	<b>55</b>
<b>3.11.2 Dimensionamento do Vaso de Expansão</b>	<b>56</b>
<b>3.12 Controlo</b>	<b>57</b>
<b>4. Sistema Solar Térmico para uma Habitação Unifamiliar</b>	<b>61</b>
<b>4.1 Caracterização</b>	<b>61</b>
<b>4.2 Aspectos Técnicos</b>	<b>62</b>
<b>4.3 Princípio de Funcionamento</b>	<b>63</b>
<b>4.4 Perfil de Consumos</b>	<b>64</b>
<b>4.5 Acumulador. Volume e Dimensionamento</b>	<b>68</b>
<b>4.5.1 Características do Acumulador Escolhido para AQS</b>	<b>68</b>
<b>4.5.2 Características do Acumulador Escolhido para apoio ao P.R.</b>	<b>69</b>
<b>4.6 Superfície Colectora</b>	<b>69</b>
<b>4.6.1 Características do Colector Plano Escolhido</b>	<b>70</b>
<b>4.6.2 Cálculo da Superfície Colectora Necessária</b>	<b>70</b>
<b>4.6.3 Distribuição e Ligação dos Colectores</b>	<b>72</b>
<b>4.7 Sistema de Apoio</b>	<b>73</b>
<b>4.8 Tubagens do Circuito Primário</b>	<b>73</b>

---

<b>4.9 Bombas de Circulação</b>	<b>75</b>
<b>4.9.1 Bomba de Circulação do Circuito Primário – B1</b>	<b>75</b>
<b>4.9.2 de Circulação do Circuito Secundário – B2</b>	<b>76</b>
<b>4.10 Vaso de Expansão. Dimensionamento</b>	<b>77</b>
<b>4.11 Controlo</b>	<b>78</b>
<b>5. Outros Acessórios Inerentes aos Projectos</b>	<b>81</b>
<b>6. Conclusão</b>	<b>82</b>
<b>Anexo I – Perfil de Consumo e Necessidades Energéticas</b>	<b>84</b>
<b>Anexo II – Cálculo da Superfície Colectora Necessária.     Simulação no Programa ESOP.</b>	<b>92</b>
<b>Anexo III – Dimensionamento do Equipamento</b>	<b>114</b>
<b>Anexo IV – Gráficos. Perda de Carga e Anticongelante</b>	<b>127</b>
<b>Anexo V – Desenhos. Tubagem e Equipamento. Esquemas de Princípio</b>	<b>132</b>

## **1. Introdução**

O aumento da poluição (legislação cada vez mais exigente), as limitações nas reservas de combustíveis fósseis e a ausência de regulamentação no sector de distribuição de energia (perdas eléctricas, acidentes com radiações electromagnéticas, localização e custos de centrais eléctricas) são preocupações que, a nível global, estão a alarmar cada vez mais a humanidade. Estas preocupações representam uma força motriz forte para a investigação e desenvolvimento de novas fontes de energia, amigas do ambiente, altamente eficientes e com ciclos de vida renováveis.

Em Portugal, por exemplo, o petróleo constitui cerca de 60% da energia consumida. As renováveis limitam-se a pouco mais de 16% do bolo, o que se traduz numa dependência energética face ao estrangeiro e num contínuo agravamento do défice da balança comercial. Só em 2004 a importação de recursos energéticos ascendeu aos 41 700 milhões de euros. De acordo com previsões da Direcção-Geral de Geologia e Energia, o consumo de electricidade deverá crescer, no nosso País, mais de 12%, nos próximos dez anos.

Para fazer frente a este cenário, comum à generalidade da Europa, a União Europeia lançou, em 1977, o Livro Branco das Energias Renováveis. Propõe-se aumentar, até 2010, a produção energética a partir de fontes alternativas. A Portugal cabe assegurar que 39% da electricidade produzida no país, provenha de recursos renováveis.

Em 2002, já estávamos a desrespeitar o Protocolo de Quioto, que limita a emissão de gases com efeito de estufa. E esta violação poderá custar ao país, já no próximo ano, uma pesada multa de mais de 160 milhões de euros ou a compra de licenças de emissão de dióxido de carbono a outros países mais respeitadores.

Em 2003, existiam, em Portugal, cerca de 180 mil metros quadrados de painéis solares. Já na Grécia, país com a mesma exposição solar, a instalação destes

equipamentos rondava os 2.9 milhões de metros quadrados. A liderar o investimento solar está a Alemanha, um país com condições de exposição solar menos favoráveis, dispondo, no mesmo período, de mais de 5.4 milhões de metros quadrados de painéis.

A quatro anos do prazo dado pela União Europeia, muito potencial está por aproveitar e muito há a fazer em Portugal, tanto no campo das energias renováveis, como a nível de eficiência energética, ou seja, na forma como consumimos energia.

O Aproveitamento da energia solar por conversão em energia térmica a baixa temperatura é interessante, com períodos mínimos de utilização do equipamento solar de oito a dez meses por ano.

**As aplicações mais frequentes são:**

- Produção de AQS (Água Quente Sanitária), para uso em vivendas, hospitais, hotéis, entre outros, com necessidades de consumo regulares ao longo de todo o ano;
- Aquecimento de piscinas;
- Aquecimento ambiente com piso radiante;
- Produção de água a elevadas temperaturas destinada a uso industrial por concentração dos raios solares em colectores parabólicos.

Em geral, os equipamentos solares não garantem a totalidade do consumo energético, sendo, por isso, necessário o apoio de uma instalação convencional, que assegure as necessidades energéticas não cobertas pelo sistema solar.

Contrariamente ao critério de dimensionamento seguido para os equipamentos convencionais, os sistemas solares não se dimensionam para as condições extremas (inverno, baixa radiação solar) de certos dias do ano, mas sim para as necessidades energéticas médias anuais. Para este tipo de equipamentos não se considera a ponta máxima previsível de consumo energético, mas sim o balanço médio anual.

---

A análise da rentabilidade económica dos equipamentos solares, baseia-se na poupança de energia ou combustível, obtida num ano médio de funcionamento.

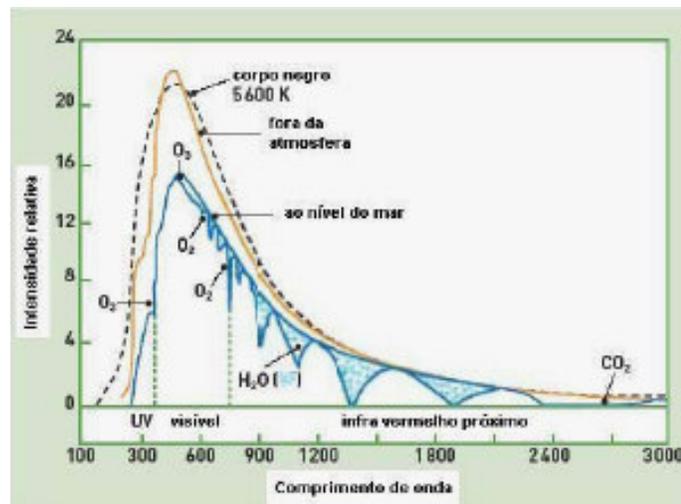
## 2. O Sol

### 2.1 Radiação Solar

O Sol está a 5770 K (aproximadamente 5500°C). A sua superfície emite 68 milhões de Watts por cada metro quadrado. A Terra encontra-se a 150 milhões de quilómetros de distância do Sol, de forma que a radiação que chega até à nossa órbita é apenas de 1360 Watts/m<sup>2</sup>.

Esta taxa/densidade energética, é reduzida em 30%, ao atingir o plano horizontal na superfície da Terra, pela camada de Atmosfera, o que dá, em termos médios, um potencial solar médio de, aproximadamente, 980 Watts/m<sup>2</sup>.

O sol emite radiação electromagnética que se decompõe em **infravermelho** (46%), **visível** (47%) e **ultravioleta** (7%).



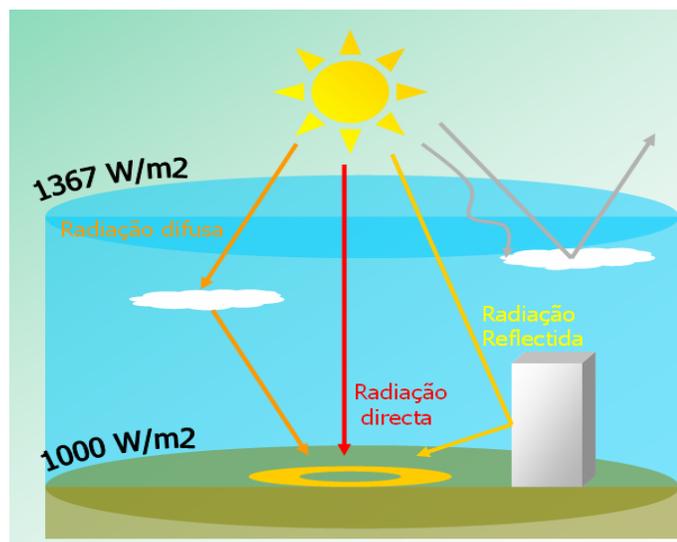
**Figura 2.1** Espectro da radiação solar, que chega à superfície da Terra (nível do mar). Comparação com a radiação fora da atmosfera.

**Tabela 2.1** Radiação solar fora da atmosfera.

<b>Radiação fora da Atmosfera</b>	<b>96 W/m<sup>2</sup></b>	<b>642 W/m<sup>2</sup></b>	<b>629 W/m<sup>2</sup></b>	<b>1367 W/m<sup>2</sup></b>
	<b>7 %</b>	<b>47 %</b>	<b>46 %</b>	<b>100 %</b>

A radiação solar sobre uma superfície dentro da atmosfera terrestre, tem três componentes:

- **Radiação directa** - A que vem directamente do sol.
- **Radiação difusa** - Proveniente de todo o céu, excepto do disco solar. A radiação, ao atravessar a atmosfera, é em parte reflectida pelos componentes atmosféricos (as nuvens). Outra parte é absorvida ( $O_3$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,...) e a restante é difundida (moléculas, gotas de água, pó em suspensão).
- **Radiação reflectida** - Proveniente da reflexão no chão e em objectos circundantes. A reflectividade do chão, designa-se por **albedo** e depende unicamente da composição e cor do chão (existência de neve, água, vegetação, entre outros).



**Figura 2.2** Componentes da radiação solar (Radiação directa difusa e reflectida).

## 2.2 Movimento Terra – Sol

A Terra descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, encontrando-se este num dos focos.

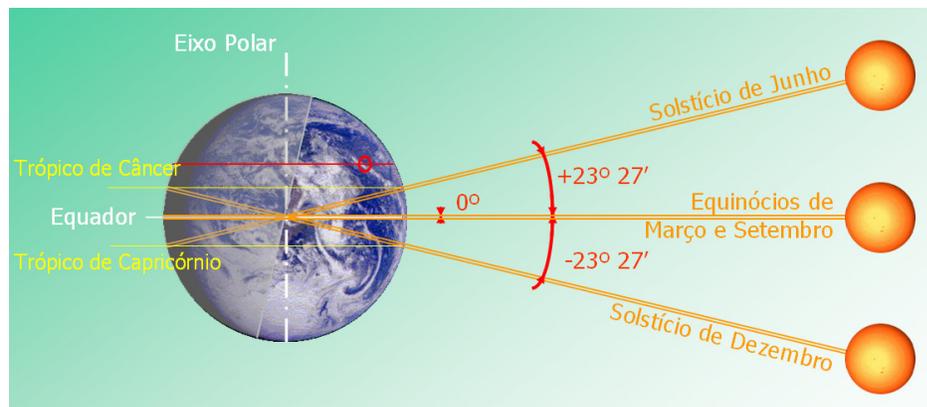
O plano que contém esta trajectória (e a de todos os planetas) denomina-se **plano da elíptica**.

A Terra roda sobre si mesma e completa uma rotação num dia, percorrendo a sua trajectória em 365 dias, 5 horas, 48 minutos e 46 segundos. De 4 em 4 anos, acerta-se o calendário com um dia suplementar (29 de Fevereiro em anos bissextos). Isto corresponde a um excesso de 11 minutos e 14 segundos. No final de cada século, suprime-se o ano bissexto se não for divisível por 400.

O eixo de rotação, denominado **eixo polar**, é quase perpendicular ao plano da elíptica, formando um ângulo com a normal ao plano da órbita de valor  $23^{\circ} 27'$ . A **Declinação Solar** é o ângulo formado entre a direcção da radiação e o plano do equador e varia entre  $+ 23^{\circ} 27'$  e  $-23^{\circ} 27'$ .

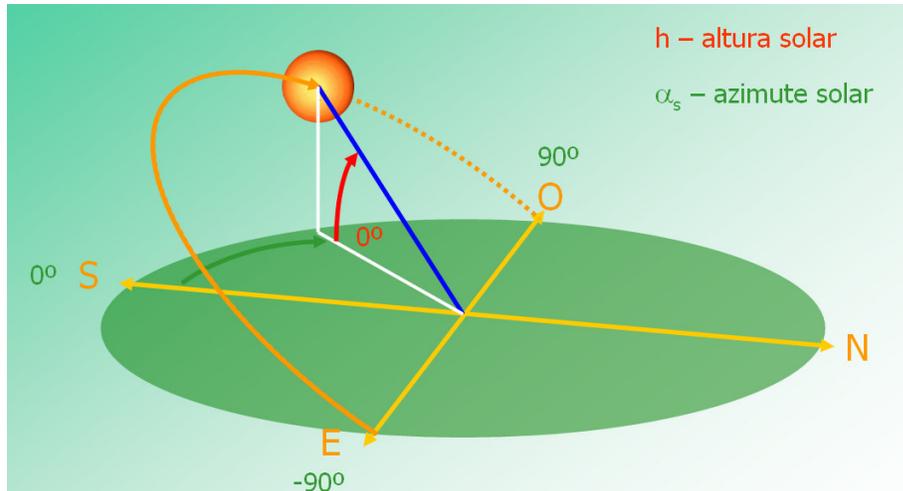
Durante os **equinócios** da Primavera (21 de Março) e do Outono (22 de Setembro), os dias são iguais às noites, porque a declinação solar é nula. Estes são os únicos dias em que a afirmação, "O Sol nasce a Este e põe-se a Oeste", está correcta.

Durante o **solstício do Verão** (23 de Junho ) a declinação solar é de  $23^{\circ} 27'$ . O período diurno, é maior que o período nocturno, e o Sol, encontrando-se sobre o Trópico de Câncer, nasce quase a NE e põe-se quase a NW. No **solstício do Inverno** (22 de Dezembro), a declinação é igual, mas de valor negativo. O Sol encontra-se sobre o Trópico de Capricórnio e a duração do dia é inferior à da noite.



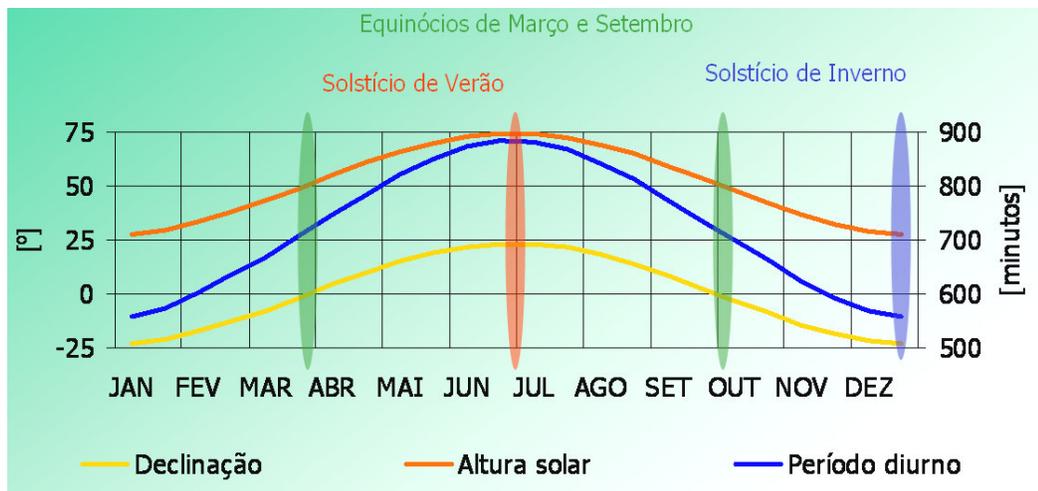
**Figura 2.3** Declinação Solar nos solstícios de Junho e Dezembro.

A trajectória solar traduz-se na variação das coordenadas do Sol ao longo do dia.



**Figura 2.4** Trajectória Solar (altura solar e azimute solar).

Representando graficamente a influência das variações anuais temos:



**Figura 2.5** Influência das variações anuais.

## 2.3 Conversão Térmica da Energia Solar

O Aproveitamento da energia solar, por conversão em energia térmica, a baixa temperatura, é interessante, com períodos mínimos de utilização do equipamento solar de oito a dez meses por ano.

### **As aplicações mais frequentes são:**

- Produção de AQS (Água Quente Sanitária), para uso em vivendas, hospitais, hotéis, entre outros, com necessidades de consumo regulares, ao longo de todo o ano;
- Aquecimento de piscinas;
- Aquecimento ambiente com piso radiante;
- Produção de água a elevadas temperaturas, destinada a uso industrial por concentração dos raios solares em colectores parabólicos.

Em geral, os equipamentos solares não garantem a totalidade do consumo energético, sendo, por isso, necessário o apoio de uma instalação convencional que assegure as necessidades energéticas não cobertas pelo sistema solar.

Contrariamente ao critério de dimensionamento seguido para os equipamentos convencionais, os sistemas solares, não se dimensionam para as condições extremas (Inverno, baixa radiação solar) de certos dias do ano, mas sim para as necessidades energéticas médias anuais. Para este tipo de equipamentos, não se considera a ponta máxima previsível de consumo energético, mas sim o balanço médio anual.

A análise da rentabilidade económica dos equipamentos solares, baseia-se na poupança de energia ou combustível, obtida num ano médio de funcionamento.

## **2.4 Princípios Básicos para um Aproveitamento Óptimo da Energia Solar**

Num projecto de uma instalação de energia solar é fundamental respeitar alguns princípios, evitando, assim, os problemas que muitas vezes se observam.

### **Captação do máximo possível de energia solar**

É preciso instalar um número suficiente de colectores, para captar a energia necessária e escolher a orientação correcta, definir, designadamente, a estratégia de interligação com a energia de apoio. Os dispositivos de regulação e controlo, são cada vez mais completos, podendo mesmo, controlar a energia de apoio e estabelecer as prioridades de fornecimento da energia, aos diversos sub-sistemas de utilização.

Devemos excluir sistemas que disponham somente de um simples termostato (no colector ou no armazenamento) como único parâmetro, para determinar o funcionamento das bombas.

### **Prioridade ao Sol**

A energia solar é gratuita. A convencional não. O consumo energético deve realizar-se, prioritariamente, com a primeira e só recorrer à energia de apoio quando não houver "sol". O sistema de armazenamento deve garantir, prioritariamente, o uso da energia solar, face à energia convencional.

### **Assegurar a complementaridade entre a energia solar e a convencional**

Há várias maneiras de assegurar a complementaridade, sem pôr em causa a prioridade ao sol:

- *Produção instantânea de energia de apoio.*

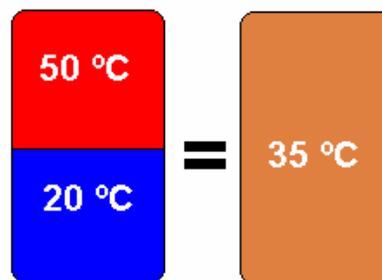
O gerador de energia de apoio deve fornecer a potência necessária em cada instante, variável em função da temperatura do pré-aquecimento solar. Situaremos o gerador instantâneo (por exemplo, um esquentador de gás com chama variável) à saída do acumulador solar (em série com a instalação solar). É uma instalação muito prática e recomendável para vivendas unifamiliares, com sistemas de aquecimento solar por termossifão.

- *Energia de apoio num acumulador independente.*

Este acumulador situar-se-á entre o acumulador solar e os pontos de consumo. A missão deste acumulador de apoio é receber a água pré-aquecida pelo sistema solar.

### **Não juntar a energia solar com a convencional**

Um acumulador único, que armazene a energia solar e a de apoio num mesmo reservatório, leva a um alto risco de mistura. Para o evitar, é necessário tomar certas precauções, designadamente quanto à estratificação, havendo casos em que tudo se passa como se tivéssemos dois depósitos sobrepostos: o solar em baixo e o de apoio em cima. O respeito deste quarto princípio, junto com os três anteriores, resultará num bom funcionamento da instalação, assegurando um elevado rendimento na conversão solar.



**Figura 2.6** Separação entre a Energia Solar e a de Apoio.

## **2.5 Conversão Térmica a Baixa Temperatura**

Qualquer objecto exposto à influência directa do sol recebe calor e aquece.

Um metro quadrado orientado para o Sol, recebe, fora da atmosfera, uma energia equivalente de 1367 W. Esta energia, ao atravessar a atmosfera terrestre, é atenuada ao valor aproximado de 1.000 Watts / m<sup>2</sup>.

### **Colectores solares. Efeito estufa.**

Sabemos que um corpo exposto ao sol, recebe um fluxo energético "Q" que o aquece. Simultaneamente, há perdas por radiação, convecção e condução, que aumentarão com a temperatura do corpo.

Chega um momento em que as perdas térmicas, "Qp", se igualam aos ganhos, devido ao fluxo energético incidente, atingindo-se a temperatura de equilíbrio, "tc".

Assim, no equilíbrio tem-se:

$$Q = Q_p$$

Se conseguirmos extrair continuamente uma parte do calor produzido, mudaremos as condições do equilíbrio anterior, ficando:

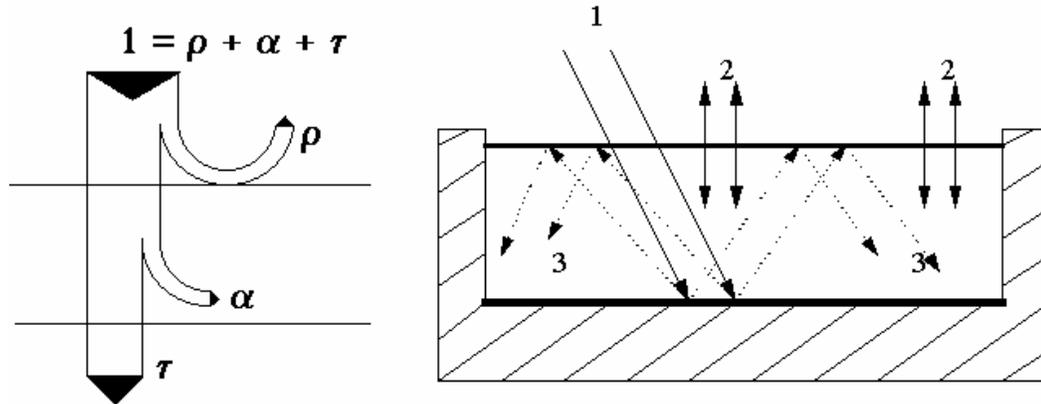
$$Q = Q_p + Q_u$$

$Q_u \Rightarrow$  Energia extraída do corpo.

**Corpo negro**, é aquele que absorve toda a radiação incidente mas, é também aquele que, a uma dada temperatura consegue emitir mais energia por radiação. Se colocarmos uma superfície plana bem orientada à radiação solar, ela absorverá a energia incidente, aquecendo até atingir o equilíbrio térmico (perdas = ganhos). Como consequência, absorve energia com um comprimento de onda entre 0.25 e 2.5  $\mu\text{m}$  e emite-a, com comprimentos de onda maiores. Por exemplo, uma chapa a 100 °C emite entre 3.9 e 39  $\mu\text{m}$ .

Assim, a energia luminosa transformou-se em térmica, e será aproveitada se fizermos circular um fluido.

Para a captação solar, interessa-nos um corpo que absorva como um corpo negro e emita pouco, nascendo, assim, o conceito de **superfície selectiva**.



**Figura 2.7** Perdas Térmicas e Efeito de Estufa: 1-Radiação Solar Incidente; 2-Radiação emitida pela cobertura ao aquecer; 3-Radiação reflectida no interior do colector e que não escapa para o exterior.

Chamamos **corpo transparente** àquele que deixa passar a radiação electromagnética. A maior parte do espectro da radiação solar, está compreendido entre 0.25 e 2.5  $\mu\text{m}$ . A luz atravessa o vidro e chega ao absorvedor. Este, aquece e emite radiação com um comprimento de onda maior, para o qual o vidro é opaco, não conseguindo escapar para o exterior, contribuindo, assim, para aquecer ainda mais a superfície do absorvedor. Este último fenómeno é conhecido como **efeito estufa**.

A cobertura transparente, reduz consideravelmente as perdas térmicas por convecção, entre o absorvedor e o ambiente exterior.

**Superfície Selectiva** - É uma superfície que absorve bem a radiação solar, mas a uma dada temperatura emite muito menos que o corpo negro. As primeiras superfícies selectivas eram de óxidos negros de níquel e de cromo, com emitâncias da ordem de 0.1 e 0.2. Actualmente existem superfícies selectivas, com emitâncias da ordem de 0.05 (caso das superfícies TINOX de óxido de titânio)

**Tubos de vácuo** - O efeito de estufa pode ser melhorado de forma significativa, se entre o absorvedor e o vidro se fizer o vácuo, pois, desta forma, anulam-se as perdas por convecção e condução.

## **3. Sistema Solar Térmico para Piscina e Balneário**

### **3.1 Caracterização**

A Piscina e respectivo Balneário, fazem parte de um aldeamento destinado a Turismo de Habitação, numa aldeia, "Silveira de Cima", situada na Serra da Lousã, distrito de Coimbra.

Serão utilizados, pelos utentes do aldeamento, durante os meses de Abril a Outubro, das 9 às 20 horas, prevendo-se uma utilização mais intensiva ao longo dos meses de Verão.

Tal utilização implicará um consumo de energia para aquecimento da água para banhos muito significativo.

#### **Características da Piscina:**

- Latitude – 40.2°
- Orientação – N/S
- Ao ar livre e descoberta
- Área – 120 m<sup>2</sup>
- Volume – 180 m<sup>3</sup>
- Profundidade média – 1.5 m
- Não existem sombreamentos

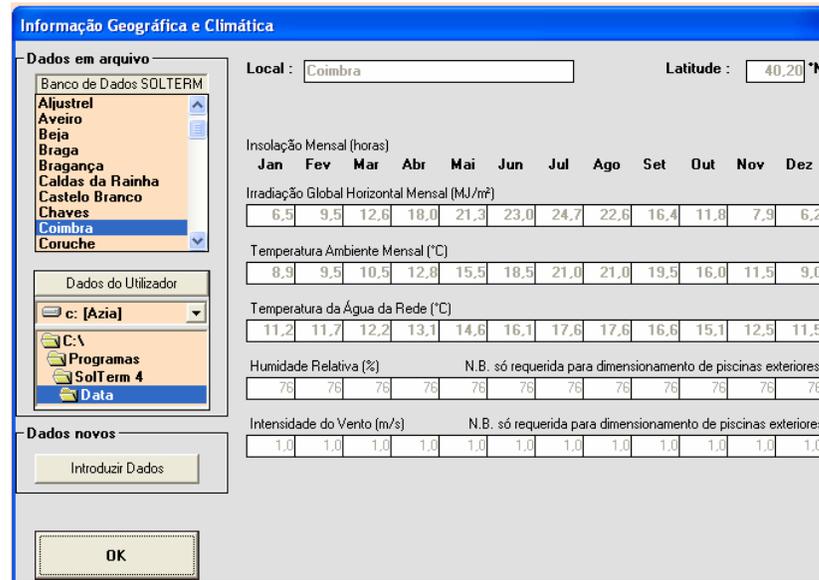
#### **Características do Balneário:**

- Orientação – N/S
- Área – 74 m<sup>2</sup>
- Dividido em duas partes, uma para homens e outra para mulheres, equipado com um total de seis chuveiros
- Telhado plano

A casa das máquinas é anexa ao balneário e tem uma área de 33 m<sup>2</sup>.

Todos estes dados constam, de forma pormenorizada, dos desenhos e do questionário preliminar do levantamento das condições, em anexo.

Informação Geográfica e Climática obtida através do programa Solterm (INETI).



**Informação Geográfica e Climática**

Dados em arquivo

Banco de Dados SOLTERM

- Ajustrel
- Aveiro
- Beja
- Braga
- Bragança
- Caldas da Rainha
- Castelo Branco
- Chaves
- Coimbra**
- Coruche

Dados do Utilizador

c: [Azia]

C:\Programas\SolTerm 4

Data

Dados novos

Introduzir Dados

Local : Coimbra Latitude : 40,20°N

Insolação Mensal (horas)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
6,5	9,5	12,6	18,0	21,3	23,0	24,7	22,6	16,4	11,8	7,9	6,2

Irradiação Global Horizontal Mensal (MJ/m<sup>2</sup>)

8,9	9,5	10,5	12,8	15,5	18,5	21,0	21,0	19,5	16,0	11,5	9,0
-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

Temperatura Ambiente Mensal (°C)

11,2	11,7	12,2	13,1	14,6	16,1	17,6	17,6	16,6	15,1	12,5	11,5
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Temperatura da Água da Rede (°C)

75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Humidade Relativa (%) N.B. só requerida para dimensionamento de piscinas exteriores

1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Intensidade do Vento (m/s) N.B. só requerida para dimensionamento de piscinas exteriores

1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

OK

**Figura 3.1** Informação Geográfica e Climática de Coimbra.

## 3.2 – Aspectos Técnicos

### Produção de AQS (Água Quente Sanitária)

- Temperatura do sistema dimensionado para 45°C;
- Utilização de válvula misturadora para obtenção de uma temperatura de utilização de 38°C;
- Recirculação;
- Utilização de colectores planos;
- Depósito acumulador vertical de dupla serpentina;
- Circulação forçada através de bomba (circuito primário – B1);
- Depósito de expansão;

- O circuito primário será executado em tubo de cobre com aplicação de isolamento;
- Sistema de apoio por caldeira a gás/óleo; e,
- Sondas de temperatura.

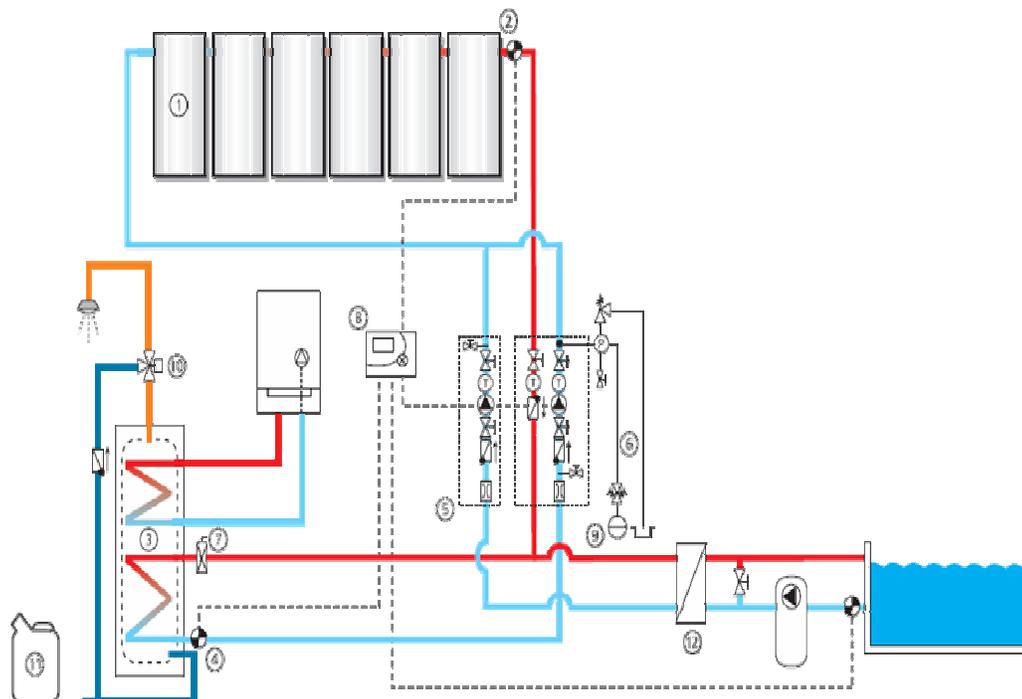
É dada prioridade ao aquecimento de água sanitária (AQS).

### **Aquecimento da Piscina**

- Temperatura de 26°C;
- Permutador de placas;
- Sondas de temperatura; e,
- Circulação forçada através de bomba (circuito primário – B2).

### **3.3 – Princípio de Funcionamento**

O sistema solar térmico, funcionará de acordo com o esquema mostrado na "figura 3.2", sendo dada prioridade à AQS.



**Figura 3.2** Esquema de Princípio

## **Água Quente Sanitária**

O sistema solar é constituído, basicamente, por dois circuitos hidráulicos que trocam energia térmica entre si no permutador de calor (permutador de serpentina do acumulador):

- Circuito primário – Neste circuito, circula o fluido (anticongelante) que absorve a energia da radiação solar. A radiação incidente no colector solar, irá aquecer o fluido do circuito primário, que irá trocar calor com a água de consumo, através do permutador de calor.
- Circuito secundário – Neste circuito, circula a água de consumo. A água proveniente da rede, entra no acumulador de calor e entra, depois, em circulação no circuito secundário. No permutador de calor, é aquecida pelo fluido existente no circuito primário. Caso a energia solar não seja suficiente para atingir a temperatura de consumo desejada, existe uma caldeira a gásóleo, que aquecerá a água até à temperatura de consumo.

## **Aquecimento da Piscina**

O sistema solar é constituído, basicamente, por dois circuitos hidráulicos que trocam energia térmica entre si no permutador de calor (permutador de placas):

- Circuito primário – Neste circuito, circula o fluido (anticongelante) que absorve a energia da radiação solar. A radiação incidente no colector solar irá aquecer o fluido do circuito primário, que irá trocar calor com a água da piscina, através do permutador de calor.
- Circuito secundário – Neste circuito, circula a água da piscina. No permutador de calor, a água é aquecida pelo fluido existente no circuito primário.

### 3.4 – Perfil de Consumos

Encontra-se, devidamente, explicitado nas tabelas e gráficos seguintes, também, constantes dos anexos.

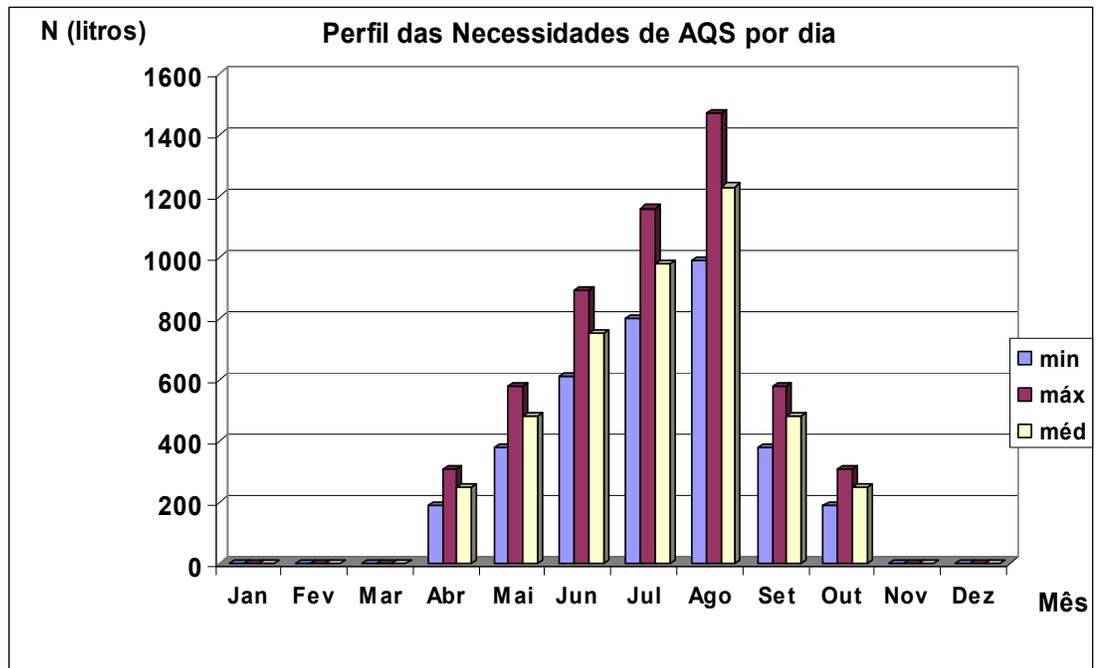
**Tabela 3.1** Estimativa do Perfil do Consumo.

AQS	Utilizadores / dia		Frac. Mês	Banhos / dia			Necessidades de AQS / dia			Fracção méd/mês
	Ocupação			min	máx	méd	min	máx	méd	
	(%)	nº	(%)	nº	nº	nº	(lits)	(lits)	(lits)	(%)
Jan	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
Fev	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
Mar	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
Abr	10	6	20,0	4	7	6	190	310	250	20,3
Mai	20	12	40,0	8	13	11	380	580	480	39,0
Jun	30	18	60,0	13	20	17	610	890	750	61,0
Jul	40	24	80,0	17	26	22	800	1160	980	79,7
Ago	50	30	100,0	21	33	27	990	1470	1230	100,0
Set	20	12	40,0	8	13	11	380	580	480	39,0
Out	10	6	20,0	4	7	6	190	310	250	20,3
Nov	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
Dez	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
<b>Média</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>51,4</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>505,71</b>	<b>757,14</b>	<b>631,43</b>	<b>51,3</b>

No presente caso, foi considerada uma necessidade de AQS, aproximadamente, de 40 litros por pessoa.

Como podemos constatar, pela observação da "**tabela 3.1**", a necessidade média diária de AQS é de, aproximadamente, 630 litros, atingindo o pico de 1230 litros no mês de Agosto (época alta).

A necessidade anual de AQS é de 135540 litros como se verifica consultando a "**tabela 3.3**".



**Figura 3.3** Perfil da necessidade diária de AQS, ao longo da época.

Na "**tabela 3.2**" apresenta-se a distribuição do consumo de AQS ao longo do horário de funcionamento diário em cada um dos meses de funcionamento.

**Tabela 3.2** Distribuição ao longo do dia e por mês dos consumos.

Perfil de Consumo - Balneário												
AQS (l)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
10 - 11	0	0	0	0	0	40	40	40	0	0	0	0
11 - 12	0	0	0	0	0	60	80	80	0	0	0	0
12 - 13	0	0	0	30	40	70	100	100	40	30	0	0
13 - 14	0	0	0	40	60	60	100	120	40	40	0	0
14 - 15	0	0	0	40	90	80	100	100	60	40	0	0
15 - 16	0	0	0	40	90	80	100	150	60	40	0	0
16 - 17	0	0	0	40	100	120	100	160	80	40	0	0
17 - 18	0	0	0	60	100	120	120	160	100	60	0	0
18 - 19	0	0	0	0	0	120	120	160	100	0	0	0
19 - 20	0	0	0	0	0	0	120	160	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>250</b>	<b>480</b>	<b>750</b>	<b>980</b>	<b>1230</b>	<b>480</b>	<b>250</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

As necessidades energéticas de AQS são dadas pela expressão  $Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$ ,

onde:

$m$  é a massa de água a consumir;

$C_e$  é o calor específico da água; e,

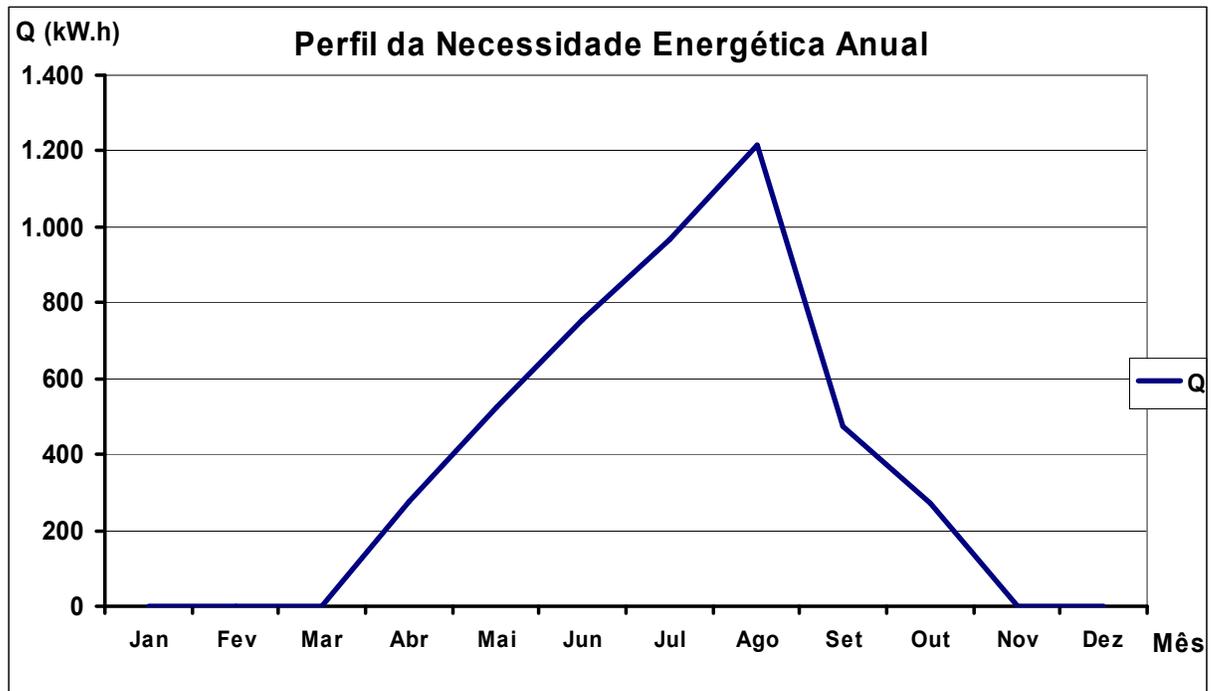
$\Delta T$  é a diferença entre a temperatura do projecto (45 °C) e a temperatura da água da rede.

Como já anteriormente foi referido, a temperatura de preparação de AQS é de 45 °C. Vamos calcular a energia necessária, para compensar a diferença de temperaturas, em cada mês, entre a média de temperatura da água da rede e a de preparação, isto é, 45 °C.

**Tabela 3.3** Necessidades energéticas de AQS

Mês	Dias	Consumo médio mensal		Temp. méd Água Rede (°C)	Salto Térmico (°C)	Necessidade Energética - $Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$				
						Mensal			Diária	
						(nº)	(lits)	(m <sup>3</sup> )	(Mcal)	(MJ)
Jan	31	0	0	11,2	33,8	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,00	0,00
Fev	28,25	0	0	11,7	33,3	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,00	0,00
Mar	31	0	0	12,2	32,8	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,00	0,00
Abr	30	7.500	7,5	13,1	31,9	239,25	1.001,69	<b>278,25</b>	33,39	9,27
Mai	31	14.880	14,88	14,6	30,4	452,35	1.893,91	<b>526,09</b>	61,09	16,97
Jun	30	22.500	22,5	16,1	28,9	650,25	2.722,47	<b>756,24</b>	90,75	25,21
Jul	31	30.380	30,38	17,6	27,4	832,41	3.485,14	<b>968,10</b>	112,42	31,23
Ago	31	38.130	38,13	17,6	27,4	1.044,76	4.374,21	<b>1.215,06</b>	141,10	39,20
Set	30	14.400	14,4	16,6	28,4	408,96	1.712,23	<b>475,62</b>	57,07	15,85
Out	31	7.750	7,75	15,1	29,9	231,73	970,19	<b>269,50</b>	31,30	8,69
Nov	30	0	0	12,5	32,5	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,00	0,00
Dez	31	0	0	11,5	33,5	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,00	0,00
Média	<b>30,44</b>	<b>19.362,86</b>	<b>19,36</b>	<b>14,15</b>	<b>30,85</b>	<b>551,39</b>	<b>2.308,55</b>	<b>641,26</b>	<b>75,30</b>	<b>20,92</b>
Tot. Anual	<b>365,25</b>	<b>135.540,00</b>	<b>135,54</b>			<b>3.859,71</b>	<b>16.159,84</b>	<b>4.488,84</b>		

Resulta do quadro anterior, "**tabela 3.3**", uma necessidade energética anual de, aproximadamente, 4.5 MWh, atingindo o seu pico de, aproximadamente, 1.2 MWh, no mês de Agosto, como se pode observar na "**figura 3.4**".



**Figura 3.4** Perfil da necessidade energética anual.

O número médio, diário, de utilizadores da piscina é de 15.

Não foi feita a estimativa das necessidades energéticas para o aquecimento da piscina, pois, a prioridade é o aquecimento da água utilizada no balneário, uma vez que a piscina só funciona, praticamente, nos meses de Verão. Esta, vai ser aquecida com o excedente da energia solar satisfeitas que foram as necessidades de AQS do balneário.

### **3.5 – Acumulador. Volume e Dimensionamento**

Ao sistema de armazenamento, devemos exigir-lhe as seguintes condições: alta capacidade calorífica, volume reduzido, temperatura de utilização de acordo com a necessidade energética, rápida resposta ao consumo, boa integração no edifício, baixo custo, segurança e longa duração.

Os depósitos acumuladores, dispor-se-ão, preferencialmente, em posição vertical, para favorecer a estratificação da temperatura da água. Como consequência, e no caso de haver mais do que um acumulador, da parte superior do primeiro depósito, extrai-se a água para o segundo acumulador. Com esta disposição asseguramos que a água mais quente se encontra na parte superior do acumulador, que é, precisamente, donde é extraída para o consumo sanitário.

A verticalidade dos depósitos de armazenamento, tem vantagens relativas ao custo, menor espaço ocupado e maior eficácia do isolamento térmico, sendo mais reduzidas as superfícies de apoio no chão.

**Para a escolha do material do depósito acumulador teremos em conta os seguintes factores:**

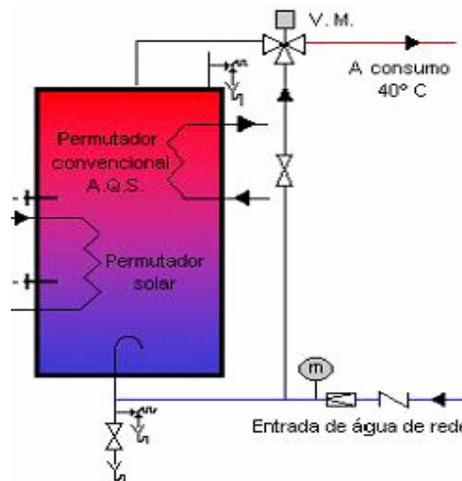
- **Corrosão** - O tratamento de potabilidade das águas, produz um importante acréscimo da sua agressividade.
- **Pressão** - A pressão dentro dos mesmos, pode chegar a  $8 \text{ kg/cm}^2$  e cada utilização traduz-se numa baixa de pressão no seu interior, provocando contracções.
- **Temperatura** - A temperatura da água acumulada, pode variar entre  $10^\circ \text{C}$  e  $90^\circ \text{C}$ , produzindo esforços de dilatações e contracções constantes.

O aço é o mais utilizado dado o seu custo, mas necessita de protecção interior contra a corrosão, seja mediante a pintura tipo "epoxi", com ânodo anti-corrosão de magnésio, ou galvanizado em quente. Neste caso, a temperatura de armazenamento não deve ultrapassar os  $65^\circ \text{C}$ .

Exteriormente o depósito protege-se com uma pintura anti-corrosiva que, simultaneamente, amplia a sua vida útil.

Geralmente o volume de acumulação corresponde ao consumo médio diário. Valores superiores não significam maiores economias. Por outro lado, se o volume acumulado é menor, conseguem-se maiores temperaturas de acumulação, mas com um menor rendimento.

A temperatura deve ser adequada à utilização, mas, neste caso, interessa que seja o mais baixo possível. Por exemplo, se pretendemos água para banhos (temperatura entre 36 °C e 38 °C) é conveniente que o sistema seja dimensionado para 45 °C a 50 °C e é recomendável a utilização de uma misturadora termostática que permita fornecer água a uma temperatura, tão próxima quanto possível, à de utilização.



**Figura 3.5** Acumulador com misturadora termostática (V.M.).

### Permutador de Calor

Introduz-se um permutador de calor numa instalação solar, quando queremos um permutador de calor numa instalação solar, quando queremos ter dois circuitos independentes de AQS e não a utilização de água de utilização passe pelos colectores.

- Instalações combinadas de AQS e aquecimento de piso radiante, tendo em conta que o consumo preferencial é para AQS.
- Instalações bi-fásicas que incluem captação, com colectores de água e aquecimento de ar forçado com sistema "fan-coil".

O uso de circuito fechado (com permutador) está hoje em dia generalizado; apesar de ser mais caro e representar uma penalização térmica, a menor corrosão e o desaparecimento dos depósitos de calcário compensam, rapidamente, essa penalização.

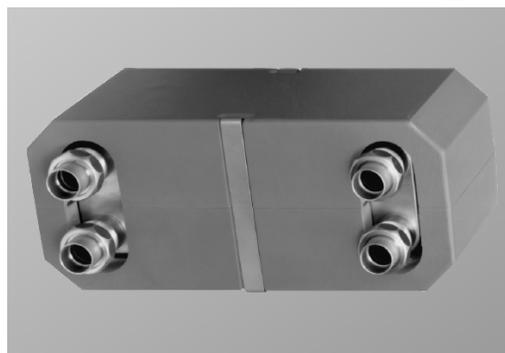
Os dois parâmetros que melhor caracterizam um permutador de calor são o rendimento e a eficácia de permuta. O **rendimento** define-se, como a relação entre a energia fornecida e a energia recebida. Com o permutador bem isolado, as perdas são da ordem dos 5%.

A **eficácia**, define-se como a relação entre a energia calorífica permutada e a máxima que, teoricamente, poderia permutar. Depende da área de permuta, da forma e geometria da mesma e do material, pois a condutibilidade influi na permuta. Um dimensionamento correcto do sistema, exige um valor para a eficácia, não inferior a 0,7.

Quanto menor for a eficácia, maior será a temperatura com que o fluido térmico volta aos colectores, diminuindo, assim, o rendimento destes e da instalação.

Recomenda-se uma potência de permuta de  $750 \text{ W/m}^2$  de superfície colectora.

Para instalações com acumulações a partir dos 3.000 litros, recomenda-se a utilização de permutadores exteriores, normalmente de placas, como o da "**figura 3.6**".



**Figura 3.6** Permutador de Placas.

Este tipo de permutadores, é dos mais utilizados e tem as seguintes vantagens:

- Alta qualidade do material, que garante a duração e a rentabilidade;
- São moduláveis, permitindo um fácil aumento do número de placas;
- Fácil manutenção; são desmontáveis e de fácil limpeza; e,
- Têm uma excelente eficácia, devido ao seu funcionamento em contracorrente, permitindo uma grande potência de permuta, mesmo sendo de pequena dimensão.

**No presente projecto**, foi escolhido um volume de acumulação de 500 litros, pois, apesar de o consumo médio ser de 630 litros e o máximo 1230 litros, com o escolhido, 60% das necessidades de AQS, são satisfeitas. Os meses em que não se verifica a situação referida, são os mais quentes, ou sejam, Junho, Julho e Agosto, onde o sistema solar é suficiente para suprir as necessidades de AQS.

### **3.5.1 – Características do Acumulador Escolhido**

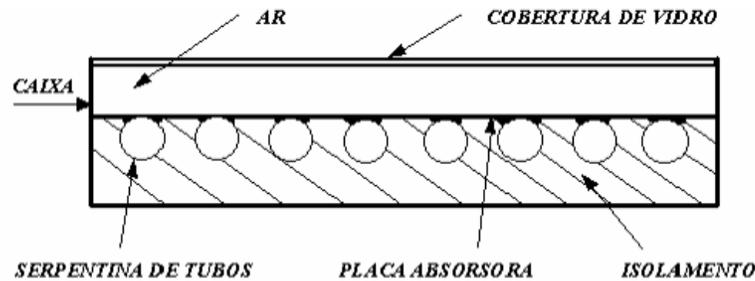
Foi escolhido um depósito, Vitocell – B 300 com as seguintes características:

- Em aço vitrificado;
- Capacidade de 500 litros;
- Dupla serpentina;
- Eficiência nos permutadores de 65%;
- Perda de carga da serpentina do circuito primário de 0.102 m c.a.;
- Volume de fluido da serpentina do circuito primário de 15 litros;
- Volume de fluido da serpentina do circuito secundário de 11 litros;
- Pressão máxima de serviço do circuito primário de 25 bar;
- Pressão máxima de serviço do circuito secundário de 10 bar; e,
- Altura de 1.767 m; Diâmetro de 0.923 m e Peso de 125 Kg.

## 3.6 – Superfície Colectora

### 3.6.1 – Constituição do Colector Plano

De forma simples, um colector plano é formado pela cobertura, a placa absorvora e uma caixa isolada para evitar perdas de calor. À placa absorvente solda-se uma serpentina de tubos pelos quais circula o fluido térmico.



**Figura 3.7** Constituição do Colector Plano.

#### **Coberturas transparentes**

As qualidades fundamentais que devem ter são:

- Ter uma boa transparência (perto de 90%);
- Provocar o efeito estufa e reduzir as perdas por convecção, melhorando o rendimento do colector; e,
- Assegurar a estanquicidade do colector à água e ao ar. As coberturas dos colectores devem resistir à pressão do vento, ao peso do gelo, da neve e aos choques térmicos.

Os materiais mais utilizados são o vidro e alguns tipos de acrílicos.

As coberturas de vidro duplo têm a vantagem de aumentar o efeito estufa e a temperatura que pode atingir o fluido no absorvora. Por outro lado, as perdas ópticas são maiores (a energia recebida é menor). Em geral, pode dizer-se que a cobertura dupla é mais interessante quando a temperatura exterior é mais baixa e o vento é mais forte. Nas nossas latitudes este tipo de cobertura só tem sentido para instalações de alta montanha, nas quais a intensidade de radiação é maior.

## Placa AbsorSORa

O absorSOR tem como missão receber a energia, transformá-la em calor e transmitir-la ao fluido térmico.

Os modelos mais habituais de absorSOR são:

- Duas placas metálicas separadas alguns milímetros, entre as quais circula o fluido (lâmina de água).
- Tipo denominado *Roll-Bond*. Estes painéis são formados por duas placas de cobre/alumínio unidas por pressão a quente. O circuito é desenhado com resina e nesse local as placas não soldam. O líquido circula nesse circuito "impresso".
- Placa metálica absorSORa, sobre a qual estão soldados os tubos.
- AbsorSORes de plástico (prolipropileno), usados quase exclusivamente em aquecimento de piscinas.

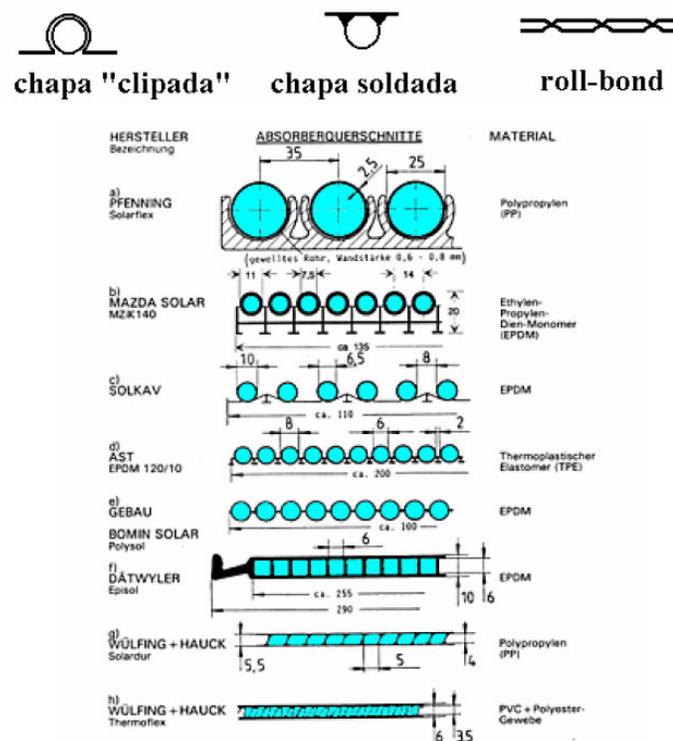


Figura 3.8 Modelos de AbsorSOR.

O absorvedor tem de ter uma absorptância elevada ( $>0.9$ ). Para que o rendimento seja elevado podemos recorrer a superfícies selectivas que absorvem tão bem como o corpo negro, mas perdem menos por radiação (0.05 a 0.15)

### **Isolamento posterior**

Situa-se entre a caixa e o absorvedor, para reduzir as perdas de calor por condução.

O isolamento utilizado, pode ser de qualquer dos tipos existentes no mercado (lã de vidro ou de rocha, poliuretano, aglomerado de cortiça, etc.), que possuam uma elevada resistência térmica.

A precaução mais importante é o seu comportamento com a temperatura, já que no Verão e com a instalação parada, pode ultrapassar os 150 °C. O envelhecimento e a humidade são dois factores a ter em conta, pois desta maneira perde-se grande parte das características isolantes.

### **Caixa**

A missão da caixa é proteger do vento, da chuva, da poeira, suportar os diversos elementos do colectador e actuar, conjuntamente, com a estrutura, através dos elementos de fixação necessários.

Não é aceitável ter de trocar um colectador, ou a caixa, antes do tempo de vida normal desta, que deve ser pelo menos de 10 anos.

A caixa deve ser estanque às entradas de ar e água e resistente à corrosão. Deverão selar-se todas as possíveis juntas, mas terá de haver um sistema de compensação de pressão interior que não permita a entrada de água.

### **3.6.2 – Rendimento de um Colectador Solar**

Os colectores ensaiam-se, geralmente, fazendo-os funcionar num banco de ensaio sob condições estáveis de radiação solar, velocidade do vento, temperatura do fluido à entrada e temperatura ambiente.

Os resultados obtidos nos ensaios apresentam-se como o **rendimento do colector,  $\eta$** , definido pela relação entre a energia captada e recebida

$$\eta = F(\tau\alpha) - (F \cdot U_L) \cdot \frac{t_f - t_a}{I_g}$$

com:

$\eta$  – Rendimento

$F$  – Factor de irrigação

$\tau$  – Transmitância da cobertura transparente

$\alpha$  – Absortância da placa absorsora

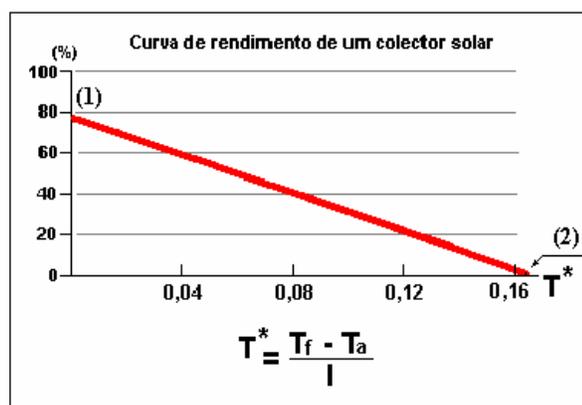
$F U_L$  – Coeficiente global de perdas

$t_f$  – Temperatura média do fluido

$t_a$  – Temperatura ambiente

$I_g$  – Radiação global incidente sobre o colector por unidade de área

Para um caudal determinado e com  $(\tau\alpha)$  e  $U_L$  constantes, a equação desta curva característica do colector, pode assemelhar-se com bastante exactidão a uma recta.



**Figura 3.9** Curva de Rendimento de um Colector Solar.

Por aqui se vê, "**figura 3.9**", que o rendimento do colector diminui à medida que a temperatura média do fluido ( $T_f$ ) sobe. Quando  $T^*$  é nulo (a temperatura média do fluido é igual à temperatura ambiente). O rendimento designa-se por

**rendimento óptico (1).** Quando a temperatura de saída for igual à temperatura de entrada, o rendimento é nulo e o colector atinge a **temperatura de estagnação (2)** (máxima temperatura que o colector pode atingir, para uma temperatura ambiente e radiação determinadas).

Como regra geral, deve escolher-se o colector de acordo com a temperatura de utilização pretendida, de forma a que o seu rendimento seja normalmente acima dos 40 % , como se pode ver no quadro seguinte, "**tabela 3.4**":

**Tabela 3.4** Tipo de Colector em função do Tipo de Instalação

TIPO DE INSTALAÇÃO	TEMPERATURA de UTILIZAÇÃO	TIPO DE COLECTOR
Piscinas / Estufas	< 30 °C	plano sem cobertura plano (preto baço) plano (selectivo)
Águas Sanitárias e pré-aquecimento Industrial	< 60 °C	plano (preto baço) plano (selectivo) CPC (baixa concentração)
pré-aquecimento Industrial	> 60 °C	CPC (baixa concentração) CPC (alta concentração) Tubos de Vácuo Outros Concentradores

As características, determinadas por meio de ensaios em laboratórios acreditados, devem ser fornecidas pelo fabricante e da sua ponderação, podemos deduzir a qualidade de um colector do ponto de vista térmico.

**Tabela 3.5** Coeficientes para os colectores mais habituais do mercado

Tipo de Colector	CARACTERÍSTICAS (relativas à área de abertura)	
	F' (τ α)	F' × U <sub>L</sub> (W/(m <sup>2</sup> °C))
NÃO SELECTIVO	0.7 - 0.8	8 – 9
SELECTIVO	0.7 - 0.8	4.5 – 6
C.P.C.	0,7 - 0,75	3,7 / 4,2 <sup>(1)</sup>
TUBOS DE VÁCUO	0,7 - 0,8	1,8 - 3

---

### **3.6.3 – Fluido de Transferência Térmica**

É aquele que circula dentro do absorvedor e que transfere à outra parte do sistema a energia térmica absorvida. Utiliza-se como fluido térmico, água ou uma mistura de anti-congelante e água, solução, esta, mais usada para proteger os colectores do perigo de congelação. É preciso ter em conta, as diferenças das propriedades físicas entre a água e os líquidos anti-congelantes. A viscosidade pode ser bastante elevada, sobretudo em frio, aumentando as perdas de carga no circuito e modificando as condições de funcionamento da bomba.

Se a diferença de altura entre os colectores e o ponto mais baixo do circuito primário for importante, pode produzir-se uma certa decantação do anti-congelante, diminuindo, assim, a sua concentração na parte superior do circuito, deixando desprotegidos os colectores.

A mistura com anti-gel provoca uma diminuição do calor específico do fluido.

O aumento do caudal, melhora a transferência de calor, mas também a potência consumida pela bomba. A partir de um certo valor, não se justifica aumentá-lo, porque o ganho térmico deixa de ser significativo.

O valor aconselhado, depende do colector e das características do fluido.

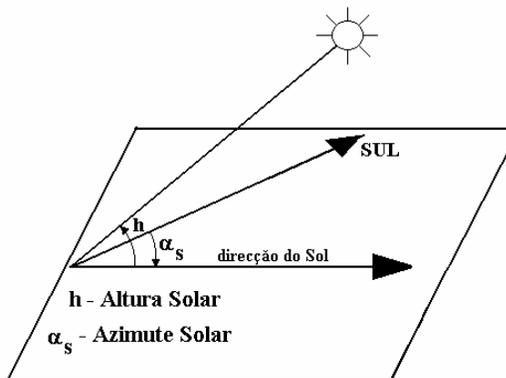
**No presente projecto, o fluido de transferência térmica** é uma dissolução de água e 30 % de Propilenglicol. Neste caso, o calor específico é de 0.94 Kcal/Kg °C.

Se o fabricante recomenda um caudal de 1.67 litros/minuto.colector quando o fluido de transferência térmica é a água, ter-se-á então que dividir este valor, pelo calor específico correspondente a uma solução de Propilenglicol a 30%, uma vez que, o fluido de transferência térmica, é uma dissolução de Propilenglicol.

O caudal recomendado passa de 1.67 a 1.77 litros/minuto.colector.

### 3.6.4 – Orientação e Inclinação dos Colectores

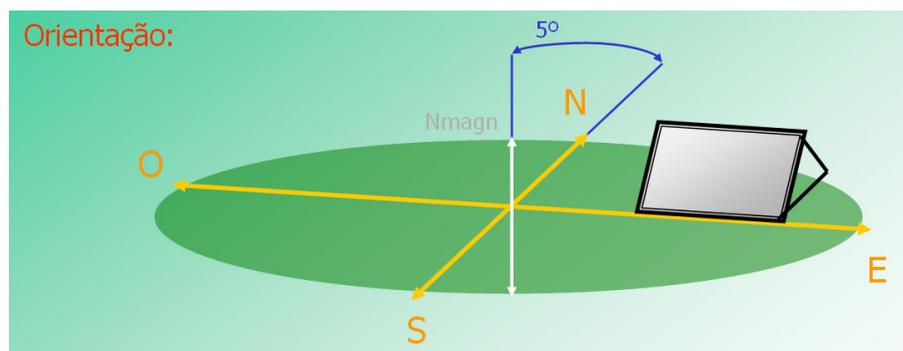
Os colectores devem situar-se de tal forma, que ao longo do período anual de utilização, aproveitem a máxima radiação solar incidente. **Orientam-se** ao Sul geográfico, não coincidente com o Sul magnético definido pela bússola, já que o **Norte geográfico está cerca de 5° para a direita do Norte magnético**.



**Figura 3.10** Altura Solar ( $h$ ) e Azimute Solar ( $\alpha_s$ )

O posicionamento dos colectores, determina a quantidade de radiação solar aproveitável, ao longo do período de utilização anual.

A orientação que maximiza a quantidade de radiação aproveitável, coincide com o Sul geográfico.



**Figura 3.11** Orientação de um Colector Solar

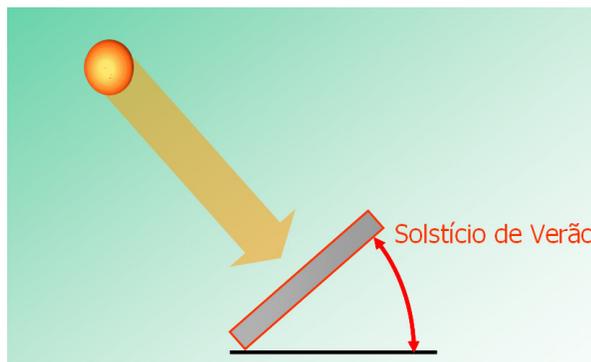
A **inclinação** dos colectores, deve otimizar a captação de radiação solar, tendo em conta a variação da altura solar ao longo do ano.

As inclinações que habitualmente se dão aos colectores, segundo a época do ano e uso, constam da "**tabela 3.6**":

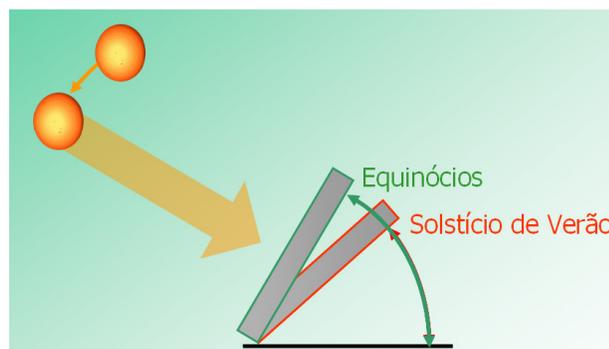
**Tabela 3.6** Inclinação do Colector em função da Utilização e da Latitude do Lugar

<u>UTILIZAÇÃO</u>	<u>ÂNGULO</u>
Todo o ano ( A.Q.S.)	Latitude do lugar - 5°
Inverno ( aquecimento )	Latitude do lugar + 15°.
Verão ( piscinas descobertas/hotéis temporada)	Latitude do lugar - 15°.

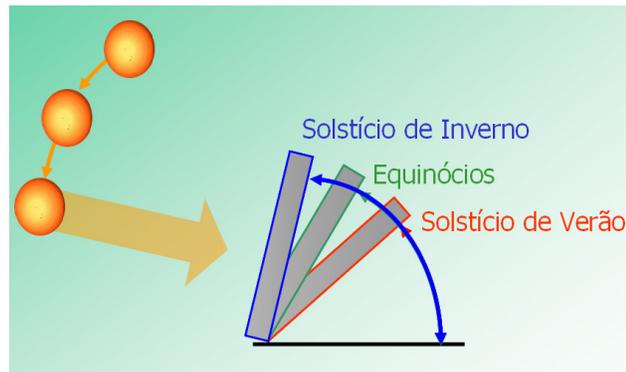
As figuras seguintes, "**figuras 3.12, 3.13 e 3.14**", mostram as diferentes inclinações a dar, aos colectores solares, de modo a otimizar a radiação solar, tendo em conta a variação solar ao longo do ano.



**Figura 3.12** Inclinação de um Colector Solar, no Solstício de Verão.



**Figura 3.13** Inclinação de um Colector Solar, nos Equinócios.



**Figura 3.14** Inclinação de um Coletor Solar, no Solstício de Inverno.

**No presente projecto, o grupo de colectores**, vai ser orientado ao Sul geográfico, com um azimute solar,  $\alpha_s$ , de  $0^\circ$  e uma inclinação de,  $40.2^\circ$  (latitude do local) –  $15^\circ$ , ou seja,  $25.2^\circ$ .

### **3.6.5 – Características do Coletor Plano Escolhido**

Foi escolhido um coletor, Vitosol 100, modelo s2.5, com as seguintes características:

- Rendimento óptico de 0.84;
- Factor de perdas de  $3.36 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ;
- Caudal recomendado de  $40 \text{ litros}/\text{h}.\text{m}^2$ ;
- Pressão máxima de serviço de 6 bar;
- Área da superfície colectora de  $2.5 \text{ m}^2$ ;
- Volume do fluido de transferência térmica de 2.2 litros
- Capacidade térmica de  $6.4 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ;
- Caixa em alumínio;
- Dimensões:  $1.138 \text{ m} \times 2.385 \text{ m}$ ;
- Peso de 60kg.

### 3.6.6 – Cálculo da Superfície Colectora Necessária

Foram efectuadas várias simulações, através dos programas “Solterm V4.5”, desenvolvido pelo INETI (Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia, e Inovação), “Esop 2.0” da Viessmann e “Wica V7.0” desenvolvido pela Roca, as quais se encontram em anexo.

#### **Simulação feita através do programa “Esop 2.0”**

Com uma superfície colectora de 20m<sup>2</sup> o sistema solar, conseguirá assegurar cerca de **98.3%** das necessidades de energia, para aquecimento da água dos banhos (AQS). Para o aquecimento da água da piscina, conseguirá assegurar cerca de **100%** das necessidades de energia.

<b>Resultados de la simulación anual</b>		
Radiación sobre la superficie del colector:	34,67 MWh	1733,48 kWh/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los colectores:	15,11 MWh	755,69 kWh/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los circuitos del colector:	13,14 MWh	656,86 kWh/m <sup>2</sup>
Suministro de energía para la producción del agua caliente:	4,46 MWh	
Energía sistema solar en el ACS:	5,32 MWh	
Energía sistema solar en la piscina:	7,81 MWh	

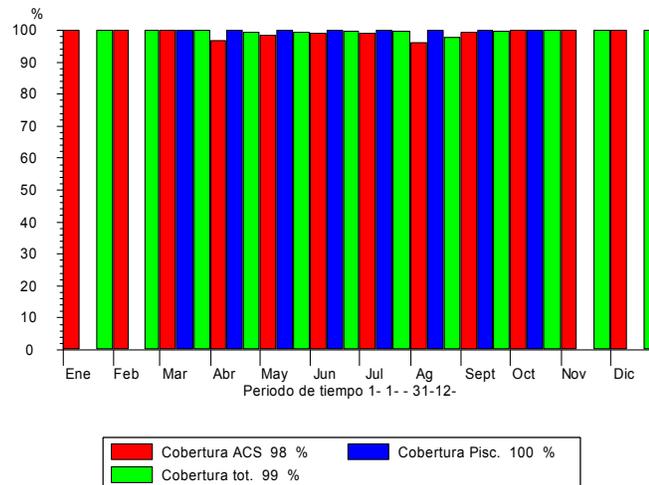
  

<b>Ahorro Gasoil (L):2.200,2 l</b>
<b>Emisión de CO2 evitada:6.003,0 kg</b>
<b>fracción solar cobertura ACS:98,3 %</b>
<b>Temperatura media pisc.26,1 C°</b>
<b>Temperatura piscina superior a 26,0 °C :53,8 % de las horas de servicio</b>
<b>Rendimiento del sistema:37,9 %</b>

**Figura 3.15** Resultados da Simulação feita pelo programa “ESOP”.

Um rendimento do sistema de 37.9%.

Poupança anual de gasóleo de 2200.2 litros.



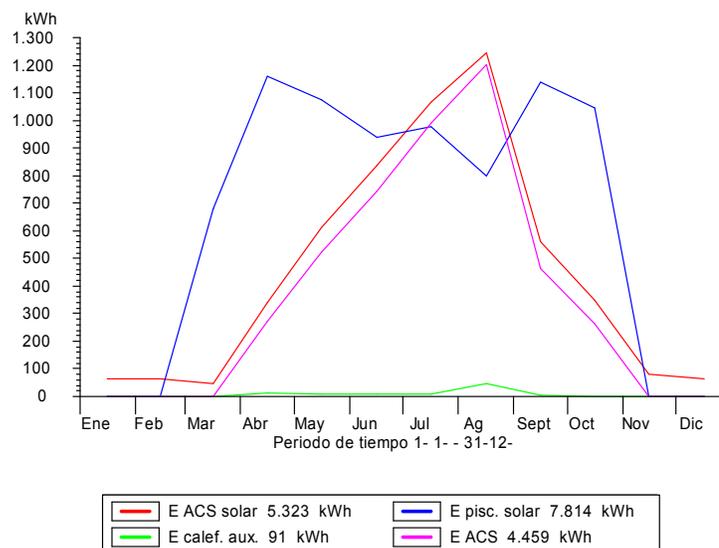
**Figura 3.16** Taxa de Cobertura das Necessidades de Energia – Fracção Solar.

Pela observação da "figura 3.17", verificamos que a energia necessária para a produção de água quente sanitária (AQS) é de 4.46 MWh.

A energia fornecida pelo sistema solar para a produção de AQS é de 5.32 MWh.

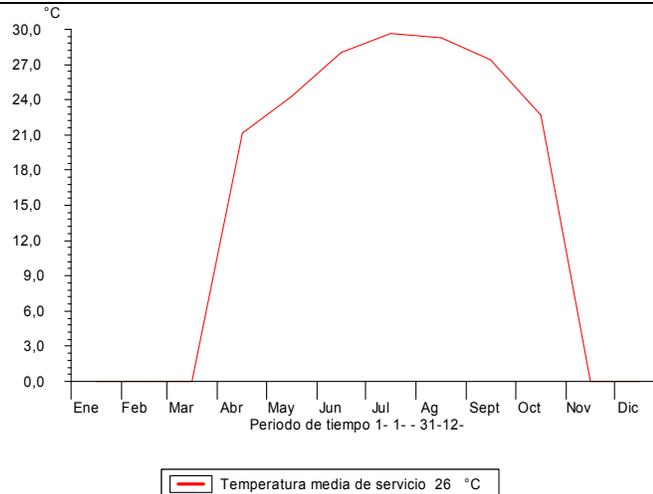
A energia fornecida pelo sistema solar para o aquecimento da água da piscina é de 7.81 MWh.

A energia fornecida, pela caldeira de apoio à AQS é de 91 kWh.



**Figura 3.17** Energia necessária e fornecida.

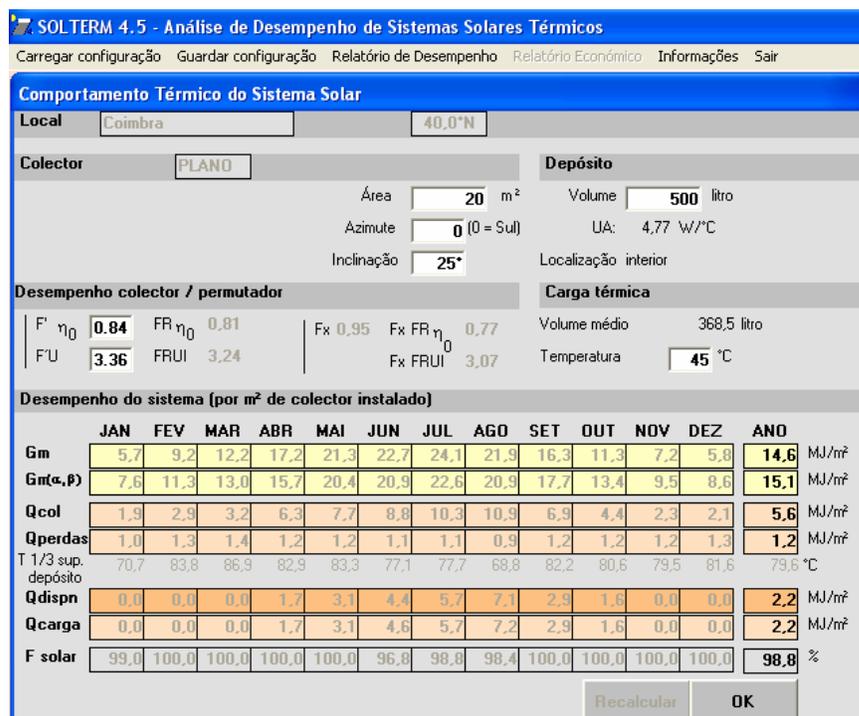
Uma temperatura média, anual, da água da piscina de 26.1° C e superior a 26° C em 53.8% das horas de funcionamento.



**Figura 3.18** Temperatura média da água da piscina ao longo do ano.

### Simulação feita através do programa "Solterm V4.5"

A simulação feita, através deste programa, teve em vista, unicamente, o cálculo da superfície colectora necessária para satisfazer a AQS. O "Solterm" não permite a combinação de sistemas, neste caso, AQS e aquecimento da piscina. Foi utilizado este programa, para confirmar os resultados obtidos pelo programa "Esop".



**Figura 3.19** Resultados da Simulação feita pelo programa "Solterm".

Como podemos verificar, pela análise da "**figura 3.19**", o sistema solar conseguirá assegurar cerca de 98.8% das necessidades de energia, para aquecimento da água dos banhos (AQS).

**No presente projecto**, como são utilizados colectores com área unitária de  $2.5\text{m}^2$  e queremos uma superfície colectora de  $20\text{m}^2$ , obtemos uma necessidade de **8 colectores**, orientados para o Sul geográfico e com uma inclinação de  $25.2^\circ$ .

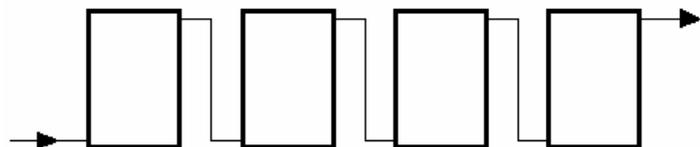
O aparente sobredimensionamento, resulta de, por um lado se tratar de um empreendimento luxuoso, e por outro lado o aldeamento não estar ligado à rede eléctrica. O aldeamento é alimentado por um Sistema Híbrido.

### **3.6.7 – Distribuição e Ligação dos Colectores**

Como regra geral, para uma distribuição uniforme do caudal, é conveniente que todas as filas de colectores, tenham o mesmo número de colectores, para assegurar perdas de carga iguais em todas elas, sem aumentar os custos com acessórios.

Existem dois tipos de ligação para os colectores e que são:

- **Ligação em série.** Neste caso, o caudal de circulação é igual em todos os colectores.

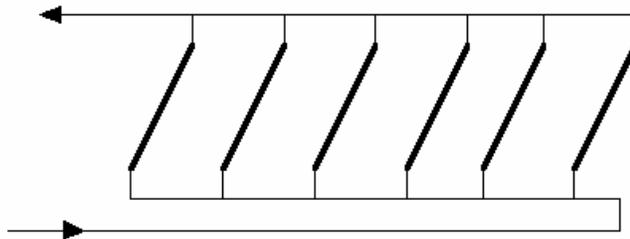


**Figura 3.20** Ligação em Série

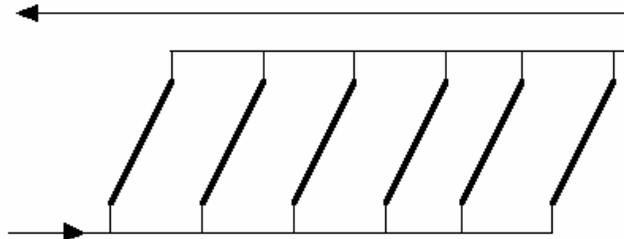
A ligação de entrada a cada fila, realizar-se-á pelo tubo de ligação inferior do primeiro colector e a saída pelo tubo de ligação superior do último

colector da linha. Para determinar o número máximo de colectores que podem ser ligados em série, é preciso ter em consideração que a temperatura nos últimos colectores pode ser elevada e provocar danos nos materiais ou a formação de vapor no circuito. Por outra parte, há uma acentuada queda do rendimento nos últimos colectores da série.

- **Ligação em paralelo.** Devemos dispor as ligações, de forma a realizar a denominada **alimentação ou retorno invertido**, para que o circuito resulte **hidraulicamente equilibrado**.



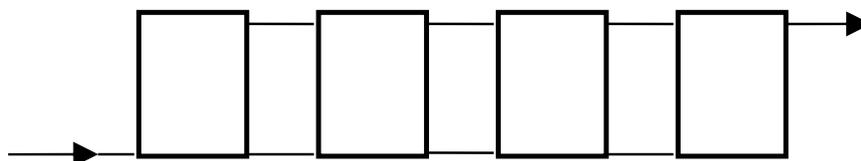
**Figura 3.21** Ligação em paralelo com alimentação invertida.



**Figura 3.22** Ligação em paralelo com retorno invertido.

O traçado, realizar-se-á de modo que o tubo geral de retorno, pelo qual circula o fluido aquecido, tenha o percurso mais curto possível. Assim, **é mais conveniente a alimentação invertida**.

- **Ligação em paralelo de canais.**



**Figura 3.20** Paralelo de Canais

A ligação em paralelo, poderá ser feita em paralelo de canais, com a vantagem de necessitar de um menor comprimento das tubagens. O número máximo de colectores ligados em paralelo de canais, será o recomendado pelo fabricante.

Do ponto de vista funcional, devemos ter em conta para o traçado da bateria de colectores, os seguintes factores:

- A instalação dos colectores, deve assegurar que o percurso hidráulico seja o mesmo para todos, de forma a obter perdas de carga e caudais similares em todos eles. Se assim não for, os saltos térmicos nos colectores, que dependem directamente do caudal, serão diferentes uns dos outros, reduzindo-se o rendimento global da instalação.
- O caudal específico nos colectores, em litros/(m<sup>2</sup>.min), deve ser o caudal recomendado. Desta forma, asseguramos um bom coeficiente de transmissão de calor, entre o absorsor e o fluido. O valor óptimo, depende das características do colector e do fluido de transferência.
- O comprimento das tubagens, deve ser o mais curto possível, para minimizar as perdas de carga e de calor. As perdas de calor em tubagens e acessórios devem reduzir-se ao mínimo, evitando zonas mal isoladas e pontes térmicas.
- O desenho da bateria ,deve evitar a formação de bolsas de vapor ou de ar, tal como permitir uma montagem e desmontagem simples dos colectores.

Caudais menores, penalizam o rendimento, pois obrigam o segundo colector e seguintes, a funcionar com temperaturas mais elevadas.

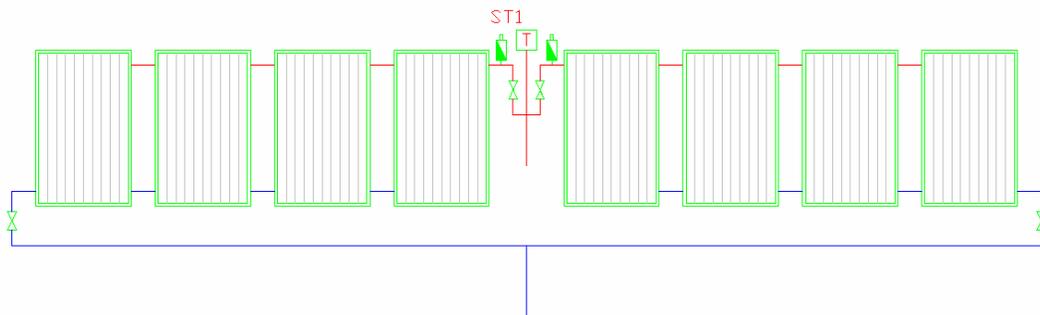
Nos colectores em série, para manter o caudal por unidade de área, implica o aumento significativo de perda de carga.

A saída de linha de colectores, irá munida de um sistema de purga de ar manual e de uma válvula de fecho de tipo esfera, que permita o corte e isolamento das linhas, para poder intervir, em caso de avaria.

Na instalação, deve incorporar-se, no ponto mais alto de cada uma das linhas de colectores, um purgador de ar de tipo bóia, que permita purgar o ar e o esvaziamento das linhas quando necessário.

A instalação da sonda de temperatura, far-se-á na saída da linha de colectores seleccionada, cuidando que o sensor penetre o máximo possível para detectar a temperatura real do fluido, no interior da placa absorvente do colector.

**No presente projecto**, optou-se que os **oito colectores** fossem ligados em **paralelo de canais** quatro a quatro, formando, assim, dois conjuntos de quatro colectores. Estes dois conjuntos, serão ligados em paralelo entre si, com alimentação invertida, de forma a otimizar o sistema.



**Figura 3.21** Ligação dos Colectores em Paralelo de Canais.

A área de captação total é de 20m<sup>2</sup>. Os colectores, deverão ser instalados numa estrutura de fixação num espaço da cobertura, livre de sombreamento.

### **3.7 – Sistema de Apoio**

**No presente projecto**, o apoio será realizado por uma caldeira a gásóleo, com as seguintes características:

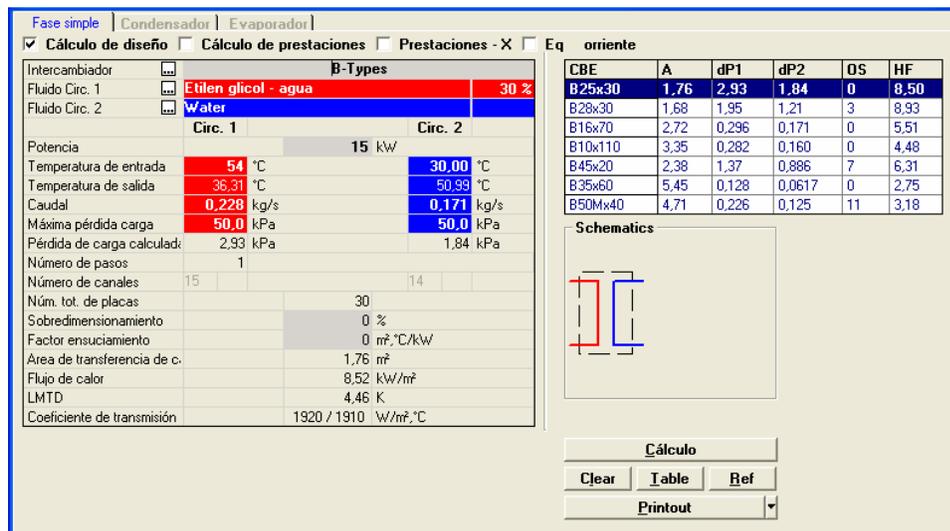
- Caldeira Vitola 100 27 kW;
- Potência nominal de 27 kW;
- Rendimento de 93%; e,
- Bomba de circulação de 60W .

### 3.8 – Permutador de Placas

O sistema solar é constituído, basicamente, por dois circuitos hidráulicos que trocam energia térmica entre si no permutador de placas (**Aquecimento da água da piscina**).

O permutador de placas, será do modelo B 25\*30, com as seguintes características:

- Temperatura de entrada no circuito primário de 54 °C;
- Temperatura de saída no circuito primário de 36.31 °C;
- Temperatura de entrada no circuito secundário de 30 °C;
- Temperatura de saída no circuito secundário de 51 °C;
- Perda de carga no circuito primário de 0.3 m. c.a.;
- Perda de carga no circuito secundário de 0.19 m. c.a.; e,
- Área de transferência de calor de 1.76m<sup>2</sup>.



CBE	A	dP1	dP2	OS	HF
<b>B25x30</b>	<b>1.76</b>	<b>2.93</b>	<b>1.84</b>	<b>0</b>	<b>0.50</b>
B28x30	1.68	1.95	1.21	3	8.93
B16x70	2.72	0.296	0.171	0	5.51
B10x110	3.35	0.282	0.160	0	4.48
B45x20	2.38	1.37	0.886	7	6.31
B35x60	5.45	0.128	0.0617	0	2.75
B50Mx40	4.71	0.226	0.125	11	3.18

Figura 3.22 Programa de dimensionamento do Permutador de Placas.

## **3.9 – Tubagens do Circuito Primário**

### **3.9.1 – Tubagens. Materiais Utilizados**

Os materiais mais frequentemente utilizados são o aço inox, o cobre, o aço galvanizado, o aço negro e os materiais plásticos.

**No presente projecto**, o material utilizado na tubagem é o Cobre.

É um material amplamente utilizado em todo o tipo de instalações, por ser tecnicamente adequado e economicamente competitivo.

O cobre resiste à corrosão, tanto dos líquidos que circulam pelo seu interior, como dos agentes exteriores, tais como, ar, humidade ou outros elementos que entrem em contacto com ele.

A sua maleabilidade e ductilidade, permitem uma cómoda manipulação e uma grande facilidade para realizar traçados complicados.

Em relação ao inox, tem a vantagem de poder ser curvado, evitando utilizar acessórios e as correspondentes perdas de carga singulares.

### **3.9.2. – Dimensionamento das Tubagens**

Uma vez calculado o caudal do líquido circulante pela instalação, dimensionamos o diâmetro das tubagens, tendo em conta que no circuito primário, a velocidade máxima recomendada é de 1,5 m/s e que no circuito secundário é de 2,0 m/s.

A perda de carga, como regra geral, não deve ultrapassar os 40 mm de coluna de água por metro linear de tubo.

O caudal recomendado pelo fabricante é de 40 litros/m<sup>2</sup>.h, ou seja, de 1.67 litros/colector.minuto, pois cada colector tem uma superfície de 2.5 m<sup>2</sup>.

Como o fluido de transferência térmica, é uma dissolução de água e 30 % de Propilenglicol, ter-se-á que dividir o caudal, de 1.67 l/col.min pelo calor específico correspondente à solução (0.94 Kcal/Kg °C para uma temperatura de 45 °C – "**Anexo IV, gráfico 4**"), obtendo assim, um **caudal de 1.77 litros por minuto por colector.**

Através do caudal obtido, para o grupo de colectores, podemos obter o **diâmetro interior da tubagem** utilizando a fórmula seguinte:

$$d = j \cdot C^{0.35}$$

Onde **d** é o diâmetro em cm, **C** o caudal em m<sup>3</sup>/h e **j** 2.2 (tubagens metálicas).

De seguida, deve comprovar-se, para o diâmetro obtido, se a instalação cumpre as seguintes condições:

- A perda de carga por metro linear de tubo, não supere os 40 mm. c.a.
- A velocidade de circulação do líquido terá que ser inferior a 1,5 m/s.

Através da utilização de um gráfico, "**Anexo IV, gráfico 1** ", do conhecimento prévio do caudal e do diâmetro interior calculado, obtemos a velocidade e a perda de carga. Deve ser aplicado um factor de correcção, à perda de carga obtida, uma vez que o fluido não é água.

A velocidade poderia ser confirmada, com mais exactidão, através da seguinte fórmula:

$$Q = \pi \times (d^2 / 4) \times v.$$

Q - Caudal circulante em m<sup>3</sup>/s. ( 1 m<sup>3</sup>/h = 0,000277 m<sup>3</sup>/s).

d - Diâmetro interior do tubo em m. (1 mm. = 0,001 m).

v - Velocidade de passagem em m/s.

### **Tubagem do circuito primário, que liga à bateria de colectores**

Como temos **oito colectores**, o caudal total será de  $8 \times 1.77 = 14.18$  litros por colector (851 litros por hora ou 0.85 metros cúbicos por hora).

$$d = j \cdot C^{0.35} = 2.2 \times 0.85^{0.35} = 2.08 \text{ cm} = 20.8 \text{ mm} \quad (\text{diâmetro interior})$$

Deverá, portanto, escolher-se o diâmetro comercial mais próximo, e ver se cumpre as condições exigidas em questão de velocidade e perda de carga.

#### **Tubagem de cobre comercial: Cu $\varnothing$ 28\*1 mm**

Pelo "**gráfico 1 do Anexo IV**" pode verificar-se que, para um **caudal de  $0.85 \text{ m}^3/\text{h}$**  de água, a perda de carga será de cerca de 16 mm c.a., a uma velocidade, (calculada), de 0.45 m/s

Contudo, há que ter em conta que o fluido ao ser distinto da água, aos resultados obtidos no gráfico, deve aplicar-se um factor de correcção, igual à raiz quarta do quociente, entre a viscosidade da dissolução e a da água à temperatura pretendida, (neste caso 45 °C).

Para a temperatura de 45 °C obtemos uma viscosidade de 0.58 para a água e 1.25 para a dissolução - "**gráfico 2 do Anexo IV**".

$$F = \sqrt[4]{\frac{\text{Vis.dissolução}}{\text{Vis.água}}} = \sqrt[4]{\frac{1.25}{0.58}} \approx 1.21$$

Fazendo a respectiva correcção, ( $1.21 \times 16 = 19.4$  mm c.a.), haverá uma **perda de carga de 19.4 mm c.a.**, que é bastante inferior à perda de carga máxima, (40 mm c.a.).

### **Tubagem que faz o paralelo dos dois grupos**

Como temos **quatro colectores**, o caudal total será de  $4 \cdot 1.77 = 7.1$  litros por colector (425.5 litros por hora ou 0.43 metros cúbicos por hora)

$$d = j \cdot C^{0.35} = 2.2 \times 0.43^{0.35} \approx 1.64 \text{ cm} = 16.4 \text{ mm} \quad (\text{diâmetro interior})$$

#### **Tubagem de cobre comercial: Cu $\varnothing$ 22\*1 mm**

Pelo "**gráfico 1 do Anexo IV**" pode verificar-se, que para um **caudal de  $0.43 \text{ m}^3/\text{h}$**  de água, a perda de carga, será de cerca de 14 mm c.a. a uma velocidade, (calculada), de 0.38 m/s

Fazendo a respectiva correcção, ( $1.21 \cdot 14 = 16.9$  mm c.a.), haverá uma **perda de carga de 16.9 mm c.a.**, que é bastante inferior à perda de carga máxima, (40 mm c.a.).

### **3.9.3. – Isolamento das Tubagens**

Nas tubagens pelas quais circula fluido quente, aplicar-se-á isolamento térmico, cuja espessura, será determinada de acordo com as hipóteses seguintes:

- Temperatura do fluido em circulação: 60°C;
- Temperatura ambiente exterior de: 10° C;
- Queda máxima de temperatura do fluido circulante ao longo de toda a tubagem inferior a 0,5° C.

A espessura do isolamento mínimo recomendado nas tubagens para um material com um coeficiente de condutibilidade térmica  $K = 0,04 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ , será o apresentado na tabela seguinte:

**Tabela 3.6** Espessura do Isolamento em função do diâmetro do tubo

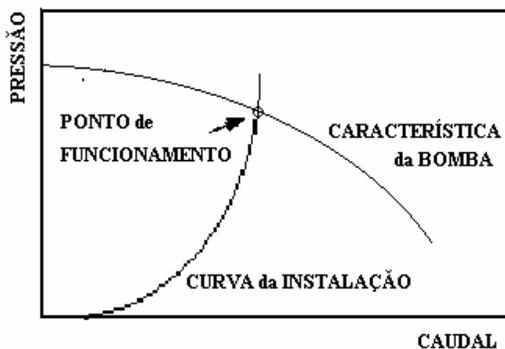
<b>DIÂMETRO DO TUBO / ESPESSURA DO ISOLAMENTO</b>			
<b>NOMINAL DE AÇO</b>	<b>INTERIOR DE EDIFÍCIOS</b>	<b>EXTERIOR DE COBRE</b>	<b>INTERIOR DE EDIFÍCIOS</b>
D < 1/4"	30 mm.	D < 35 mm	20 mm.
1 1/4" < D < 2"	30 mm.	36 < D < 50	20 mm.
2" < D < 3"	40 mm.	51 < D < 80	30 mm.
3" < D < 5"	40 mm.	81 < D < 125	30 mm.
5" < D	50 mm.	126 < D	40 mm.

**No presente projecto**, a espessura mínima do isolamento será:

- Para a tubagem **Cu ø 28\*1 mm** do circuito primário, que liga à bateria de colectores, a *espessura do isolamento* mínimo recomendado é de **20 mm**;
- Para a tubagem **Cu ø 22\*1 mm** que faz o paralelo dos dois grupos, a mesma é de **20 mm**.

### 3.10 – Bombas de Circulação

A movimentação do fluido térmico no circuito primário e da AQS no secundário, realiza-se com a ajuda de electro-circuladores (grupos de pressão accionados por um motor eléctrico), capazes de fornecer ao fluido, a energia necessária para poder transportá-lo a uma determinada pressão. Esta energia, deve vencer a resistência que opõe o fluido à sua passagem pelo tubo e o aumento de altura para manter a pressão de trabalho em qualquer ponto da instalação.



**Figura 3.23** Ponto de Funcionamento da Bomba Circuladora.

Cada bomba tem uma curva característica de  $\Delta P$ , (perda de carga), em função do caudal.

O ponto de funcionamento, corresponde à intersecção entre a curva da instalação e a característica da bomba. A bomba, deve ser escolhida de forma a que o ponto de funcionamento, se situe na zona central da sua curva característica.

Existem bombas com um selector de velocidade, que permite escolher a sua curva. Neste caso, é conveniente escolher uma bomba que funcione nas velocidades intermédias e não nas extremas, pois, desta forma, ficamos com possibilidade de "manobra".

Para dimensionar a bomba, é necessário calcular a perda de carga da instalação.

### **3.10.1 – Bomba de Circulação do Circuito Primário – B1**

A perda de carga, da instalação, obtida foi de 3.724 m. c.a.

A totalidade desta perda de carga, corresponde ao somatório das seguintes perdas de carga:

- Perda de carga na tubagem, acessórios e singularidades – 2.317 m. c.a.;
- Perda de carga no grupo de colectores – 1.306 m. c.a.; e,
- Perda de carga no permutador de serpentina – 0.102 m. c.a.

### **Dimensionamento da Bomba – B1**

$$P = C \cdot \Delta P$$

Onde  $P$  é a potência eléctrica do electrocirculador,  $C$  o caudal ( $m^3/s$ ) e  $\Delta P$  a perda de carga da instalação ( $N/m^2$ )

$$\Delta P_{Total} = 3.724 \text{ m c.a.} \times 9800 \text{ N/m}^2 / 1 \text{ m c.a.} \approx 36497.5 \text{ N/m}^2$$

$$P = \frac{0.85}{3600} \times 36497.5 \approx 8.62 \text{ W}$$

Considerando o rendimento da bomba circuladora de 25%, ter-se-á uma potência nominal de:

$$P_n = \frac{P}{\eta_{bomba}} = \frac{8.62}{0.25} \approx 34.48 \text{ W}$$

Deve escolher-se uma bomba com uma potência nominal cerca de 20% acima deste valor, ou seja, ( $34.48 \times 1.2 = 41.38 \text{ W}$ ), 41.38 W.

Obtemos, assim, depois de uma análise à sua curva característica (fabricante), uma bomba circuladora com as seguintes características:

- Bomba Grundfos – PS 10 – II (60W);
- Tensão nominal de 230 V;
- Potência nominal de 60 W;
- Pressão máxima de 6 bar;
- Caudal máximo de 3.7  $m^3/h$ ;
- H. Máxima de 5.8 m;
- Perda de carga de 3.7 m c.a. (ponto de funcionamento);
- Caudal de 851 litros/h.

### **3.10.2 – Bomba de Circulação do Circuito Secundário – B2**

A perda de carga, da instalação, obtida foi de 3.752 m. c.a.

A totalidade desta perda de carga, corresponde ao somatório das seguintes perdas de carga:

- Perda de carga na tubagem, acessórios e singularidades – 2.148 m. c.a.;
- Perda de carga no grupo de colectores – 1.306 m. c.a., e,
- Perda de carga no permutador de serpentina – 0.299 m. c.a.

### **Dimensionamento da Bomba – B2**

$$\Delta P_{Total} = 3.752 \text{ m c.a.} \times 9800 \text{ N / m}^2 / 1 \text{ m c.a.} \approx 36769.6 \text{ N / m}^2$$

$$P = \frac{0.85}{3600} \times 36769.6 \approx 8.68 \text{ W}$$

Considerando o rendimento da bomba circuladora de 25%, ter-se-á uma potência nominal de:

$$P_n = \frac{P}{\eta_{bomba}} = \frac{8.68}{0.25} \approx 34.72 \text{ W}$$

Deve escolher-se uma bomba com uma potência nominal cerca de 20% acima deste valor, ou seja,  $(34.72 \times 1.2 = 41.66 \text{ W})$ , 41.66 W.

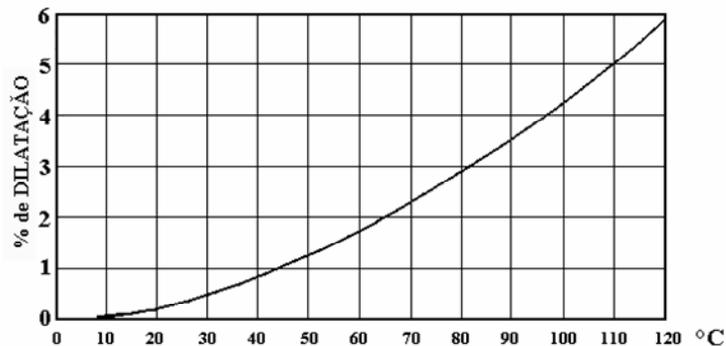
Obtemos, assim, depois de uma análise à sua curva característica (fabricante), uma bomba circuladora com as seguintes características:

- Bomba Grundfos – P 10 – II (60W);
- Tensão nominal de 230 V;
- Potência nominal de 60 W;
- Pressão máxima de 6 bar;
- Caudal máximo de 3.7 m<sup>3</sup>/h;
- H. Máxima de 5.8 m;
- Perda de carga de 3.75 m. c.a.; e,

- Caudal de 851 litros/h.

### 3.11 – Vaso de Expansão

Ao aquecer a água, esta dilata e alguma coisa num circuito tem de “encaixar” esta dilatação. Esta função, é assegurada pelos vasos de expansão que podem ser abertos ou fechados.

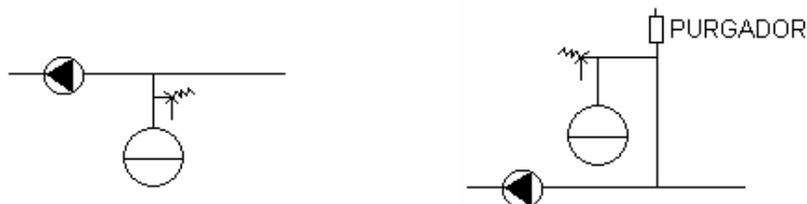


**Figura 3.24** Dilatação da água em função da temperatura.

O volume de um vaso de expansão deve ser, pelo menos, igual ao aumento de volume do líquido do circuito, se a pressão inicial do vaso de expansão for igual à pressão do circuito no ponto de ligação. Recomenda-se que a pressão inicial seja de 2/3 da pressão do circuito (pressões absolutas).

#### 3.11.1 – Montagens correctas do vaso de expansão

O vaso de expansão, deverá ser montado, necessariamente, na aspiração da bomba no circuito de ida para os colectores, "**figura 3.25**", e se o espaço impedir a colocação da forma anterior, podemos instalá-lo como mostra a "**figura 3.26**". Neste caso, é absolutamente necessário instalar um purgador automático, antes do vaso de expansão, para poder facilitar a evacuação de gases.



**Figura 3.25** Montagem do Vaso de Expansão. **Figura 3.26** Montagem do Vaso de Expansão.

### 3.11.2 – Dimensionamento do Vaso de Expansão

O vaso de Expansão, para o circuito primário pode ser dimensionado através da seguinte fórmula:

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \times V_K) \times (P_e + 1)}{P_e - (P_{st} + 0.5)}$$

Onde:

- $V_N$  é o volume nominal do depósito de expansão em litros;
- $V_V$  é igual a  $0.005 \times V_A$  em litros (mínimo de 3 litros);
- $V_A$  é o volume do fluido da instalação completa;
- $V_2$  é igual a  $V_A \times \beta$ , com  $\beta = 0.16$  para temperaturas entre  $-20$  °C a  $+120$  °C;
- $V_K$  é a capacidade do colector em litros;
- $P_e$  é a pressão final admissível em bar ( $P_e = P_{si} - 0.1 \times P_{si}$ ).  $P_{si}$  é a pressão da válvula de segurança;
- $P_{st}$  é a pressão inicial do azoto do vaso de expansão em bar, ( $P_{st} = 1.5$  bar  $+ 0.1 \times h$ ).  $h$  é a altura entre a saída para o vaso de expansão, (grupo de bombagem), e o topo do colector, (ponto + alto); e,
- $Z$  é o número de colectores.

O volume do fluido da instalação completa,  $V_A$ , é de 41.32 litros. Corresponde ao somatório dos seguintes volumes:

- Volume total do fluido nos oito colectores – 17.6 litros;
- Volume total do fluido na tubagem de cobre – 8.02 litros;
- Volume total do fluido na serpentina (circuito primário) – 15 litros;
- Volume total do fluido no grupo de bombagem (circuito primário) – 0.7 litros.

$$V_V = 0.005 \times V_A = 0.005 \times 41.32 \approx 0.21 \text{ litros} \Rightarrow V_V = 3 \text{ litros} \quad (\text{mínimo de 3 litros})$$

A altura,  $h$ , é de 3.2 metros e a pressão da válvula de segurança,  $P_{si}$ , é de 6 bar.

$$P_e = 6 - 0.1 \times 6 = 5.4 \text{ bar}$$

$$P_{st} = 1.5 + 0.1 \times 3.2 = 1.82 \text{ bar}$$

$$V_2 = 41.32 \times 0.13 = 5.37 \text{ litros}$$

$$V_K = 2.2 \text{ litros}$$

$$z = 8 \text{ colectores}$$

$$V_N = \frac{(3 + 5.37 + 8 \times 2.2) \times (5.4 + 1)}{5.4 - (1.82 + 0.5)} \approx 53.96 \text{ litros}$$

A instalação em causa, necessita de um vaso de expansão de 54 litros. Optamos por dois vasos de expansão da Viessmann, um de 40 e outro de 18 litros.

### 3.12 – Controlo

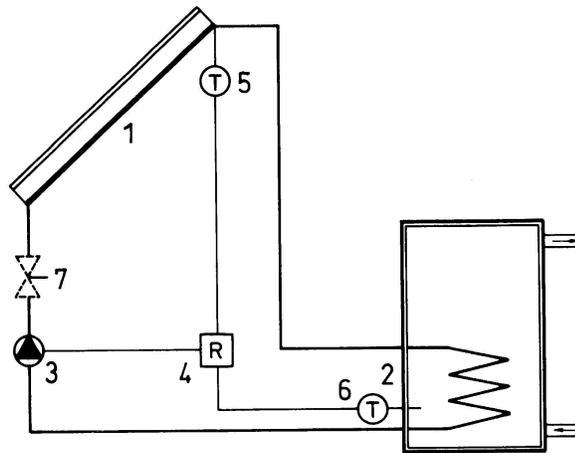
Os electro-circuladores, devem funcionar, só quando os colectores puderem ter um ganho útil e, parar quando o rendimento for negativo, quando a temperatura à saída do colector for inferior à temperatura no depósito, porque a radiação é baixa ou o depósito já está quente. Doutra forma, a temperatura à saída do colector, seria inferior à de entrada e o colector funcionaria como “dissipador” de energia.

Isto, consegue-se com o termostato diferencial e as sondas de temperatura de que está munido.

Uma das sondas, coloca-se na parte superior dos colectores e a outra na parte inferior do acumulador. A última ligação, realiza-se entre o termostato e as bombas de circulação. É muito importante que as ligações não tenham uniões,

e estas se realizem com soldaduras de estanho, para que o contacto eléctrico seja perfeito.

O termostato diferencial, compara as temperaturas da sonda 1 (situada na parte superior dos colectores) e da sonda 2 (na parte inferior do primeiro acumulador de A.Q.S.) e põe o circulador em funcionamento, quando valer a pena (a água está mais quente nos colectores do que no depósito).



**Figura 3.27** Regulação por termostato diferencial actuando sobre a bomba de circulação.

1 colector, 2 acumulador, 3 bomba, 4 regulador diferencial, 5 e 6 sonda de temperatura, 7 válvula

Os dispositivos de controlo das bombas circuladoras, tem evoluído e, em vez dos simples sistemas "termostáticos (*tudo ou nada*), estão a aparecer sistemas com microprocessadores capazes de assegurar a interligação do sistema solar com outras fontes de energia e de estabelecer estratégias de funcionamento para várias utilizações.

Para além disto, alguns controladores podem impor diferentes velocidades de funcionamento das bombas (diferentes caudais), optimizando as condições de funcionamento. Outros há em que é possível indicar o caudal do circuito permitindo que um integrador dê informações sobre a energia fornecida.

Existem controladores mais complexos, com mais sensores, em que é possível escolher o modo de funcionamento, sendo possível controlar várias fontes de energia e vários circuitos de utilização.

**No presente projecto**, o controlo, do sistema solar térmico, será feito através do regulador para sistemas de energia solar, Vitosolic 200

### **Controlo do Circuito Primário (AQS) – Bomba 1**

#### **Bomba 1 ON**

Quando a temperatura da sonda  $ST_1$ , é superior, em 8 °C, à temperatura da sonda  $ST_2$  e a temperatura da sonda  $ST_2$  inferior a 75 °C.

#### **Bomba 1 OFF**

Quando a temperatura da sonda  $ST_1$ , é inferior, em 4 °C, à temperatura da sonda  $ST_2$ , ou quando a temperatura da sonda  $ST_2$  é superior a 80 °C.

### **Controlo do Circuito Primário (Aq. Piscina) – Bomba 2**

#### **Bomba 2 ON**

Quando a temperatura da sonda  $ST_1$ , é superior, em 8 °C, à temperatura da sonda  $ST_4$  e a temperatura da sonda  $ST_4$  inferior a 30 °C e  $B_1$  OFF.

Prioridade à Água quente Sanitária (AQS).

#### **Bomba 2 OFF**

Quando a temperatura da sonda  $ST_1$ , é inferior, em 4 °C, à temperatura da sonda  $ST_4$ , ou quando a temperatura da sonda  $ST_4$  é superior a 34 °C, ou quando  $B_1$  ON.

---

## Controlo do Apoio à Água Quente Sanitária (AQS) – Bomba 3

### **Bomba 3 ON**

Quando a temperatura da sonda  $ST_3$ , é inferior a 40 °C.

### **Bomba 3 OFF**

Quando a temperatura da sonda  $ST_3$ , é superior a 45 °C.

A bomba 3 é controlada pela caldeira.

## Controlo da Bomba do Circuito Secundário (Piscina) – Bomba 4

### **Bomba 4 ON**

Quando a  $B_2$  ON.

### **Bomba 4 OFF**

Quando a  $B_2$  OFF.

## Controlo da Bomba de Recirculação do Circuito Secundário (AQS) – Bomba 5

### **Bomba 5 ON**

Das 9 às 21 horas.

### **Bomba 5 OFF**

Das 21 às 9 horas.

A bomba de recirculação,  $B_5$ , tem controlo incorporado, com sensor de temperatura.

O controlo, também, está explicado no esquema de princípio que se encontra no "**Anexo V**".

## **4. Sistema Solar Térmico para uma Habitação Unifamiliar**

Uma vez que, na "**Secção 3**", já foram pormenorizados os aspectos, mais relevantes, atinentes ao Sistema em causa, esta Secção será o mais sucinta possível.

### **4.1 Caracterização**

A Habitação unifamiliar, do tipo T2, faz parte do já referido aldeamento destinado a Turismo de Habitação, na aldeia, "Silveira de Cima", situada na Serra da Lousã, distrito de Coimbra.

Assim sendo, espera-se que a habitação tenha um funcionamento, quase contínuo, ao longo de todo o ano.

No entanto, prevê-se uma utilização mais intensiva nos meses de Verão.

Tal utilização, implicará um consumo de energia para aquecimento da água para banhos, muito significativo.

#### **Características da Habitação:**

- Latitude – 40.2°;
- Orientação – N/S;
- Dois quartos cuja área total é de 21.32 m<sup>2</sup>;
- Uma sala com a área de 26.43 m<sup>2</sup>;
- Um WC com a área de 4.05 m<sup>2</sup>;
- Uma zona de circulação com a área de 3 m<sup>2</sup>;
- Uma varanda com a área de 14.6 m<sup>2</sup>;
- Uma arrecadação com a área de 7.9 m<sup>2</sup>;
- Área total de 77.3 m<sup>2</sup> e útil de 54.8 m<sup>2</sup>; e,
- Pavimento em tijoleira.

Não existem sombreamentos

Todos estes dados constam, de forma pormenorizada, dos desenhos e do questionário preliminar de levantamento das condições, em anexo.

## **4.2 – Aspectos Técnicos**

### **Produção de AQS (Água Quente Sanitária)**

- Temperatura do sistema dimensionado para 45 °C;
- Utilização de válvula misturadora para obtenção de uma temperatura de utilização de 38 °C;
- Recirculação;
- Utilização de colectores planos;
- Depósito acumulador vertical de dupla serpentina;
- Circulação forçada através de bomba (circuito primário – B1);
- Depósito de expansão;
- O circuito primário será executado em tubo de cobre com aplicação de isolamento;
- Sistema de apoio por caldeira a gasóleo; e,
- Sondas de temperatura.

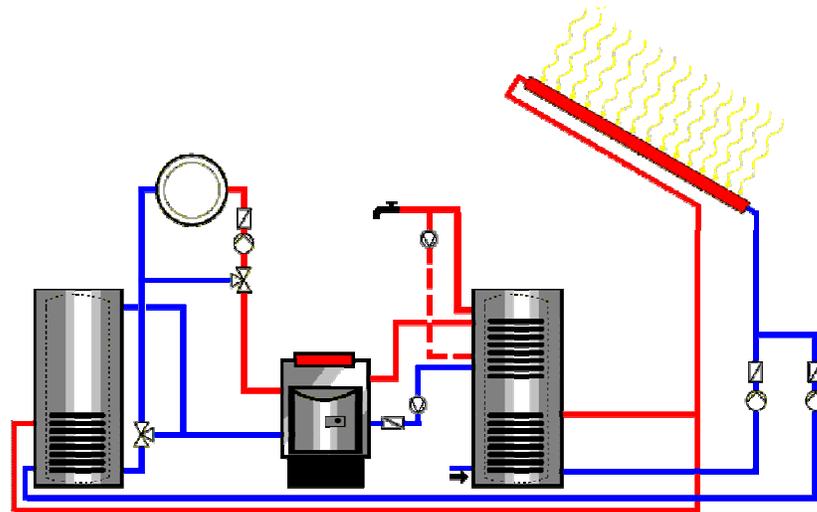
É dada prioridade ao aquecimento de água sanitária (AQS).

### **Aquecimento por Piso Radiante**

- Temperatura do sistema dimensionado para 25 a 45 °C;
- Depósito vertical com permutador de serpentina incorporado;
- Sondas de temperatura;
- Circulação forçada através de bomba (circuito primário – B2);

- Sistema de apoio por caldeira a gásóleo; e,
- Válvulas motorizadas de três vias.

### 4.3 – Princípio de Funcionamento



**Figura 4.1** Esquema de Princípio

### Água Quente Sanitária

O sistema solar é constituído, basicamente, por dois circuitos hidráulicos que trocam energia térmica, entre si, no permutador de calor (permutador de serpentina do acumulador):

- Circuito primário – Neste circuito, circula o fluído (anticongelante) que absorve a energia da radiação solar. A radiação incidente no colector solar, irá aquecer o fluído do circuito primário, que irá trocar calor com a água de consumo, através do permutador de calor.
- Circuito secundário – Neste circuito, circula a água de consumo. A água proveniente da rede, entra no acumulador de calor, e entra depois em circulação no circuito secundário. No permutador de calor, é aquecida pelo fluído existente no circuito primário. Caso a energia solar não seja

---

suficiente para atingir a temperatura de consumo desejada, existe uma caldeira a gásóleo, que aquecerá a água até à temperatura de consumo.

### **Aquecimento por Piso Radiante**

O sistema solar é constituído, basicamente, por dois circuitos hidráulicos que trocam energia térmica, entre si, no permutador de calor (permutador de placas):

- Circuito primário – Neste circuito circula o fluído (anticongelante) que absorve a energia da radiação solar. A radiação incidente no colector solar irá aquecer o fluído do circuito primário, que irá trocar calor com a água do depósito destinado ao aquecimento, através do permutador de serpentina.
- Circuito secundário – Neste circuito circula o termofluido destinado ao aquecimento por piso radiante.
- O termofluido que circula no circuito secundário passa sempre pela caldeira de apoio, podendo esta, sempre que necessário, elevar a sua temperatura.

O princípio de funcionamento, do sistema solar, encontra-se pormenorizado, na descrição do controlo, "**secção 4.11**", e no "**Anexo V**".

### **4.4 – Perfil de Consumos**

Encontra-se, devidamente, explicitado nas tabelas e gráficos seguintes, também, constantes dos anexos.

**Tabela 4.1** Estimativa do Perfil do Consumo.

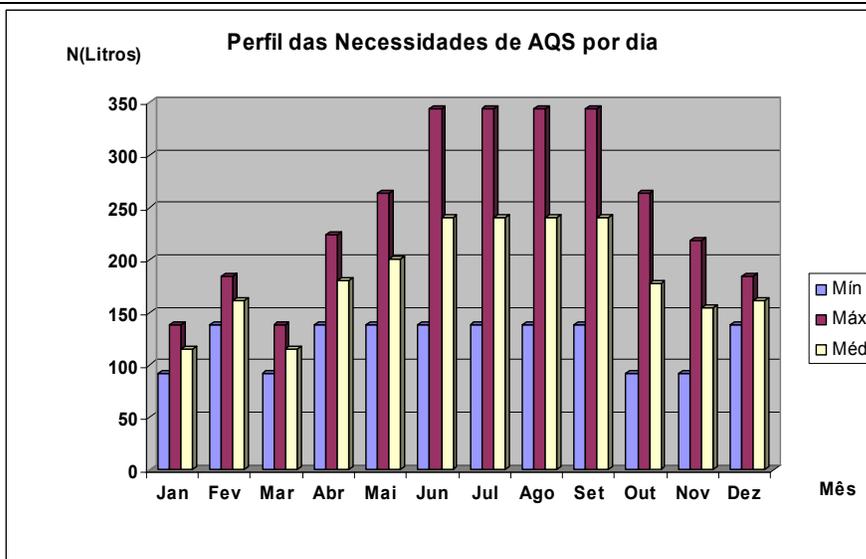
AQS	Utilizadores / dia		Frac. Mês	Banhos / dia			Necessidades de AQS / dia			Fracção méd/Mês
	min	máx		min	máx	méd	min	máx	méd	
	nº	nº	(%)	nº	nº	nº	(lits)	(lits)	(lits)	(%)
Jan	2	3	75,0	2	3	3	92	138	115	47,7
Fev	3	4	100,0	3	4	4	138	184	161	66,8
Mar	2	3	75,0	2	3	3	92	138	115	47,7
Abr	3	4	100,0	3	5	4	138	224	181	75,1
Mai	3	4	100,0	3	6	5	138	264	201	83,4
Jun	3	4	100,0	3	8	6	138	344	241	100,0
Jul	3	4	100,0	3	8	6	138	344	241	100,0
Ago	3	4	100,0	3	8	6	138	344	241	100,0
Set	3	4	100,0	3	8	6	138	344	241	100,0
Out	2	4	100,0	2	6	4	92	264	178	73,9
Nov	2	3	75,0	2	5	4	92	218	155	64,3
Dez	3	4	100,0	3	4	4	138	184	161	66,8
<b>Média</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>93,8</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>122,67</b>	<b>249,17</b>	<b>185,92</b>	<b>77,1</b>

No presente caso, foi considerada uma necessidade de AQS, aproximadamente, de 40 litros por pessoa, para banhos.

Como o Aldeamento tem serviço de restauração e lavandaria, foram considerados, cerca de 5 litros, por pessoa, para outras necessidades.

Como podemos constatar, pela observação da **"tabela 4.1"**, a necessidade média diária de AQS é de, aproximadamente, 186 litros, atingindo o pico de 241 litros, nos meses de "época alta", Verão.

A necessidade anual de AQS é de 67900 litros como se verifica consultando a **"tabela 4.3"**.



**Figura 4.2** Perfil da necessidade diária de AQS, ao longo da época.

Na "**tabela 4.2**" apresenta-se a distribuição do consumo de AQS ao longo do horário de funcionamento diário em cada um dos meses de funcionamento.

**Tabela 4.2** Distribuição ao longo do dia e por mês dos consumos.

Perfil de Consumo - Habitação												
AQS (l)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
8 - 9	40	60	40	80	80	80	80	80	80	80	60	60
9 - 10	62	83	62	83	83	83	83	83	83	83	82	85
10 - 11	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2
11 - 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 - 13	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2
13 - 14	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2
14 - 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 - 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 - 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 - 18	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2
18 - 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 - 20	2	2	2	2	20	20	20	20	20	2	2	2
20 - 21	3	4	3	4	5	40	40	40	40	4	3	2
21 - 22	4	4	4	4	5	10	10	10	10	5	4	4
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>161</b>	<b>115</b>	<b>181</b>	<b>201</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>178</b>	<b>155</b>	<b>161</b>

As necessidades energéticas de AQS são dadas pela expressão  $Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$ ,

onde:

$m$  é a massa de água a consumir;

$C_e$  é o calor específico da água; e,

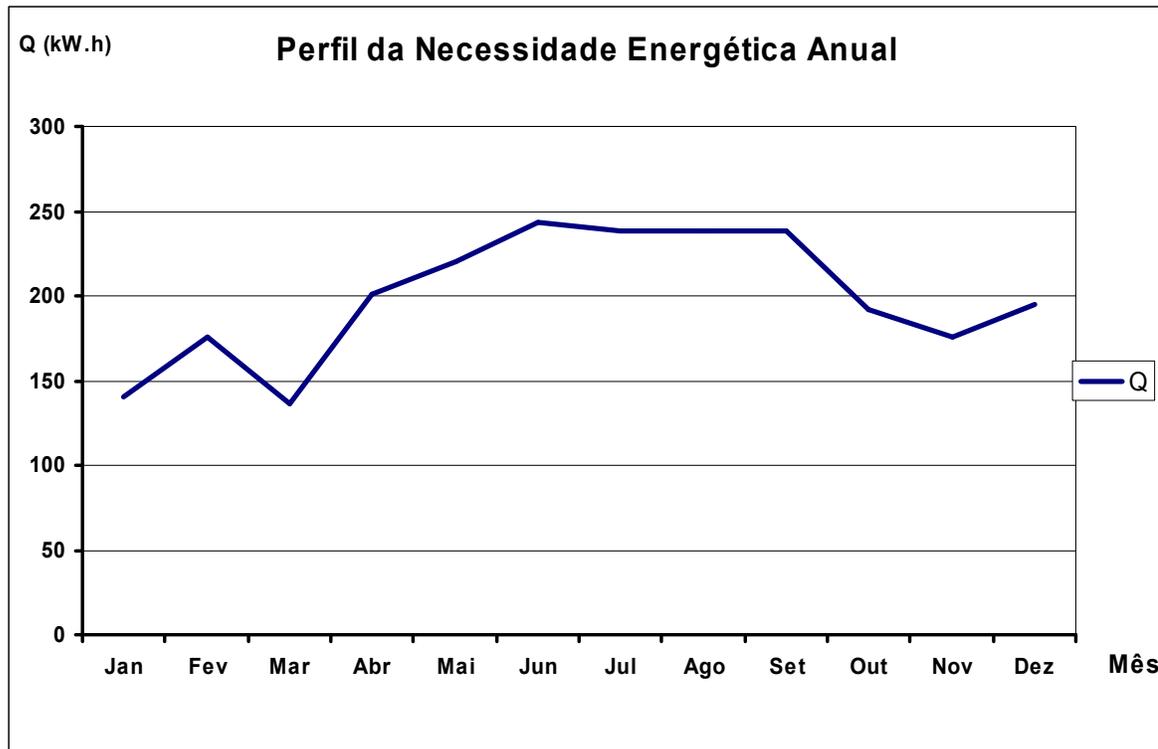
$\Delta T$  é a diferença entre a temperatura do projecto (45 °C) e a temperatura da água da rede.

Como já, anteriormente, foi referido, a temperatura de preparação de AQS é de 45 °C. Vamos calcular a energia necessária, para compensar a diferença de temperaturas, em cada mês, entre a média de temperatura da água da rede e a de preparação, isto é, 45 °C.

**Tabela 4.3** Necessidades energéticas de AQS

Mês	Dias	Consumo médio mensal		Temp. méd Água Rede (°C)	Salto Térmico (°C)	Necessidade Energética - $Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$				
						Mensal			Diária	
						(n°)	(lits)	(m <sup>3</sup> )	(Mcal)	(MJ)
Jan	31	3.565	3,565	11,2	33,8	120,50	504,50	140,14	16,27	4,52
Fev	28,25	4.548	4,54825	11,7	33,3	151,46	634,12	176,14	22,45	6,24
Mar	31	3.565	3,565	12,2	32,8	116,93	489,57	135,99	15,79	4,39
Abr	30	5.430	5,43	13,1	31,9	173,22	725,22	201,45	24,17	6,72
Mai	31	6.231	6,231	14,6	30,4	189,42	793,07	220,30	25,58	7,11
Jun	30	7.230	7,23	16,1	28,9	208,95	874,82	243,01	29,16	8,10
Jul	31	7.471	7,471	17,6	27,4	204,71	857,06	238,07	27,65	7,68
Ago	31	7.471	7,471	17,6	27,4	204,71	857,06	238,07	27,65	7,68
Set	30	7.230	7,23	16,6	28,4	205,33	859,68	238,80	28,66	7,96
Out	31	5.518	5,518	15,1	29,9	164,99	690,77	191,88	22,28	6,19
Nov	30	4.650	4,65	12,5	32,5	151,13	632,73	175,76	21,09	5,86
Dez	31	4.991	4,991	11,5	33,5	167,20	700,03	194,45	22,58	6,27
<b>Média</b>	<b>30,44</b>	<b>5.658,35</b>	<b>5,66</b>	<b>14,15</b>	<b>30,85</b>	<b>171,54</b>	<b>718,22</b>	<b>199,51</b>	<b>23,61</b>	<b>6,56</b>
<b>Tot. Anual</b>	<b>365,25</b>	<b>67.900,25</b>	<b>67,90</b>			<b>2.058,53</b>	<b>8.618,64</b>	<b>2.394,07</b>		

Resulta do quadro anterior, "**tabela 4.3**", uma necessidade energética anual de, aproximadamente, 2.4 MWh, atingindo o seu pico de, aproximadamente, 240 KWh, nos meses de "época alta", Verão, como se pode observar na "**figura 4.3**".



**Figura 4.3** Perfil da necessidade energética anual.

Foi feita uma estimativa das necessidades energéticas para o apoio ao aquecimento por piso radiante.

Considerando uma carga térmica de  $70 \text{ W/m}^2$ , uma área útil de  $55 \text{ m}^2$ , a necessidade energética será, cerca de, 3.85 kW.

## 4.5 – Acumulador. Volume e Dimensionamento

**No presente projecto**, foi escolhido um volume de acumulação de 300 litros.

### 4.5.1 – Características do Acumulador Escolhido, para AQS

Foi escolhido um depósito, Vitocell – B 100 com as seguintes características:

- Em aço vitrificado;
- Capacidade de 300 litros;
- Dupla serpentina;
- Eficiência nos permutadores de 65%;
- Perda de carga da serpentina do circuito primário de 0.204 m c.a.;
- Volume de fluido da serpentina do circuito primário de 10 litros;
- Volume de fluido da serpentina do circuito secundário de 6 litros;
- Pressão máxima de serviço do circuito primário de 10 bar;
- Pressão máxima de serviço do circuito secundário de 10 bar;
- Altura de 1.746 m; Diâmetro de 0.633 m e Peso de 160 Kg.

#### **4.5.2 – Características do Acumulador Escolhido, para apoio ao Aquecimento por Piso Radiante**

Foi escolhido um depósito, Vitocell – V 100 com as seguintes características:

- Em aço vitrificado;
- Capacidade de 500 litros;
- Permutador de serpentina;
- Eficiência nos permutadores de 65%;
- Volume de fluido da serpentina do circuito primário de 12.5 litros; e,
- Altura de 1.955 m; Diâmetro de 0.85 m e Peso de 181 Kg.

#### **4.6 – Superfície Colectora**

**No presente projecto, o fluido de transferência térmica** é uma dissolução de água e 30 % de Propilenglicol. Neste caso, o calor específico é de 0.94 Kcal/Kg °C.

O fabricante recomenda um caudal de 1.67 litros/minuto.colector quando o fluido de transferência térmica é a água, ter-se-á, então, que dividir este valor,

pelo calor específico correspondente a uma solução de Propilenglicol a 30%, uma vez que, o fluido de transferência térmica é uma dissolução de Propilenglicol.

O caudal recomendado passa de 1.67 a 1.77 litros/minuto.colector.

#### **4.6.1 – Características do colector plano escolhido**

Foi escolhido um colector, Vitosol 100, modelo s2.5, com as seguintes características:

- Rendimento óptico de 0.84;
- Factor de perdas de  $3.36 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ;
- Caudal recomendado de  $40 \text{ litros}/\text{h}.\text{m}^2$ ;
- Pressão máxima de serviço de 6 bar;
- Área da superfície colectora de  $2.5 \text{ m}^2$ ;
- Volume do fluido de transferência térmica de 2.2 litros;
- Capacidade térmica de  $6.4 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ;
- Caixa em alumínio;
- Dimensões:  $1.138 \text{ m} \times 2.385 \text{ m}$ ; e,
- Peso de 60kg.

#### **4.6.2 – Cálculo da Superfície Colectora Necessária**

Foram efectuadas várias simulações, através dos programas “Solterm V4.5”, desenvolvido pelo INETI (Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia, e Inovação), “Esop 2.0” da Viessmann e “Wica V7.0” desenvolvido pela Roca, as quais se encontram em anexo.

#### **Simulação feita através do programa “Esop 2.0”**

Com uma superfície colectora de 15m<sup>2</sup> o sistema solar, conseguirá assegurar cerca de **95.2%** das necessidades de energia, para aquecimento da água dos banhos (AQS). A fracção solar total, do sistema, será de **76%**.

Resultados de la simulación anual		
Radiación sobre la superficie del colector:	24,65 MWh	1643,14 kWh/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los colectores:	7,59 MWh	505,84 kWh/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los circuitos del colector:	6,51 MWh	433,87 kWh/m <sup>2</sup>
Suministro de energía para la producción del agua caliente:	2356,24 kWh	
Suministro de energía p/calef.:	2910,46 kWh	
Energía sistema solar en el ACS:	4,62 MWh	
Energía instalación solar en la calef.:	1278,12 kWh	
Energía suministrada por la calefacción auxiliar:	1866,07 kWh	

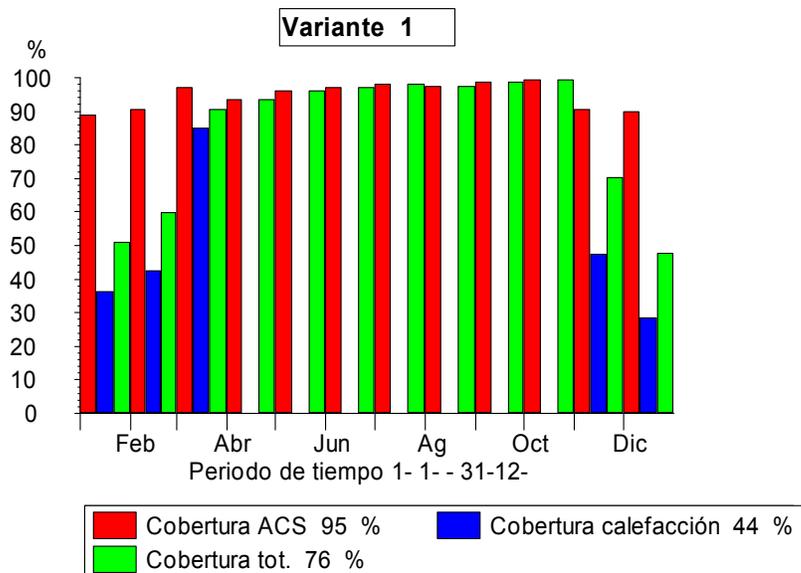
  

<b>Ahorro Gasoil (L):880,5 l</b>
<b>Emisión de CO2 evitada:2.402,3 kg</b>
<b>fracción solar cobertura ACS:95,2 %</b>
<b>fracción solar cobertura total:76,0 %</b>
<b>Rendimiento del sistema:23,9 %</b>

**Figura 4.4** Resultados da Simulação feita pelo programa "ESOP".

Um rendimento do sistema de 23.9%.

Poupança anual de gasóleo de 880.5 litros.



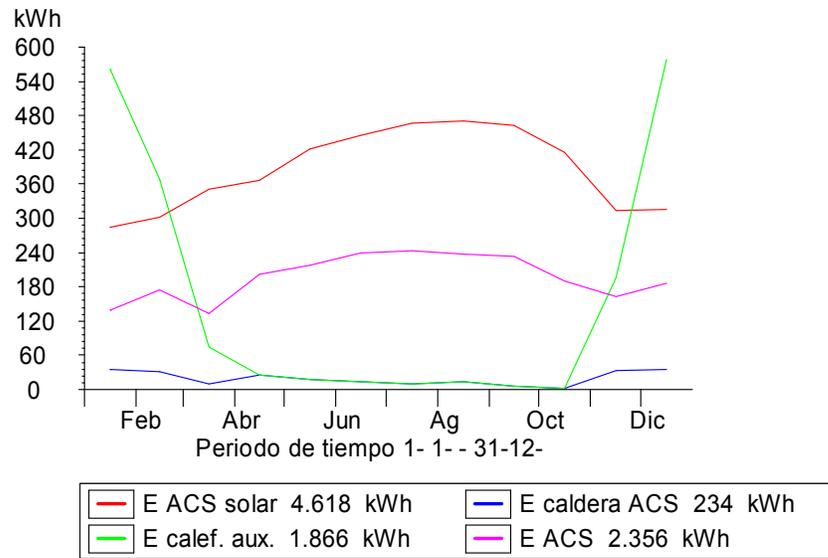
**Figura 4.5** Taxa de Cobertura das Necessidades de Energia – Fracção Solar.

Pela observação da "**figura 4.6**", verificamos que a energia necessária para a produção de água quente sanitária (AQS) é de 2.36 MWh.

A energia fornecida pelo sistema solar para a produção de AQS é de 4.6 MWh.

A energia fornecida, pela caldeira de apoio à AQS é de 234 kWh.

A energia fornecida, pela caldeira de apoio ao aquecimento, por piso radiante é de 1.87 MWh.



**Figura 4.3** Energia necessária e fornecida

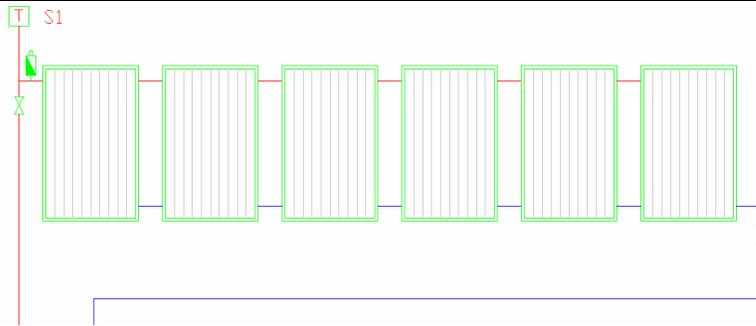
**No presente projecto, o grupo de colectores**, vai ser orientado ao Sul geográfico, com um azimute solar,  $\alpha_s$ , de  $0^\circ$ .

Com uma inclinação de  $40.2^\circ$  (latitude do local) +  $15^\circ$ , ou seja,  $55.2^\circ$ .

Como são utilizados colectores com área unitária de  $2.5\text{m}^2$  e queremos uma superfície colectora de  $15\text{m}^2$ , obtemos uma necessidade de **6 colectores**, orientados para o Sul geográfico e com uma inclinação de  $55.2^\circ$ .

### 4.6.3 – Distribuição e Ligação dos Colectores

Optou-se que os **seis colectores** fossem ligados em **paralelo de canais**, com alimentação invertida, de forma a otimizar o sistema.



**Figura 4.4** Ligação dos Colectores em Paralelo de Canais.

A área de captação total é de 20m<sup>2</sup>. Os colectores deverão ser instalados numa estrutura de fixação num espaço da cobertura, livre de sombreamento.

#### **4.7 – Sistema de Apoio**

O apoio será realizado por uma caldeira a gasóleo, com as seguintes características:

- Caldeira Vitola 100 18 kW;
- Potência nominal de 18 kW;
- Rendimento de 93%; e,
- Bomba de circulação de 60 W.

#### **4.8 – Tubagens do Circuito Primário**

O caudal recomendado pelo fabricante é de 40 litros/m<sup>2</sup>.h ou seja de 1.67 litros/colector.minuto, pois cada colector tem uma superfície de 2.5 m<sup>2</sup>.

Como o fluido de transferência térmica, é uma dissolução de água e 30 % de Propilenglicol, ter-se-á que dividir o caudal de 1.67 l/col.min pelo calor específico correspondente à solução (0.94 Kcal/Kg °C para uma temperatura de 45 °C – "**Anexo IV, gráfico 4**"), obtendo-se, assim, um **caudal de 1.77 litros por minuto por colector.**

Como temos **seis colectores**, o caudal total será de  $6 \cdot 1.77 = 10.62$  litros por colector (638 litros por hora ou 0.64 metros cúbicos por hora)

$$d = j \cdot C^{0.35} = 2.2 \times 0.64^{0.35} = 1.88 \text{ cm} = 18.8 \text{ mm} \quad (\text{diâmetro interior})$$

Deverá, portanto, escolher-se o diâmetro comercial mais próximo e ver se cumpre as condições exigidas em questão de velocidade e perda de carga.

**Tubagem de cobre comercial: Cu  $\varnothing$  22\*1 mm.**

A espessura do isolamento mínimo recomendado é de **20 mm**.

Pelo "**gráfico 1 do Anexo IV**", pode verificar-se, que para um **caudal de 0.64 m<sup>3</sup>/h** de água, a perda de carga será de cerca de 22 mm c.a. a uma velocidade, (calculada), de 0.56 m/s

Contudo, há que ter em conta que o fluido ao ser distinto da água, aos resultados obtidos no gráfico, deve aplicar-se um factor de correcção, igual à raiz quarta do quociente, entre a viscosidade da dissolução e a da água à temperatura pretendida, (neste caso 45 °C).

Para a temperatura de 45 °C obtemos uma viscosidade de 0.58 para a água e 1.25 para a dissolução – "**gráfico 2 do Anexo IV**".

$$F = \sqrt[4]{\frac{\text{Vis.dissolução}}{\text{Vis.água}}} = \sqrt[4]{\frac{1.25}{0.58}} \approx 1.21$$

Fazendo a respectiva correcção, ( $1.21 \cdot 22 = 26.62$  mm c.a.), haverá uma **perda de carga de 26.62 mm c.a.**, que é inferior à perda de carga máxima, (40 mm c.a.).

## 4.9 – Bombas de Circulação

### 4.9.1 – Bomba de Circulação do Circuito Primário – B1

A perda de carga, da instalação, obtida foi de 4.65 m. c.a.

A totalidade desta perda de carga, corresponde ao somatório das seguintes perdas de carga:

- Perda de carga na tubagem, acessórios e singularidades – 3.22 m. c.a.;
- Perda de carga no grupo de colectores – 1.306 m. c.a.; e,
- Perda de carga no permutador de serpentina – 0.122 m. c.a.

### Dimensionamento da Bomba – B1

$$P = C \cdot \Delta P$$

Onde **P** é a potência eléctrica do electrocirculador, **C** o caudal (m<sup>3</sup>/s) e **ΔP** a perda de carga da instalação (N/m<sup>2</sup>)

$$\Delta P_{Total} = 4.65 \text{ m c.a.} \times 9800 \text{ N/m}^2 / 1 \text{ m c.a.} \approx 45570 \text{ N/m}^2$$

$$P = \frac{0.64}{3600} \times 45570 \approx 8.1 \text{ W}$$

Considerando o rendimento da bomba circuladora de 25%, ter-se-á uma potência nominal de:

$$P_n = \frac{P}{\eta_{bomba}} = \frac{8.1}{0.25} \approx 32.4 \text{ W}$$

Deve escolher-se uma bomba com uma potência nominal cerca de 20% acima deste valor, ou seja, (32.4\*1.2= 38.88 W), 39 W.

Obtemos, assim, depois de uma análise à sua curva característica (fabricante), uma bomba circuladora com as seguintes características:

- Bomba Grundfos – PS 10 – III (75W);
- Tensão nominal de 230 V;
- Potência nominal de 75 W;
- Pressão máxima de 6 bar;
- Caudal máximo de 3.7 m<sup>3</sup>/h;
- H. Máxima de 5.8 m;
- Perda de carga de 4.65 m c.a. (ponto de funcionamento); e,
- Caudal de 638 litros/h.

#### **4.9.2 – Bomba de Circulação do Circuito Secundário – B2**

A perda de carga, da instalação, obtida foi de 4.01 m. c.a.

A totalidade desta perda de carga, corresponde ao somatório das seguintes perdas de carga:

- Perda de carga na tubagem, acessórios e singularidades – 2.687 m. c.a.;
- Perda de carga no grupo de colectores – 1.306 m. c.a.; e,
- Perda de carga no permutador de serpentina – 0.015 m. c.a.

#### **Dimensionamento da Bomba – B2**

$$\Delta P_{Total} = 4.01 \text{ m c.a.} \times 9800 \text{ N / m}^2 / 1 \text{ m c.a.} \approx 39298 \text{ N / m}^2$$

$$P = \frac{0.64}{3600} \times 39298 \approx 6.99 \text{ W}$$

Considerando o rendimento da bomba circuladora de 25%, ter-se-á uma potência nominal de:

$$P_n = \frac{P}{\eta_{bomba}} = \frac{6.99}{0.25} \approx 27.96 \text{ W}$$

Deve escolher-se uma bomba com uma potência nominal cerca de 20% acima deste valor, ou seja,  $(27.96 \times 1.2 = 33.55 \text{ W})$ , 34 W.

Obtemos, assim, depois de uma análise à sua curva característica (fabricante), uma bomba circuladora com as seguintes características:

- Bomba Grundfos – P 10 – II (60W);
- Tensão nominal de 230 V;
- Potência nominal de 60 W;
- Pressão máxima de 6 bar;
- Caudal máximo de 3.7 m<sup>3</sup>/h;
- H. Máxima de 5.8 m;
- Perda de carga de 4.01 m. c.a.; e,
- Caudal de 638 litros/h.

#### 4.10 – Vaso de Expansão. Dimensionamento

O vaso de expansão, para o circuito primário, pode ser dimensionado através da seguinte fórmula:

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \times V_K) \times (P_e + 1)}{P_e - (P_{st} + 0.5)}$$

Onde:

- **V<sub>N</sub>** é o volume nominal do depósito de expansão em litros;
- **V<sub>V</sub>** é igual a 0.005\*V<sub>A</sub> em litros (mínimo de 3 litros);
- **V<sub>A</sub>** é o volume do fluido da instalação completa;
- **V<sub>2</sub>** é igual a V<sub>A</sub>\*β, com β=0.16 para temperaturas entre -20 °C a + 120 °C;
- **V<sub>K</sub>** é a capacidade do colector em litros;

- $P_e$  é a pressão final admissível em bar ( $P_e = P_{si} - 0.1 * P_{si}$ ).  $P_{si}$  é a pressão da válvula de segurança;
- $P_{st}$  é a pressão inicial do azoto do vaso de expansão em bar, ( $P_{st} = 1.5 \text{ bar} + 0.1 * h$ ).  $h$  é a altura entre a saída para o vaso de expansão, (grupo de bombagem), e o topo do colector, (ponto + alto); e,
- $Z$  é o número de colectores.

O volume do fluido da instalação completa,  $V_A$ , é de 30.97 litros. Corresponde ao somatório dos seguintes volumes:

- Volume total do fluido nos oito colectores – 13.2 litros;
- Volume total do fluido na tubagem de cobre– 7.07 litros;
- Volume total do fluido na serpentina (circuito primário) – 10 litros; e,
- Volume total do fluido no grupo de bobagem (circuito primário) – 0.7 litros.

$$V_V = 0.005 \times V_A = 0.005 \times 30.97 \approx 0.155 \text{ litros} \Rightarrow V_V = 3 \text{ litros} \quad (\text{mínimo de 3 litros})$$

A altura,  $h$ , é de 3 metros e a pressão da válvula de segurança,  $P_{si}$ , é de 6 bar.

$$P_e = 6 - 0.1 \times 6 = 5.4 \text{ bar}$$

$$P_{st} = 1.5 + 0.1 \times 3 = 1.8 \text{ bar}$$

$$V_2 = 30.97 \times 0.13 = 4.03 \text{ litros}$$

$$V_K = 2.2 \text{ litros}$$

$$z = 8 \text{ colectores}$$

$$V_N = \frac{(3 + 4.03 + 6 \times 2.2) \times (5.4 + 1)}{5.4 - (1.8 + 0.5)} \approx 41.77 \text{ litros}$$

A instalação em causa, necessita de um vaso de expansão de 42 litros. Optamos por dois vasos de expansão da Viessmann, um de 25 e outro de 18 litros.

#### **4.11 – Controlo**

**No presente projecto**, o controlo, do sistema solar térmico, será feito através do regulador para sistemas de energia solar, Vitosolic 200

##### **Controlo do Circuito Primário (AQS) – Bomba 1**

###### **Bomba 1 ON**

Quando a temperatura da sonda  $ST_1$ , é superior, em 8 °C, à temperatura da sonda  $ST_2$  e a temperatura da sonda  $ST_2$  inferior a 75 °C.

###### **Bomba 1 OFF**

Quando a temperatura da sonda  $ST_1$ , é inferior, em 4 °C, à temperatura da sonda  $ST_2$ , ou quando a temperatura da sonda  $ST_2$  é superior a 80 °C.

##### **Controlo do Circuito Primário (Aquecimento) – Bomba 2**

###### **Bomba 2 ON**

Quando a temperatura da sonda  $ST_1$ , é superior, em 8 °C, à temperatura da sonda  $ST_4$  e a temperatura da sonda  $ST_4$  inferior a 90 °C e  $B_1$  OFF.

Prioridade à Água Quente Sanitária (AQS).

###### **Bomba 2 OFF**

Quando a temperatura da sonda  $ST_1$ , é inferior, em 4 °C, à temperatura da sonda  $ST_4$ , ou quando a temperatura da sonda  $ST_4$  é superior a 90 °C, ou quando  $B_1$  ON.

---

## Controlo do Apoio à Água Quente Sanitária (AQS) – Bomba 3

### **Bomba 3 ON**

Quando a temperatura da sonda  $ST_3$ , é inferior a 40 °C.

### **Bomba 3 OFF**

Quando a temperatura da sonda  $ST_3$ , é superior a 45 °C.

A bomba 3 é controlada pela caldeira.

## Controlo do Circuito de Aquecimento (Piso Radiante) – Bomba 4

### **Bomba 4 ON**

Quando a caldeira está na posição de Aquecimento.

### **Bomba 4 OFF**

Quando a caldeira está na posição de AQS ou na posição OFF.

## Controlo da Bomba de Recirculação do Circuito Secundário (AQS) – Bomba 5

A bomba de recirculação,  $B_5$ , tem controlo incorporado, com sensor de temperatura.

## Controlo da Válvula Motorizada 1 – VM1

Comandada pela caldeira, em função da temperatura exterior.

## Controlo da Válvula Motorizada 2 – VM2

Comandada pelo controlador vitosolic 200.

**Percorso AB para B** quando a temperatura da sonda  $ST_5$ , é inferior, em 5 °C, à temperatura da sonda  $ST_4$

**Percorso AB para A** quando a temperatura da sonda  $ST_5$ , é superior, em 5 °C, à temperatura da sonda  $ST_4$

O controlo, também, está explicado no esquema de princípio que se encontra no "**Anexo IV**".

Todos os cálculos, efectuados na "**Secção 4**", encontram-se, pormenorizados, no **Anexos**.

## **5 – Outros Acessórios Inerentes aos Projectos**

As válvulas de seccionamento serão do tipo de cunha ou de macho esférico, o obturador e sede serão em bronze e no caso de macho esférico o corpo poderá ser em metal cromado para os diâmetros nominais previstos.

As válvulas de regulação serão do tipo globo, de sede com haste vertical ou oblíqua. Para os diâmetros em causa terão o corpo, obturador e sede em bronze.

As válvulas de retenção terão corpo em bronze, do tipo de mola e obturador em aço inoxidável, roscadas de baixa perda de carga.

As válvulas de redução de pressão, deverão permitir regular automaticamente a pressão a jusante da válvula para o valor calibrado, de modo a que qualquer variação não exceda 5% da pressão a montante.

A instalação deve ser dotada, também, de válvulas de segurança e de válvulas de purga de ar automática.

## **6 – Conclusão**

O crescimento do consumo energético, os compromissos relacionados com o Protocolo de Quioto e a questão de garantir o fornecimento de energia suficiente para satisfazer as nossas necessidades, levaram a União Europeia a apostar na **eficiência energética** dos edifícios.

O governo Português transpôs, em, Abril do corrente ano, um pacote legislativo que aplica, parcialmente, as exigências da directiva, criando o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar dos Edifícios. Este Sistema será vital para garantir a construção de edifícios menos “energívoros”

Os Painéis Solares serão obrigatórios para aquecer águas sanitárias, quando a exposição solar for adequada.

Os consumos de água quente sanitária serão contemplados no cálculo dos gastos totais com a energia.

Os projectos efectuados, ao longo deste trabalho, mostram que um Sistema Solar Térmico, bem dimensionado, é capaz de satisfazer as necessidades energéticas de água quente sanitária com fracções solares da ordem dos 75% a 90 %.

Esta afirmação ficou, plenamente, provada ao longo do presente trabalho.

Na altura da defesa deste projecto, será apresentado um estudo de viabilidade económica, no qual se provará que o retorno do investimento poderá ocorrer entre 7 e 10 anos.

# ANEXOS



**Projecto de Sistema Solar Térmico**

**Trabalho Fim de Curso**

# **ANEXO I**

## **Perfil de Consumo e Necessidades Energéticas**

**1 - Piscina e Balneário**

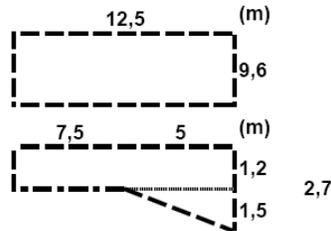
**2 – Habitação Unifamiliar**

**1 – Piscina Balneário**

 Local: Serra da Lousã

 Distrito: Coimbra

 Latitude (°): 40,2    Orientação: N - S

 Efeito: Turismo de Habitação
**Piscina e Balneário**

 Área = 120 m<sup>2</sup>

Profundidade Média = 1,5 m

 Volume = 180 m<sup>3</sup>

Efeitos Úteis	Utilização	Ângulo	$\alpha$ (°)	$\alpha$ (°)
1- Água quente sanitária	Verão	Latitude+	-15	25,2
2 - Aquecimento Piscina	Verão		-15	25,2
				25,2

 Inclinação telhado (°) 0

 Inclinação do Painel / telhado  $\varphi_1$  (°) 25,2
**1 - Produção de Água Quente Sanitária - Abril / Outubro**

 T. Utilização  
45  
 (°C)

 Banho  
40  
 (lits)

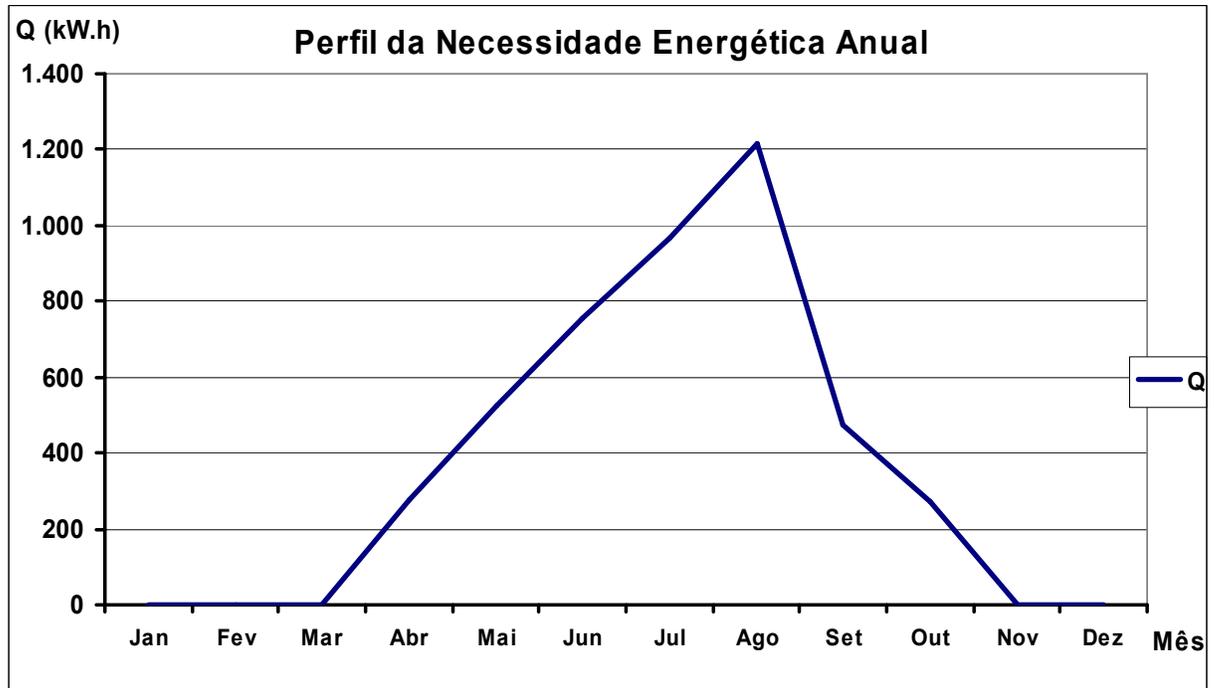
 WC  
5  
 (lits)

 Utilizadores  
60  
 (n° máx)

 T. Consumo  
38  
 (°C)

AQS	Utilizadores / dia		Frac. Mês (%)	Banhos / dia			Necessidades de AQS / dia			Fracção méd/mês (%)
	Ocupação			mín	máx	méd	mín	máx	méd	
	(%)	n°	n°	n°	n°	(lits)	(lits)	(lits)		
Jan	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
Fev	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
Mar	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
Abr	10	6	20,0	4	7	6	190	310	250	20,3
Mai	20	12	40,0	8	13	11	380	580	480	39,0
Jun	30	18	60,0	13	20	17	610	890	750	61,0
Jul	40	24	80,0	17	26	22	800	1160	980	79,7
Ago	50	30	100,0	21	33	27	990	1470	1230	100,0
Set	20	12	40,0	8	13	11	380	580	480	39,0
Out	10	6	20,0	4	7	6	190	310	250	20,3
Nov	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
Dez	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
Média	26	15	51,4	11	17	14	505,71	757,14	631,43	51,3

Mês	Dias (nº)	Consumo médio mensal		Temp. méd Água Rede (°C)	Salto Térmico (°C)	Necessidade Energética - $Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$				
		(lits)	(m <sup>3</sup> )			Mensal			Diária	
						(Mcal)	(MJ)	(kWh)	(MJ)	(kWh)
Jan	31	0	0	11,2	33,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fev	28,25	0	0	11,7	33,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mar	31	0	0	12,2	32,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abr	30	7.500	7,5	13,1	31,9	239,25	1.001,69	278,25	33,39	9,27
Mai	31	14.880	14,88	14,6	30,4	452,35	1.893,91	526,09	61,09	16,97
Jun	30	22.500	22,5	16,1	28,9	650,25	2.722,47	756,24	90,75	25,21
Jul	31	30.380	30,38	17,6	27,4	832,41	3.485,14	968,10	112,42	31,23
Ago	31	38.130	38,13	17,6	27,4	1.044,76	4.374,21	1.215,06	141,10	39,20
Set	30	14.400	14,4	16,6	28,4	408,96	1.712,23	475,62	57,07	15,85
Out	31	7.750	7,75	15,1	29,9	231,73	970,19	269,50	31,30	8,69
Nov	30	0	0	12,5	32,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dez	31	0	0	11,5	33,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	30,44	19.362,86	19,36	14,15	30,85	551,39	2.308,55	641,26	75,30	20,92
Tot. Anual	365,25	135.540,00	135,54			3.859,71	16.159,84	4.488,84		

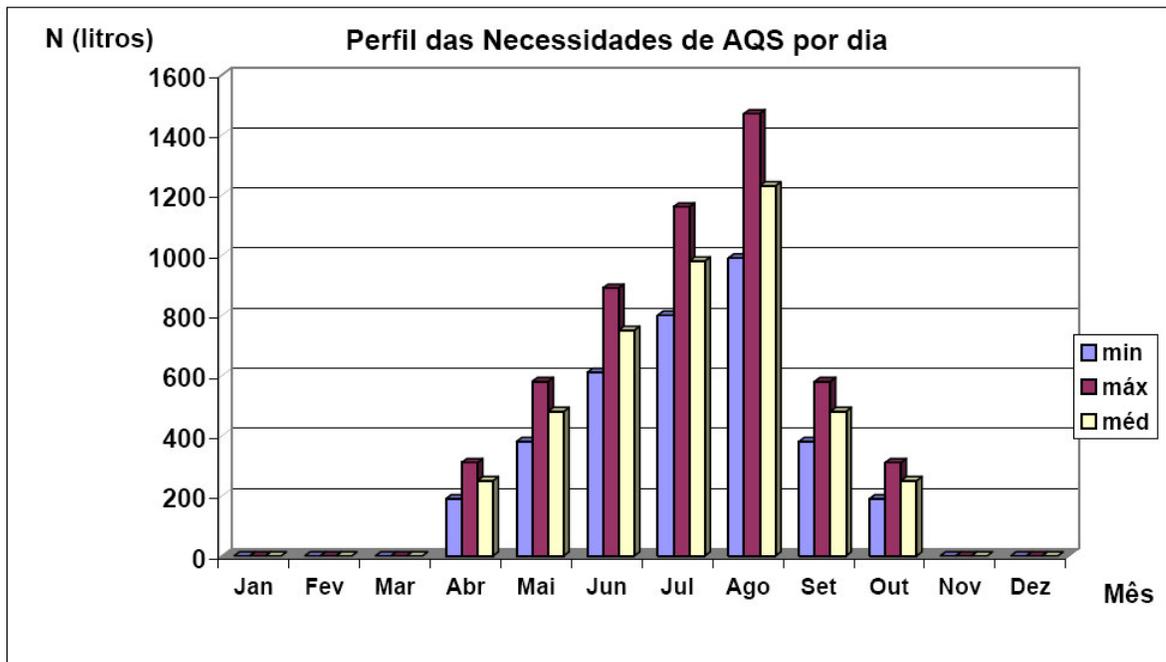


Temperatura média da água da rede durante os meses de funcionamento

15,81 °C

Temperatura média ambiente durante os meses de funcionamento

17,76 °C



**Informação Geográfica e Climática**

Dados em arquivo

- Banco de Dados SOLTERM
  - Ajustrel
  - Aveiro
  - Beja
  - Braga
  - Bragança
  - Caldas da Rainha
  - Castelo Branco
  - Chaves
  - Coimbra**
  - Coruche

Dados do Utilizador

c: [Azia]

C:\Programas\SolTerm 4>Data

Dados novos

Introduzir Dados

OK

Local : Coimbra Latitude : 40,20°N

Insolação Mensal (horas)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
6,5	9,5	12,6	18,0	21,3	23,0	24,7	22,6	16,4	11,8	7,9	6,2

Irradiação Global Horizontal Mensal (MJ/m²)

8,9	9,5	10,5	12,8	15,5	18,5	21,0	21,0	19,5	16,0	11,5	9,0
-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

Temperatura Ambiente Mensal (°C)

11,2	11,7	12,2	13,1	14,6	16,1	17,6	17,6	16,6	15,1	12,5	11,5
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Temperatura da Água da Rede (°C)

76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Humidade Relativa (%) N.B. só requerida para dimensionamento de piscinas exteriores

1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Intensidade do Vento (m/s) N.B. só requerida para dimensionamento de piscinas exteriores

1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**SOLTERM 4.5 - Análise de Desempenho de Sistemas Solares Térmicos**

Carregar configuração    Guardar configuração    Relatório de Desempenho    Relatório Económico    Informações    Sair

**Comportamento Térmico do Sistema Solar**

**Local** Coimbra    40,0°N

**Colector** PLANO

Área 20 m<sup>2</sup>    Volume 500 litro  
 Azimute 0 (0 = Sul)    UA: 4,77 W/°C  
 Inclinação 25°    Localização interior

**Desempenho colector / permutador**

$F' \eta_0$  0,84     $FR \eta_0$  0,81     $F_x$  0,95     $F_x FR \eta_0$  0,77  
 $F'U$  3,36     $FRUI$  3,24     $F_x FRUI$  3,07

**Carga térmica**

Volume médio 368,5 litro  
 Temperatura 45 °C

**Desempenho do sistema (por m<sup>2</sup> de colector instalado)**

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO	
<b>Gm</b>	5,7	9,2	12,2	17,2	21,3	22,7	24,1	21,9	16,3	11,3	7,2	5,8	14,6	MJ/m <sup>2</sup>
<b>Gm(α,β)</b>	7,6	11,3	13,0	15,7	20,4	20,9	22,6	20,9	17,7	13,4	9,5	8,6	15,1	MJ/m <sup>2</sup>
<b>Qcol</b>	1,9	2,9	3,2	6,3	7,7	8,8	10,3	10,9	6,9	4,4	2,3	2,1	5,6	MJ/m <sup>2</sup>
<b>Qperdas</b>	1,0	1,3	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	0,9	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	MJ/m <sup>2</sup>
<b>T 1/3 sup. depósito</b>	70,7	83,8	86,9	82,9	83,3	77,1	77,7	68,8	82,2	80,6	79,5	81,6	79,6	°C
<b>Qdispn</b>	0,0	0,0	0,0	1,7	3,1	4,4	5,7	7,1	2,9	1,6	0,0	0,0	2,2	MJ/m <sup>2</sup>
<b>Qcarga</b>	0,0	0,0	0,0	1,7	3,1	4,6	5,7	7,2	2,9	1,6	0,0	0,0	2,2	MJ/m <sup>2</sup>
<b>F solar</b>	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,8	98,8	98,4	100,0	100,0	100,0	100,0	98,8	%

Recalcular    OK

**Perfil de Consumo - Balneário**

AQS (l)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
10 - 11	0	0	0	0	0	40	40	40	0	0	0	0
11 - 12	0	0	0	0	0	60	80	80	0	0	0	0
12 - 13	0	0	0	30	40	70	100	100	40	30	0	0
13 - 14	0	0	0	40	60	60	100	120	40	40	0	0
14 - 15	0	0	0	40	90	80	100	100	60	40	0	0
15 - 16	0	0	0	40	90	80	100	150	60	40	0	0
16 - 17	0	0	0	40	100	120	100	160	80	40	0	0
17 - 18	0	0	0	60	100	120	120	160	100	60	0	0
18 - 19	0	0	0	0	0	120	120	160	100	0	0	0
19 - 20	0	0	0	0	0	0	120	160	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>250</b>	<b>480</b>	<b>750</b>	<b>980</b>	<b>1230</b>	<b>480</b>	<b>250</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## 2 – Habitação Unifamiliar

 Local: Serra da Lousã

 Cidade: Coimbra

 Latitude (°): 40,2

 Orientação: N - S

 Efeito: Turismo Rural

### Habitação Unifamiliar - T2

Habitação Unif. - T2		Área (m <sup>2</sup> )
Quartos	2	21,32
WC	1	4,05
Sala	1	26,43
Circulação	1	3,00
Arrecadação	1	7,90
Varanda	1	14,60
<b>Total:</b>		<b>77,30</b>
		<b>Útil 54,80</b>

Efeitos Úteis	Utiliza.	Ângulo	α (°)
1 Água quente sanitária	Anual	Latitude+	-5
2 Aquecimento ambiente	Inverno		15
			35,2
			55,2

 Incl.telhado (°) 25

Inclinação do Painel / telhado

Útil

φ <sub>1</sub> (°)	10,2
φ <sub>2</sub> (°)	30,2

### 1 - Produção de Água Quente Sanitária

T. Utilização

**45**  
(°C)

Banho

**40**  
(lits)

WC

**5**  
(lits)

Refeição

**1**  
(lits)

Diversos

**0**  
(lits)

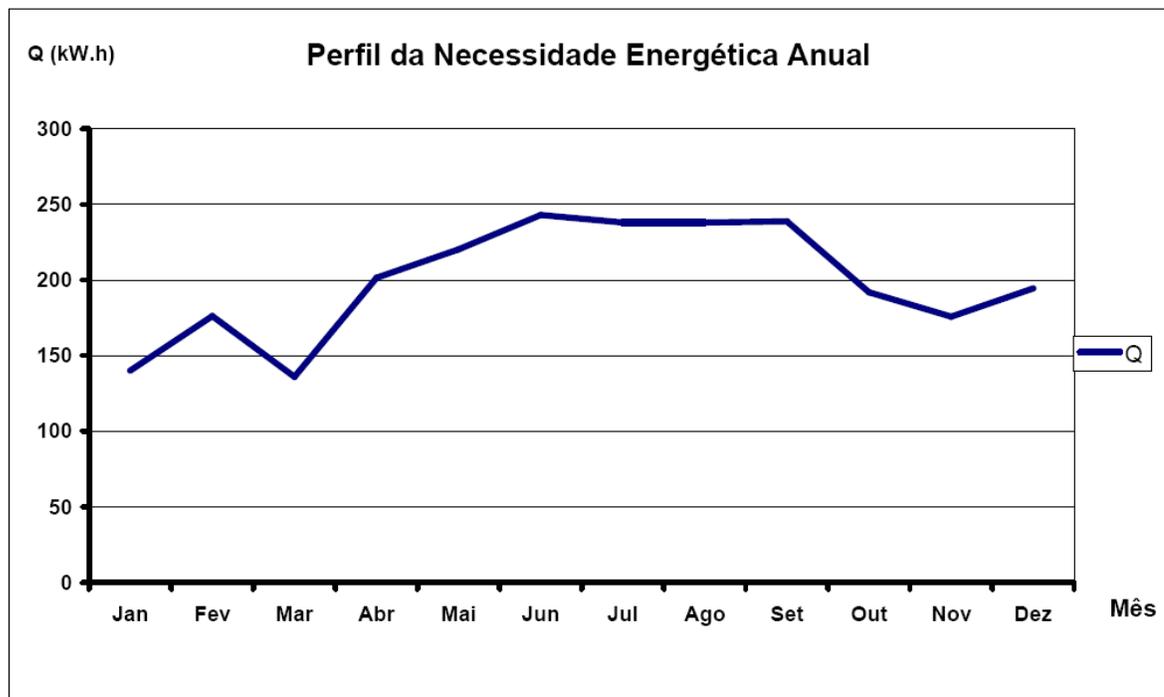
T. Consumo

**38**  
(°C)

Nota: O Aldeamento têm Serviço de Restauração

AQS	Utilizadores / dia		Frac. Mês (%)	Banhos / dia			Necessidades de AQS / dia			Fracção méd/Mês (%)
	min	máx		min	máx	méd	min	máx	méd	
	nº	nº	nº	nº	nº	(lits)	(lits)	(lits)		
Jan	2	3	75,0	2	3	3	92	138	115	47,7
Fev	3	4	100,0	3	4	4	138	184	161	66,8
Mar	2	3	75,0	2	3	3	92	138	115	47,7
Abr	3	4	100,0	3	5	4	138	224	181	75,1
Mai	3	4	100,0	3	6	5	138	264	201	83,4
Jun	3	4	100,0	3	8	6	138	344	241	100,0
Jul	3	4	100,0	3	8	6	138	344	241	100,0
Ago	3	4	100,0	3	8	6	138	344	241	100,0
Set	3	4	100,0	3	8	6	138	344	241	100,0
Out	2	4	100,0	2	6	4	92	264	178	73,9
Nov	2	3	75,0	2	5	4	92	218	155	64,3
Dez	3	4	100,0	3	4	4	138	184	161	66,8
<b>Média</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>93,8</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>122,67</b>	<b>249,17</b>	<b>185,92</b>	<b>77,1</b>

Mês	Dias (nº)	Consumo médio mensal		Temp. méd Água Rede (°C)	Salto Térmico (°C)	Necessidade Energética - $Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$				
		(lits)	(m³)			Mensal			Diária	
						(Mcal)	(MJ)	(kWh)	(MJ)	(kWh)
Jan	31	3.565	3,565	11,2	33,8	120,50	504,50	140,14	16,27	4,52
Fev	28,25	4.548	4,54825	11,7	33,3	151,46	634,12	176,14	22,45	6,24
Mar	31	3.565	3,565	12,2	32,8	116,93	489,57	135,99	15,79	4,39
Abr	30	5.430	5,43	13,1	31,9	173,22	725,22	201,45	24,17	6,72
Mai	31	6.231	6,231	14,6	30,4	189,42	793,07	220,30	25,58	7,11
Jun	30	7.230	7,23	16,1	28,9	208,95	874,82	243,01	29,16	8,10
Jul	31	7.471	7,471	17,6	27,4	204,71	857,06	238,07	27,65	7,68
Ago	31	7.471	7,471	17,6	27,4	204,71	857,06	238,07	27,65	7,68
Set	30	7.230	7,23	16,6	28,4	205,33	859,68	238,80	28,66	7,96
Out	31	5.518	5,518	15,1	29,9	164,99	690,77	191,88	22,28	6,19
Nov	30	4.650	4,65	12,5	32,5	151,13	632,73	175,76	21,09	5,86
Dez	31	4.991	4,991	11,5	33,5	167,20	700,03	194,45	22,58	6,27
Média	30,44	5.658,35	5,66	14,15	30,85	171,54	718,22	199,51	23,61	6,56
Tot. Anual	365,25	67.900,25	67,90			2.058,53	8.618,64	2.394,07		

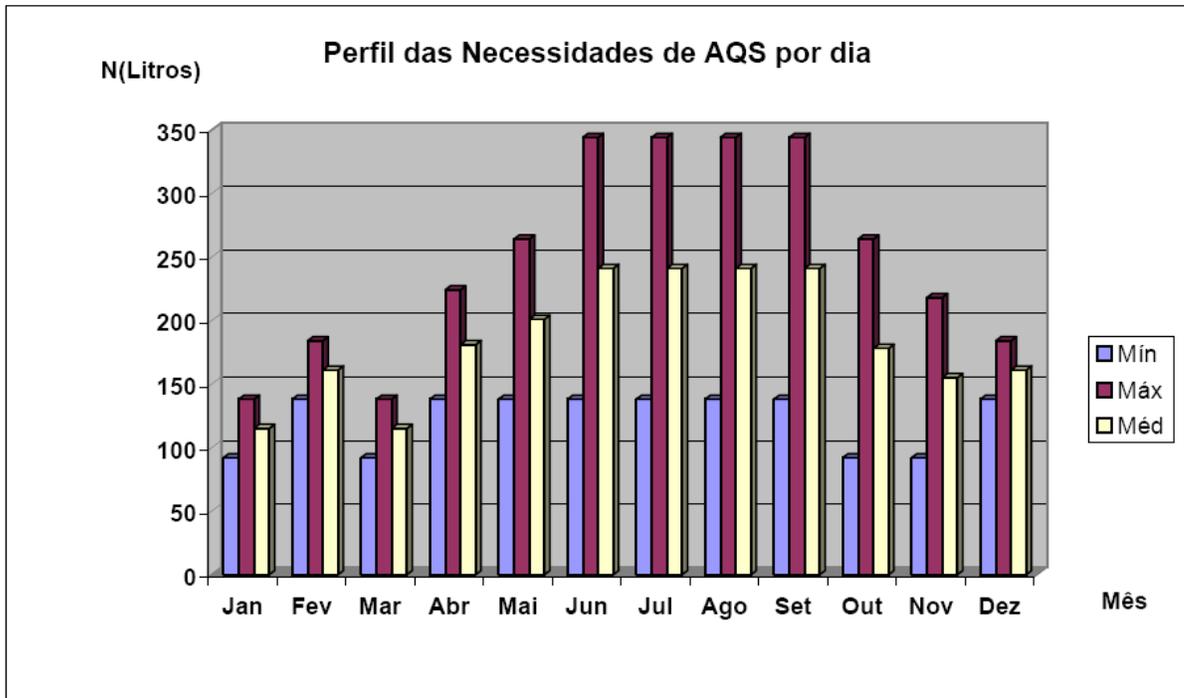


Temperatura média da água da rede durante os meses de funcionamento

15,73 °C

Temperatura média ambiente durante os meses de funcionamento

17,57 °C



Perfil de Consumo - Habitação												
AQS (l)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
8 - 9	40	60	40	80	80	80	80	80	80	80	60	60
9 - 10	62	83	62	83	83	83	83	83	83	83	82	85
10 - 11	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2
11 - 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 - 13	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2
13 - 14	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2
14 - 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 - 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 - 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 - 18	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2
18 - 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 - 20	2	2	2	2	20	20	20	20	20	2	2	2
20 - 21	3	4	3	4	5	40	40	40	40	4	3	2
21 - 22	4	4	4	4	5	10	10	10	10	5	4	4
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>161</b>	<b>115</b>	<b>181</b>	<b>201</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>178</b>	<b>155</b>	<b>161</b>

# **ANEXO II**

## **Cálculo da Superfície Colectora Necessária Simulação no Programa ESOP**

**1 - Piscina e Balneário**

**2 – Habitação Unifamiliar**

## 1 – Piscina e Balneário

### Archivo meteorológico: "Coimbra"

Latitud:	40,2 °
Longitud:	8,42 °
Suma anual de la radiación global:	1548,39 kWh
Porcentaje de la radiación difusa:	47,91 %
Temperatura externa media:	15,75 °C

### Consumo ACS

#### Consumo de ACS:

Consumo medio diario:	631,45 l
Consumo anual:	135,13 m <sup>3</sup>
Consumo máximo diario:	1636,07 l
Temperatura deseada:	45 °C
Demanda de la energía anual:	4,74 MWh
Días de funcionamiento:	214 Días
Sin funcionamiento:	de hasta
	1- 1- 31- 3-
	1-11- 31-12-

#### Recirculación:

Longitud simple del tendido de tuberías:	4 m
Salto térmico ida/retorno:	3 K
Pérdidas específicas:	0,3 W/(m <sup>2</sup> *K)
Pérdidas anuales (estimada):	154,08 kWh
Períodos de servicio diario:	de: 9 : 00 hora hasta: 21 : 00

hora

### Perfil de carga: Balneario - Verão

### Conexión del circuito del colector:

Medio: agua con	30 % Glykol
Capacidad térmica de mezcla:	3736 Ws/kg/K

### Depósito de ACS

Caudal:	800 l/h
Caudal específico:	40 l/h por m <sup>2</sup> área del colector

La bomba del circuito del colector se conecta, cuando la diferencia entre la temperatura del colector y la temperatura de referencia del depósito es de **8 K**

La bomba del circuito del colector se desconecta, cuando la diferencia entre la temperatura del colector y la temperatura de referencia del depósito es de **4 K**

### **Piscina**

Caudal: **800 l/h**  
Caudal específico: **40 l/h por m<sup>2</sup> área del colector**

La bomba del circuito del colector se conecta, cuando la diferencia entre la temperatura del colector y la temperatura de referencia del depósito es de **8 K**

La bomba del circuito del colector se desconecta, cuando la diferencia entre la temperatura del colector y la temperatura de retorno de la piscina es de **4 K inferior**.

diferencia entre la temperatura del colector y la temperatura

### **Control**

Las conexiones se realizarán según la secuencia indicada:

1. Depósito de ACS
2. Piscina

### **Campo del colector**

Área total bruta: **21,76 m<sup>2</sup>**  
Área total de referencia: **20 m<sup>2</sup>**  
Número de colectores: **8**

### **Inclinación**

Ángulo de inclinación: **25,2 °**  
Acimut: **0 °**

Radiación anual sobre la superficie del colector **37,72 MWh**

### **Tubería**

Longitud simple del trazado de tuberías  
en casa: **8 m**  
fuera: **12 m**  
entre los colectores: **150 mm / Colector**

Coefficiente de conductividad térmica del aislamiento  
en casa: **0,045 W/(m\*K)**  
fuera: **0,045 W/(m\*K)**  
entre los colectores: **0,045 W/(m\*K)**

Diámetro nominal de tubería  
interno + externo: **25 mm**  
entre los colectores: **18 mm**  
(corresponde a una velocidad de flujo de aprox. 0,47 m/s )

Espesor del aislamiento  
interno: **30 mm**  
externo: **30 mm**  
entre los colectores: **20 mm**

### **Colector plano : Vitosol 100 2,5**

Fabricante: **Viessmann Werke GmbH + Co**

#### **Dimensión /Tipo**

Superficie bruta: **2,72 m<sup>2</sup>**  
Área de referencia: **2,5 m<sup>2</sup>** (Área de apertura)

#### **Capacidad térmica**

Capacidad térmica específica : **6400 Ws/m<sup>2</sup>/K**

#### **Pérdidas ópticas**

Factor de conversión: **82,6 %**

Factor de corrección del ángulo para la radiación difusa: **90 %**

Factor de corrección del ángulo para 50 % de desviación de la perpendicular: **95 %**

#### **Pérdidas caloríficas**

Coefficiente simple de transmisión de calor: **3,68 W/m<sup>2</sup>K**

Coefficiente cuadrado de transmisión de calor: **0,0107 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>**

Todos los datos relativos al área de referencia.

### **Depósito de disponibilidad bivalente de ACS: Vitocell-B 300 (500 l)**

Fabricante: **Viessmann**

Volumen: **500 l**

Altura / Diámetro: **2,50**

#### **Aislamiento**

Espesor del Aislamiento: **107 mm**  
 Coef. de conductividad térmica: **0,03 W/(m\*K)**

	<u>Altura</u>	<u>Pérdidas</u>
<b>Conexiones</b>		
Salida - depósito superior:	<b>100 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Entrada - depósito inferior:	<b>0 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Recirculación:	<b>55 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Intercambiador de calor conectado con el circuito del colector		
Retorno:	<b>1 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Impulsión:	<b>35 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Intercambiador de calor para calefacción auxiliar		
Retorno:	<b>44 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Impulsión:	<b>66 %</b>	<b>0,1 W/K</b>

**Intercambiador de calor**

Valor kS Intercambiador de calor  
 conexión del circuito del colector: **1,19 W/K por litro de volumen del depósito**

Valor kS Intercambiador de calor para calefacción auxiliar: **0,92 W/K por litro de volumen del depósito**

**Control**

Temperatura deseada del depósito: **Temp. deseada ACS + 0 K**

tiempo de carga limitado: **-ninguna-**

	<u>Altura</u>	<u>Temperatura on/off</u>
Calefacción auxiliar		
Encender:	<b>54 %</b>	<b>-5 K</b>
Apagar:	<b>54 %</b>	<b>0 K</b>
conexión del circuito del colector		
encender /apagar:	<b>10 %</b>	
Apagar:	<b>90 %</b>	<b>80 °C</b>

**Caldera: Vitola 100 27 kW**

Fabricante: **Viessmann**  
 Potencia nominal: **27 kW**

Tipo de combustible:	<b>caldera de un nivel</b>		
Diferencia de temperatura	<b>20 K</b>		
Mezcla de retorno	<b>-ninguna-</b>		
Combustible:	<b>Gasoil (L)</b>		
Grado de eficiencia	<b>94 %</b>		
con temperatura de retorno	<b>60 °C</b>		
Grado de eficiencia	<b>94 %</b>		
con temperatura de retorno	<b>30 °C</b>		
Periodos de operación sin funcionamiento:		<b>de</b>	<b>hasta</b>
	<b>1- 1-</b>		<b>31- 3-</b>
	<b>1-11-</b>		<b>31-12-</b>

### **Piscina:Piscina al aire libre**

Número de bañistas por día:	<b>15</b>
Abastecimiento de agua fría por día:	<b>500 l</b>
Agua fría	
en Agosto:	<b>11,7 °C</b>
en Febrero:	<b>17,6 °C</b>

#### **Temperaturas**

Temperatura deseada:	<b>26 °C</b>
Temperatura máxima piscina:	<b>34 °C</b>

Área de la piscina:	<b>120 m<sup>2</sup></b>
Profundidad media:	<b>1,5 m</b>
Color de los azulejos:	<b>Azul claro</b>
Entorno geográfico:	<b>protegido</b>

Calefacción auxiliar	<b>ninguna</b>
----------------------	----------------

<b>Período de servicio</b>	<b>1- 4- - 30-10-</b>
----------------------------	-----------------------

<b>Cobertura piscina</b>	<b>ninguna</b>
--------------------------	----------------

### **Resultados de la simulación anual**

<b>Ahorro de Gasoil (L)</b>	<b>2200 l</b>
<b>Emisión de CO2 evitada</b>	<b>6003 kg</b>
<b>Cobertura ACS</b>	<b>98,3 %</b>
<b>Rendimiento del sistema</b>	<b>37,9 %</b>
<b>Energía sistema solar en el ACS</b>	<b>5,32 MWh</b>

---

<b>Energía sistema solar para la piscina</b>	<b>7,81 MWh</b>
<b>Cobertura piscina</b>	<b>100 %</b>
<b>Cobertura total</b>	<b>99,3 %</b>
<b>Energía de la calefacción auxiliar</b>	<b>90,6 kWh</b>
<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1548 kWh</b>
<b>Energía ACS consumida</b>	<b>4,46 MWh</b>
<b>Energía ACS definida</b>	<b>4,46 MWh</b>
<b>Pérdidas por recirculación</b>	<b>321 kWh</b>
<b>Consumo de agua caliente sanitaria</b>	<b>135 m<sup>3</sup></b>
<b>Consumo del agua caliente</b>	<b>71,2 m<sup>3</sup></b>
<b>Energía suministrada por el colector</b>	<b>13,1 MWh</b>
<b>Potencia suministrada por el circuito del colector al depósito</b>	<b>5,32 MWh</b>
<b>Potencia suministrada por el circuito del colector a la piscina</b>	<b>7,81 MWh</b>
<b>Grado de aprovechamiento del circuito del colector</b>	<b>37,9 %</b>
<b>Radiación global en el plano inclinado</b>	<b>1733 kWh</b>
<b>Radiación global en el plano inclinado, superficie con sombra</b>	<b>1733 kWh</b>
<b>Radiación sobre el área bruta (sin sombra)</b>	<b>37,7 MWh</b>
<b>Radiación sobre el área bruta</b>	<b>37,7 MWh</b>
<b>Radiación sobre la superficie de referencia (sin sombra)</b>	<b>34,7 MWh</b>
<b>Radiación sobre la superficie de referencia</b>	<b>34,7 MWh</b>
<b>Pérdidas tubería externa</b>	<b>769 kWh</b>
<b>Pérdidas tubería interna</b>	<b>1208 kWh</b>
<b>Energía transmitida</b>	<b>7,81 MWh</b>
<b>Pérdidas del depósito</b>	<b>635 kWh</b>
<b>Modificación del contenido energético</b>	<b>-1,8 kWh</b>
<b>Energía suministrada por la caldera</b>	<b>90,6 kWh</b>
<b>energía primaria equivalente</b>	<b>155 kWh</b>
<b>Consumo de Gasoil (L)</b>	<b>15,2 l</b>
<b>Temp. media de servicio de la piscina</b>	<b>26,1 °C</b>
<b>Pérdidas totales</b>	<b>168 MWh</b>
<b>Modificación del contenido energético (Pisc.)</b>	<b>-11 kWh</b>
<b>Ganancias por radiación</b>	<b>160 MWh</b>

## Resultados como tabla

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	Unidades												
	Año												
Gasoil (L) ahorr.	6,57 2200	6,63	76,7	216	282	316	364	364	303	246	11,6	6,81	
Emisión de CO2 evitada 6003		17,9	18,1	209	588	771	863	994	993	827	671	31,8	18,6
Cobertura ACS	100 98,3	100	100	96,6	98,4	99,1	99,2	96,2	99,4	99,9	100	100	
Grado de rendimiento 37,9		3,45	3,37	23,7	50,6	47,5	47,5	50,3	50,4	50,0	51,5	4,61	3,75
E ACS solar	0,06 5,32	0,06	0,05	0,34	0,61	0,84	1,07	1,24	0,56	0,35	0,08	0,06	
E pisc. solar	0,00 7,81	0,00	0,68	1,16	1,07	0,94	0,98	0,80	1,14	1,05	0,00	0,00	
Cobertura Pisc.	0,00 100	0,00	100	100	100	100	100	100	100	100	0,00	0,00	
Cobertura tot.	100 99,3	100	100	99,2	99,4	99,6	99,6	97,7	99,8	100	100	100	
E calef. aux.	0,00 90,6	0,00	0,00	11,9	9,60	7,63	8,90	48,7	3,38	0,51	0,00	0,00	
G horizontal	61,0 1548	72,6	129	140	179	195	209	195	147	104	62,6	54,3	
E ACS	0,00 4,46	0,00	0,00	0,27	0,52	0,74	0,99	1,20	0,46	0,26	0,00	0,00	
E ACS def.	0,00 4,46	0,00	0,00	0,27	0,52	0,74	0,99	1,20	0,46	0,26	0,00	0,00	
E recirculación	0,00 321	0,00	0,00	44,2	46,5	44,5	45,8	45,8	47,8	46,3	0,00	0,00	
Cons. ACS indicado	0,00 135	0,00	0,00	7,38	14,9	22,3	30,7	37,8	14,3	7,75	0,00	0,00	
Cons. ACS	0,00 71,2	0,00	0,00	4,16	8,12	12,0	16,4	19,7	6,87	4,07	0,00	0,00	
E circuito colector	0,06 13,1	0,06	0,73	1,50	1,68	1,77	2,04	2,04	1,70	1,39	0,08	0,06	
E circuito colector dep..	0,06 5,32	0,06	0,06	0,05	0,34	0,61	0,84	1,07	1,24	0,56	0,35	0,08	0,06
E circuito colector pisc.	0,00 7,81	0,00	0,68	1,16	1,07	0,94	0,98	0,80	1,14	1,05	0,00	0,00	
Rendimiento del colector 37,9		3,45	3,37	23,7	50,6	47,5	47,5	50,3	50,4	50,0	51,5	4,61	3,75
G inclinada, spec.	91,2 1733	94,3	154	148	177	187	203	203	170	135	87,6	82,9	
G inclinada, spec., somb.	91,2 1733	94,3	154	148	177	187	203	203	170	135	87,6	82,9	
G bruta	1,99 37,7	2,05	3,35	3,23	3,85	4,06	4,42	4,41	3,70	2,94	1,91	1,80	
G bruta, somb.	1,99 37,7	2,05	3,35	3,23	3,85	4,06	4,42	4,41	3,70	2,94	1,91	1,80	
G referencia	1,82 34,7	1,89	3,08	2,97	3,54	3,74	4,06	4,06	3,40	2,70	1,75	1,66	
G referencia, somb.	1,82 34,7	1,89	3,08	2,97	3,54	3,74	4,06	4,06	3,40	2,70	1,75	1,66	

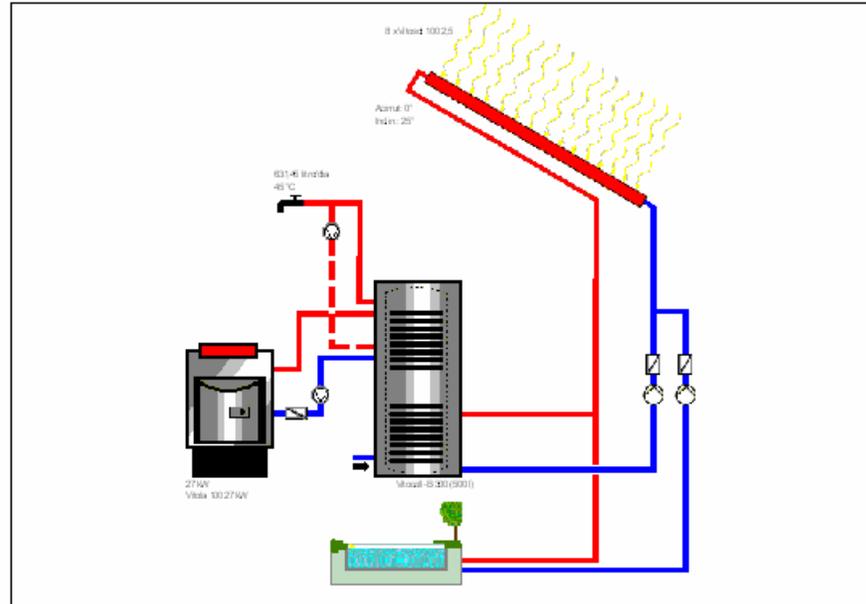
<b>E pérd. tub. externo</b>	75,5 <b>769</b>	78,0 <b>kWh</b>	92,2	46,3	59,0	61,0	61,7	62,6	51,6	40,1	71,7	69,1
<b>E pérd. tub. interna</b>	102 <b>1208</b>	110 <b>kWh</b>	135	61,9	91,2	107	120	121	97,0	64,3	103	92,9
<b>E PC</b>	0,00 <b>7,81</b>	0,00 <b>MWh</b>	0,68	1,16	1,07	0,94	0,98	0,80	1,14	1,05	0,00	0,00
<b>E pérdidas</b>	66,2 <b>635</b>	61,1 <b>kWh</b>	61,8	45,9	46,5	43,2	43,6	42,0	48,8	48,1	63,0	65,2
<b>E contenido</b>	-3,1 <b>-1,8</b>	2,54 <b>kWh</b>	-16	-8,0	2,22	12,6	-4,2	0,18	5,12	-7,5	17,5	-3,1
<b>E caldera</b>	0,00 <b>90,6</b>	0,00 <b>kWh</b>	0,00	11,9	9,60	7,63	8,90	48,7	3,38	0,51	0,00	0,00
<b>E primaria</b>	0,00 <b>155</b>	0,00 <b>kWh</b>	0,00	12,7	16,8	13,9	16,2	88,6	6,14	0,93	0,00	0,00
<b>Gasoil (L) cons.</b>	0,00 <b>15,2</b>	0,00 <b>l</b>	0,00	1,24	1,65	1,36	1,59	8,68	0,60	0,09	0,00	0,00

### Legenda

Gasoil (L) ahorr.	Ahorro de Gasoil (L)
Emisión de CO2 evitada	Emisión de CO2 evitada
Cobertura ACS	Cobertura ACS
Grado de rendimiento	Rendimiento del sistema
E ACS solar	Energía sistema solar en el ACS
E pisc. solar	Energía sistema solar para la piscina
Cobertura Pisc.	Cobertura piscina
Cobertura tot.	Cobertura total
E calef. aux.	Energía de la calefacción auxiliar
G horizontal	Radiación global horizontal
E ACS	Energía ACS consumida
E ACS def.	Energía ACS definida
E recirculación	Pérdidas por recirculación
Cons. ACS indicado	Consumo de agua caliente sanitaria
Cons. ACS	Consumo del agua caliente
E circuito colector	Energía suministrada por el colector
E circuito colector dep..	Potencia suministrada por el circuito del colector al depósito
E circuito colector pisc.	Potencia suministrada por el circuito del colector a la piscina
Rendimiento del colector	Grado de aprovechamiento del circuito del colector
G inclinada, spec.	Radiación global en el plano inclinado
G inclinada, spec., somb.	Radiación global en el plano inclinado, superficie con sombra
G bruta	Radiación sobre el área bruta (sin sombra)
G bruta, somb.	Radiación sobre el área bruta
G referencia	Radiación sobre la superficie de referencia (sin sombra)
G referencia, somb.	Radiación sobre la superficie de referencia
E pérd. tub. externo	Pérdidas tubería externa
E pérd. tub. interna	Pérdidas tubería interna
E PC	Energía transmitida
E pérdidas	Pérdidas del depósito
E contenido	Modificación del contenido energético
E elec.	E resistencia eléctrica
E caldera	Energía suministrada por la caldera
E primaria	energía primaria equivalente
Gasoil (L) cons.	Consumo de Gasoil (L)
Temperatura media de servicio	Temp. media de servicio de la piscina
E pérd. pisc.	Pérdidas totales
E contenido (pisc.)	Modificación del contenido energético (Pisc.)
Ganancias por radiación	Ganancias por radiación
E PC (Calef. Aux.-Pisc.)	Energía transmitida (Calef. Aux.-Pisc.)



T2  
Piscina e Balneário



**Resultados de la simulación anual**

Radiación sobre la superficie del colector:	34,67 MWh	1733,48 kWh/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los colectores:	15,11 MWh	755,69 kWh/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los circuitos del colector:	13,14 MWh	656,86 kWh/m <sup>2</sup>
Suministro de energía para la producción del agua caliente:	4,46 MWh	
Energía sistema solar en el ACS:	5,32 MWh	
Energía sistema solar en la piscina:	7,81 MWh	

**Ahorro Gasoil (L): 2.200,2 l**  
**Emisión de CO2 evitada: 6.003,0 kg**

**fracción solar cobertura ACS: 98,3 %**  
**Temperatura media pisc. 26,1 C°**  
**Temperatura piscina superior a 26,0 °C : 53,8 % de las horas de servicio**

**Rendimiento del sistema: 37,9 %**



T2  
Piscina e Balneário

**Datos del proyecto**

Lugar:	Silveira de Cima
Secuencia de datos meteor.	"Coimbra"
Suma anual de la radiación global:	1548,39 kWh/m <sup>2</sup>
Latitud:	40,2 °
Grado de longitud:	8,42 °

**Datos básicos**

**Agua caliente**

Consumo diario:	631,45 l/día
Temperatura deseada:	45 °C
perfil de carga:	Balneario - Verão
Temperatura del agua fría:	Febrero: 11,7 °C Agosto: 17,6 °C
Día sin consumo:	151

**Piscina al aire libre**

Área de la piscina:	120 m <sup>2</sup>
Calefacción auxiliar:	No

**Componentes de la instalación**

**Circuito del colector**

Fabricante:	Viessmann Werke GmbH & Co
Tipo:	Vitosol 100 2,5
Número:	8,00
Área total bruta:	21,76 m <sup>2</sup>
Área total de referencia:	20 m <sup>2</sup>
Ángulo de inclinación:	25,2 °
Acimut:	0 °

**Depósito de disponibilidad bivalente de ACS**

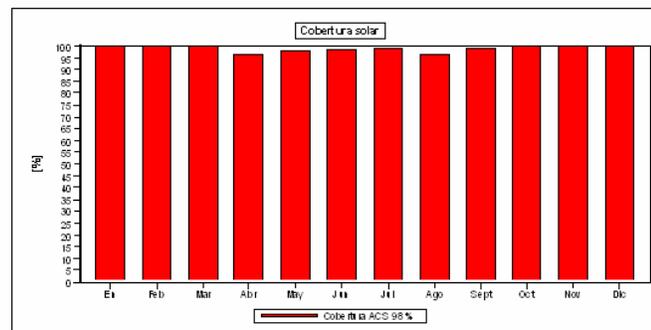
Fabricante:	Viessmann
Tipo:	Vitocell-B 300 (500 l)
Volumen:	500 l

**Calefacción auxiliar**

Fabricante:	Viessmann
Tipo:	Vitola 100 27 kW
Potencia nominal:	27 kW



T2  
Piscina e Balneário



El cálculo fue realizado con el programa de simulación de instalaciones solar térmicas ESOP 2.0. Los resultados calculados mediante un modelo de cálculo matemático con un intervalo de tiempo variable de max. 6 minutos. Los resultados reales pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, de consumo y por otras causas. El esquema de la instalación no substituye el dibujo técnico de la instalación solar térmica.

## 2 – Habitação Unifamiliar

### Archivo meteorológico: "Coimbra"

Latitud:	40,2 °
Longitud:	8,42 °
Suma anual de la radiación global:	1548,39 kWh
Porcentaje de la radiación difusa:	47,91 %
Temperatura externa media:	15,75 °C

### Consumo ACS

#### Consumo de ACS:

Consumo medio diario:	185,92 l
Consumo anual:	67,86 m <sup>3</sup>
Consumo máximo diario:	280,98 l
Temperatura deseada:	45 °C
Demanda de la energía anual:	2380,87 kWh
Días de funcionamiento:	365 Días
Sin funcionamiento:	--ninguna--

#### Recirculación:

Longitud simple del tendido de tuberías:	10 m
Salto térmico ida/retorno:	3 K
Pérdidas específicas:	0,3 W/(m*K)
Pérdidas anuales (estimada):	821,25 kWh
Períodos de servicio diario:	de: 7 : 00 hora hasta: 22 : 00

hora

### Perfil de carga: T2\_Turismo

### Calor para calefacción

#### Demanda térmica calefacción:

Demanda de calor para calefacción:	4 kW
Superficie útil calentada:	55 m <sup>2</sup>
Demanda térmica específica	72,727 W/m <sup>2</sup>
Temperatura ambiente:	20 °C
Temperatura exterior por norma:	0 °C
Temperatura límite de calefacción:	12 °C
Sistema constructivo:	Edificio de peso medio

#### Calor externo:

Relación del área de

ventanas relativa al área bruta del piso:  
 Norte / Este / Sur / Oeste                    **2 / 5 / 10 / 7 %**  
 Superficie total de ventana:                **13,2 m<sup>2</sup>**  
 Tipo de ventana:                                **Vidrio**  
     **doble aislante, sin capas, vidrio normal**  
 Cargas internas de calefacción:           **5 W/m<sup>2</sup>**

**Periodo de calefacción:**

Días de funcionamiento:                    **151 Días**  
 Sin funcionamiento:                        **de: 1- 4-    hasta: 31-10-**

**Reducción de la temperatura ambiente**

Reducción en:                                    **5 K**  
 Calefacción nocturna:                        **de                    hasta**  
     **0 : 00                6 : 00 hora**  
     **23 : 00              24 : 00 hora**

**Demanda térmica calefacción resultante:**

Demanda térmica anual para calefacción:                **2910,46 kWh**  
 Demanda térmica anual específica para calefacción:    **52,92 kWh/m<sup>2</sup>**

**Conexión del circuito del colector:**

Caudal:    **600 l/h**  
 Caudal específico:                            **40 l/h por m<sup>2</sup> área del colector**

Medio: agua                                      **30 % Glykol**  
 Capacidad térmica de mezcla:            **3736 Ws/kg/K**

**Control**

La bomba del circuito del colector se conecta cuando la diferencia entre la temperatura del colector y la temperatura de referencia del depósito es de                    **8 K**

La bomba del circuito del colector se desconecta, cuando la diferencia entre la temperatura del colector y la temperatura de referencia del depósito es de                    **es de 4 K**

**Campo del colector**

Área total bruta:                                **16,32 m<sup>2</sup>**  
 Área total de referencia:                    **15 m<sup>2</sup>**  
 Número de colectores:                        **6**

**Inclinación**

Ángulo de inclinación:	<b>55,2 °</b>
Acimut:	<b>0 °</b>
Radiación anual sobre la superficie del colector	<b>26,82 MWh</b>

**Tubería**

Longitud simple del trazado de tuberías	
en casa:	<b>8 m</b>
fuera:	<b>1 m</b>
entre los colectores:	<b>150 mm / Colector</b>
Coeficiente de conductividad térmica del aislamiento	
en casa:	<b>0,045 W/(m*K)</b>
fuera:	<b>0,045 W/(m*K)</b>
entre los colectores:	<b>0,045 W/(m*K)</b>
Diámetro nominal de tubería	
interno + externo:	<b>22 mm</b>
entre los colectores:	<b>15 mm</b>
(corresponde a una velocidad de flujo de aprox. 0,5 m/s )	
Espesor del aislamiento	
interno:	<b>30 mm</b>
externo:	<b>30 mm</b>
entre los colectores:	<b>20 mm</b>

**Colector plano : Vitosol 100 2,5**

Fabricante: **Viessmann Werke GmbH + Co**

**Dimensión /Tipo**

Superficie bruta: **2,72 m<sup>2</sup>**  
 Área de referencia: **2,5 m<sup>2</sup> (Área de apertura)**

**Capacidad térmica**

Capacidad térmica específica : **6400 Ws/m<sup>2</sup>/K**

**Pérdidas ópticas**

Factor de conversión: **82,6 %**

Factor de corrección del ángulo para la radiación difusa: **90 %**

Factor de corrección del ángulo para 50 % de desviación de la perpendicular: **95 %**

**Pérdidas caloríficas**

Coeficiente simple de transmisión de calor:	<b>3,68 W/m<sup>2</sup>K</b>
Coeficiente cuadrado de transmisión de calor:	<b>0,0107 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup></b>

Todos los datos relativos al área de referencia.

**Depósito de disponibilidad bivalente de ACS: Vitocell-B 100 (300 l)**

Fabricante:	<b>Viessmann</b>
Volumen:	<b>300 l</b>
Altura / Diámetro:	<b>3,30</b>

**Aislamiento**

Espesor del Aislamiento:	<b>51 mm</b>
Coef. de conductividad térmica:	<b>0,03 W/(m*K)</b>

	<u>Altura</u>	<u>Pérdidas</u>
<b>Conexiones</b>		
Salida - depósito superior:	<b>100 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Entrada - depósito inferior:	<b>0 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Recirculación:	<b>68 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Intercambiador de calor conectado con el circuito del colector		
Retorno:	<b>6 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Impulsión:	<b>52 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Intercambiador de calor para calefacción auxiliar		
Retorno:	<b>60 %</b>	<b>0,1 W/K</b>
Impulsión:	<b>84 %</b>	<b>0,1 W/K</b>

**Intercambiador de calor**

Valor kS Intercambiador de calor conexión del circuito del colector:	<b>1,65 W/K por litro de volumen del depósito</b>
Valor kS Intercambiador de calor para calefacción auxiliar:	<b>0,99 W/K por litro de volumen del depósito</b>

**Control**

Temperatura deseada del depósito:	<b>Temp. deseada ACS + 0 K</b>
-----------------------------------	--------------------------------

tiempo de carga limitado:	<b>-ninguna-</b>	
	<b>Altura</b>	<b>Temperatura on/off</b>
Calefacción auxiliar		
Encender:	<b>70 %</b>	<b>0 K</b>
Apagar:	<b>70 %</b>	<b>5 K</b>
conexión del circuito del colector		
encender /apagar:	<b>10 %</b>	
Apagar:	<b>90 %</b>	<b>90 °C</b>

### **Caldera: Vitola 100 18 kW**

Fabricante:	<b>Viessmann</b>
Potencia nominal:	<b>18 kW</b>
Tipo de combustible:	<b>caldera de un nivel</b>
Diferencia de temperatura	<b>20 K</b>
Mezcla de retorno	<b>-ninguna-</b>
Combustible:	<b>Gasoil (L)</b>
Grado de eficiencia con temperatura de retorno	<b>94 % 60 °C</b>
Grado de eficiencia con temperatura de retorno	<b>94 % 30 °C</b>
Periodos de operación sin funcionamiento:	<b>--ninguna--</b>

### **Circuito de calefacción**

#### **Circuito de calefacción de alta temperatura:**

Temperatura de impulsión:	<b>60 °C</b>
Temperatura de retorno:	<b>40 °C</b>

#### **Circuito de calefacción de baja temperatura**

Temperatura de impulsión:	<b>40 °C</b>
Temperatura de retorno:	<b>30 °C</b>

#### **Distribución porcentual en los circuitos de calefacción :**

Proporción del circuito de alta temperatura con distribución porcentual en el circuito: **0 %**

### **Depósito de inercia para calefacción (DI): Vitocell-V 100 (500 l)**

Fabricante:	<b>Viessmann</b>
Volumen:	<b>500 l</b>
Volumen específico:	<b>33 l por m<sup>2</sup> superficie del colector</b>
Altura / Diámetro:	<b>2,70</b>

**Aislamiento**

Espesor del Aislamiento:	<b>100 mm</b>
Coef. de conductividad térmica:	<b>0,03 W/(m*K)</b>

**Conexiones**

	<u>Altura</u>	<u>Pérdidas</u>
Salida - depósito superior:	<b>100 %</b>	<b>0,2 W/K</b>
Entrada - depósito inferior	<b>0 %</b>	<b>0,2 W/K</b>
Intercambiador de calor conectado con el circuito del colector		
Retorno:	<b>5 %</b>	<b>0,2 W/K</b>
Impulsión	<b>46 %</b>	<b>0,2 W/K</b>
Intercambiador de calor		
Valor kS conexión del circuito del colector:	<b>1,32 W/K por litro de volumen del depósito</b>	

**Control**

Temperatura deseada del depósito:	<b>Temp. deseada ACS + 0 K</b>
Tiempo de carga limitado:	<b>-ninguna-</b>

	<u>Altura</u>	<u>Temperatura on/off</u>
Conexión del circuito del colector		
Encender /Apagar:	<b>46 %</b>	
Apagar:	<b>90 %</b>	<b>90 °C</b>
apagar la válvula para		<b>5 K</b>

**Resultados de la simulación anual**

<b>Ahorro de Gasoil (L)</b>	<b>880 l</b>
<b>Emisión de CO2 evitada</b>	<b>2402 kg</b>
<b>Cobertura ACS</b>	<b>95,2 %</b>
<b>Cobertura calefacción</b>	<b>43,9 %</b>
<b>Cobertura total</b>	<b>76,0 %</b>

---

<b>Rendimento del sistema</b>	<b>23,9 %</b>
<b>Energía sistema solar para el ACS</b>	<b>4,62 MWh</b>
<b>Energía instalación solar en la calef.</b>	<b>1278 kWh</b>
<b>Energía caldera en ACS</b>	<b>234 kWh</b>
<b>Energía caldera en la calefacción</b>	<b>1632 kWh</b>
<b>Energía de la calefacción auxiliar</b>	<b>1866 kWh</b>
<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1548 kWh</b>
<b>Energía ACS consumida</b>	<b>2356 kWh</b>
<b>Energía ACS definida</b>	<b>2356 kWh</b>
<b>Pérdidas por recirculación</b>	<b>1687 kWh</b>
<b>Consumo de agua caliente sanitaria</b>	<b>67,9 m<sup>3</sup></b>
<b>Consumo del agua caliente</b>	<b>39,6 m<sup>3</sup></b>
<b>Demanda térmica calefacción</b>	<b>2910 kWh</b>
<b>Energía suministrada por el colector</b>	<b>6,51 MWh</b>
<b>Potencia suministrada por el circuito del colector al ACS</b>	<b>4,62 MWh</b>
<b>Potencia suministrada por el circuito del colector a la calefacción</b>	<b>1890 kWh</b>
<b>Grado de aprovechamiento del circuito del colector</b>	<b>26,4 %</b>
<b>Radiación global en el plano inclinado</b>	<b>1643 kWh</b>
<b>Radiación global en el plano inclinado, superficie con sombra</b>	<b>1643 kWh</b>
<b>Radiación sobre el área bruta (sin sombra)</b>	<b>26,8 MWh</b>
<b>Radiación sobre el área bruta</b>	<b>26,8 MWh</b>
<b>Radiación sobre la superficie de referencia (sin sombra)</b>	<b>24,6 MWh</b>
<b>Radiación sobre la superficie de referencia</b>	<b>24,6 MWh</b>
<b>Pérdidas tubería externa</b>	<b>110 kWh</b>
<b>Pérdidas tubería interna</b>	<b>970 kWh</b>
<b>Pérdidas del depósito</b>	<b>796 kWh</b>
<b>Modificación del contenido energético</b>	<b>-15 kWh</b>
<b>Energía suministrada por la caldera</b>	<b>1866 kWh</b>
<b>energía primaria equivalente</b>	<b>2075 kWh</b>
<b>Consumo de Gasoil (L)</b>	<b>203 l</b>
<b>Suministro de calor para el circuito de la calefacción de baja temperatura</b>	<b>2910 kWh</b>
<b>Pérdidas del depósito (DI)</b>	<b>606 kWh</b>
<b>Modificación del contenido energético (DI)</b>	<b>-1,6 kWh</b>

---

## Resultados como tabla

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	Unidades												
	Año												
<b>Gasoil (L) ahorr.</b>	64,1 880	63,9	85,6	65,5	75,1	79,5	83,2	83,8	82,6	74,1	63,4	59,7	
<b>Emisión de CO2 evitada</b>	175 2402	174	233	179	205	217	227	229	225	202	173	163	
<b>Cobertura ACS</b>	89,0 95,2	90,6	97,2	93,6	96,0	96,9	98,0	97,3	98,6	99,4	90,6	89,8	
<b>Cobertura calefacción</b>	36,4 43,9	42,5	85,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,5	28,4
<b>Cobertura tot.</b>	51,1 76,0	59,9	90,6	93,6	96,0	96,9	98,0	97,3	98,6	99,4	70,2	47,8	
<b>Grado de rendimiento</b>	35,8 23,9	35,9	31,0	18,3	19,1	20,1	19,1	17,9	18,7	19,1	30,6	35,3	
<b>E ACS solar</b>	0,28 4,62	0,30	0,35	0,37	0,42	0,45	0,47	0,47	0,46	0,42	0,31	0,32	
<b>E calef. solar</b>	300 1278	248	366	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148	215	
<b>E caldera ACS</b>	35,1 234	31,5	10,1	25,1	17,8	14,2	9,42	13,1	6,58	2,47	32,4	36,0	
<b>E caldera calef.</b>	525 1632	337	64,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	163	543	
<b>E calef. aux.</b>	560 1866	368	74,8	25,1	17,8	14,2	9,42	13,1	6,58	2,47	196	579	
<b>G horizontal</b>	61,0 1548	72,6	129	140	179	195	209	195	147	104	62,6	54,3	
<b>E ACS</b>	139 2356	175	134	201	219	239	244	236	233	189	162	186	
<b>E ACS def.</b>	139 2356	175	134	201	219	239	244	236	233	189	162	186	
<b>E recirculación</b>	131 1687	108	148	135	145	142	156	165	157	157	120	122	
<b>Cons. ACS indicado</b>	3,64 67,9	4,52	3,52	5,46	6,23	7,14	7,56	7,42	7,19	5,61	4,57	5,01	
<b>Cons. ACS</b>	2,47 39,6	3,20	2,07	3,35	3,63	4,04	3,95	3,67	3,61	2,97	3,12	3,46	
<b>E calef..</b>	825 2910	585	431	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	311	758	
<b>E circuito colector</b>	0,60 6,51	0,57	0,76	0,44	0,49	0,52	0,55	0,55	0,54	0,48	0,47	0,55	
<b>E circuito colector ACS</b>	0,28 4,62	0,30	0,35	0,37	0,42	0,45	0,47	0,47	0,47	0,46	0,42	0,31	0,32
<b>E circuito colector calef.</b>	317 1890	271	407	72,4	67,1	71,3	78,3	75,5	74,1	66,3	158	233	
<b>Rendimiento del colector</b>	36,8 26,4	37,3	32,8	21,9	22,2	23,3	22,3	20,7	21,7	22,1	31,3	36,5	
<b>G inclinada, spec.</b>	109 1643	102	154	134	147	148	163	175	165	145	100	100	
<b>G inclinada, spec., somb.</b>	109 1643	102	154	134	147	148	163	175	165	145	100	100	

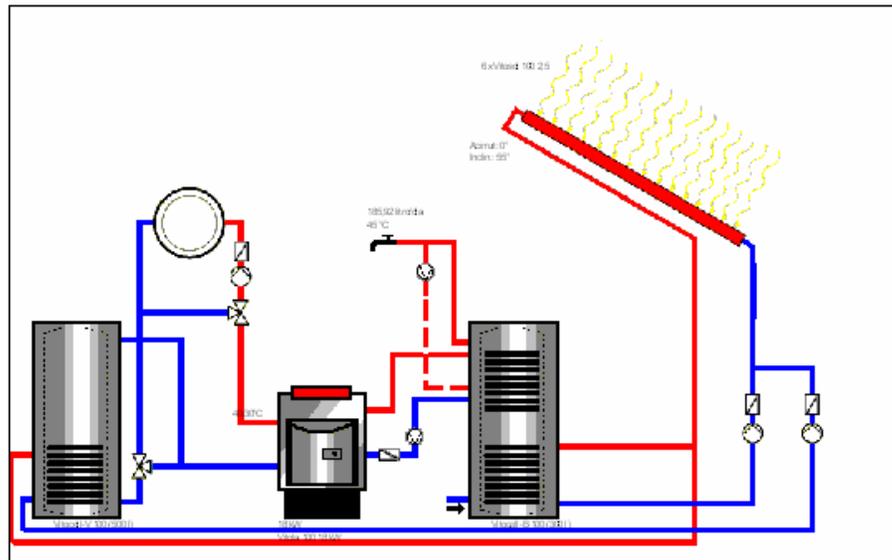
<b>G bruta</b>	1,77 <b>26,8</b>	1,67 <b>MWh</b>	2,51	2,19	2,40	2,41	2,66	2,86	2,69	2,37	1,64	1,64
<b>G bruta, somb.</b>	1,77 <b>26,8</b>	1,67 <b>MWh</b>	2,51	2,19	2,40	2,41	2,66	2,86	2,69	2,37	1,64	1,64
<b>G referencia</b>	1,63 <b>24,6</b>	1,54 <b>MWh</b>	2,31	2,01	2,20	2,22	2,45	2,63	2,47	2,18	1,51	1,50
<b>G referencia, somb.</b>	1,63 <b>24,6</b>	1,54 <b>MWh</b>	2,31	2,01	2,20	2,22	2,45	2,63	2,47	2,18	1,51	1,50
<b>E pérd. tub. externo</b>	6,29 <b>110</b>	5,81 <b>kWh</b>	9,27	9,69	10,4	10,1	11,2	12,4	11,7	10,5	6,45	5,88
<b>E pérd. tub. interna</b>	44,2 <b>970</b>	41,8 <b>kWh</b>	74,7	80,2	91,8	96,8	114	125	114	95,5	50,1	41,1
<b>E pérdidas</b>	60,8 <b>796</b>	49,1 <b>kWh</b>	72,3	62,6	68,5	66,4	74,1	78,0	75,1	77,1	56,4	55,5
<b>E contenido</b>	-13 <b>-15</b>	0,42 <b>kWh</b>	4,83	-6,2	2,96	8,41	0,54	0,36	1,24	-8,6	5,72	-12
<b>E caldera</b>	560 <b>1866</b>	368 <b>kWh</b>	74,8	25,1	17,8	14,2	9,42	13,1	6,58	2,47	196	579

### Legenda

Gasoil (L) ahorr.	Ahorro de Gasoil (L)
Emisión de CO2 evitada	Emisión de CO2 evitada
Cobertura ACS	Cobertura ACS
Cobertura calefacción	Cobertura calefacción
Cobertura tot.	Cobertura total
Grado de rendimiento	Rendimiento del sistema
E ACS solar	Energía sistema solar para el ACS
E calef. solar	Energía instalación solar en la calef.
E caldera ACS	Energía caldera en ACS
E caldera calef.	Energía caldera en la calefacción
E calef. aux.	Energía de la calefacción auxiliar
G horizontal	Radiación global horizontal
E ACS	Energía ACS consumida
E ACS def.	Energía ACS definida
E recirculación	Pérdidas por recirculación
Cons. ACS indicado	Consumo de agua caliente sanitaria
Cons. ACS	Consumo del agua caliente
E calef..	Demanda térmica calefacción
E circuito colector	Energía suministrada por el colector
E circuito colector ACS	Potencia suministrada por el circuito del colector al ACS
E circuito colector calef.	Potencia suministrada por el circuito del colector a la calefacción
Rendimiento del colector	Grado de aprovechamiento del circuito del colector
G inclinada, spec.	Radiación global en el plano inclinado
G inclinada, spec., somb.	Radiación global en el plano inclinado, superficie con sombra
G bruta	Radiación sobre el área bruta (sin sombra)
G bruta, somb.	Radiación sobre el área bruta
G referencia	Radiación sobre la superficie de referencia (sin sombra)
G referencia, somb.	Radiación sobre la superficie de referencia
E pérd. tub. externo	Pérdidas tubería externa
E pérd. tub. interna	Pérdidas tubería interna
E pérdidas	Pérdidas del depósito
E contenido	Modificación del contenido energético
E elec.	E resistencia eléctrica
E caldera	Energía suministrada por la caldera
E primaria	energía primaria equivalente
Gasoil (L) cons.	Consumo de Gasoil (L)
E CR AT	Suministro de calor para el circuito de la calefacción de alta temperatura
E CR BT	Suministro de calor para el circuito de la calefacción de baja temperatura
E pérdidas (DI)	Pérdidas del depósito (DI)
E contenido (DI)	Modificación del contenido energético (DI)
E elec. (DI)	E resistencia eléctrica (DI)



Habitación T2  
Variante 1



#### Resultados de la simulación anual

Radiación sobre la superficie del colector:	24,65 MWh	1643,14 kWh/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los colectores:	7,59 MWh	505,84 kWh/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por los circuitos del colector:	6,51 MWh	433,87 kWh/m <sup>2</sup>
Suministro de energía para la producción del agua caliente:	2356,24 kWh	
Suministro de energía p/calef.:	2910,46 kWh	
Energía sistema solar en el ACS:	4,62 MWh	
Energía instalación solar en la calef.:	1278,12 kWh	
Energía suministrada por la calefacción auxiliar:	1866,07 kWh	

**Ahorro Gasoil (L): 880,5 l**  
**Emisión de CO2 evitada: 2.402,3 kg**

**fracción solar cobertura ACS: 95,2 %**  
**fracción solar cobertura total: 76,0 %**  
**Rendimiento del sistema: 23,9 %**

Habitación T2  
Variante 1



**Datos del proyecto**

Lugar:	Silveira de Cima
Secuencia de datos meteor.	"Coimbra"
Suma anual de la radiación global:	1548,39 kWh/m <sup>2</sup>
Latitud:	40,2 °
Grado de longitud:	8,42 °

**Datos básicos**

**Agua caliente**

Consumo diario:	185,92 l/día
Temperatura deseada:	45 °C
perfil de carga:	T2_Turismo
Temperatura del agua fría:	Febrero: 11,7 °C Agosto: 17,6 °C

**calefacción**

Demanda de calor para calefacción:	4 kW
Temperatura exterior por norma:	0 °C
Temperatura de proyecto	40/30 °C
	40/30 °C

**Componentes de la instalación**

**Circuito del colector**

Fabricante:	Viessmann Werke GmbH & Co
Tipo:	Vitosol 100 2,5
Número:	6,00
Área total bruta:	16,32 m <sup>2</sup>
Área total de referencia:	15 m <sup>2</sup>
Ángulo de inclinación:	55,2 °
Acimut:	0 °

**Depósito de disponibilidad bivalente de ACS**

Fabricante:	Viessmann
Tipo:	Vitocell-B 100 (300 l)
Volumen:	300 l

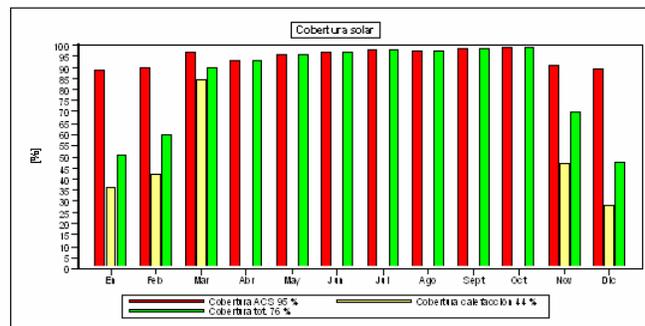
**Depósito de inercia para calefacción (DI)**

Fabricante:	Viessmann
Tipo:	Vitocell-V 100 (500 l)
Volumen:	500 l

**Calefacción auxiliar**

Fabricante:	Viessmann
Tipo:	Vitola 100 18 kW
Potencia nominal:	18 kW

Habitación T2  
Variante 1



El cálculo fue realizado con el programa de simulación de instalaciones solar térmicas ESOP 2.0. Los resultados calculados mediante un modelo de cálculo matemático con un intervalo de tiempo variable de max. 6 minutos. Los resultados reales pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, de consumo y por otras causas. El esquema de la instalación no substituye el dibujo técnico de la instalación solar térmica.

# **ANEXO III**

## **Dimensionamento do Equipamento**

**1 - Piscina e Balneário**

**2 – Habitação Unifamiliar**

## 1 – Piscina e Balneário

### 1 - Dimensionamento da Tubagem

#### 1.1 - Circuito Primário - AQS

Notas: A perda de carga por metro linear de tubo terá que ser inferior a 40 mm. c.a.;

A velocidade de circulação do líquido terá que ser inferior a 1,5 m/s.

Colector: Vitosol 100 s - 2,5 m<sup>2</sup> Temperatura de utilização 45 °C

Rendimento	0,84	Comprimento	2,385 m	Área S.C.	2,5 m <sup>2</sup>
Perdas	3,36 W/(m <sup>2</sup> .K)	Largura	1,138 m	A <sub>T</sub>	2,714 m <sup>2</sup>
Caudal recomendado	40 l/m <sup>2</sup> .h	Profundidade	0,102 m	Peso	60 Kg
Velocidade do fluido	0,3 a		0,5 m/s		
Perda de carga (tubo)	1 a		2,5 mbar/m	10,2 a	25,5 mm. c.a./m
Volume do fluido	2,2 litros/colector				

Área de captação total 8 colectores **20,00** m<sup>2</sup>

Volume do fluido nos 8 colectores **17,60** litros

$$d = j * C^{0.35}$$

d = Diâmetro em cm  
 C = Caudal em m<sup>3</sup>/h

j = Tubagens metálicas - 2,2  
 Tubagens plásticas - 2,4

Caudal (água) = **1,6667** l/colector.min

Quando o fluido é a água

Propilenglicol 30% para t (°C)= 45

Calor específico 0,94 Kcal/Kg°C

Densidade 1,01 g/cm<sup>3</sup>

Caudal (solução) = **1,7730** l/colector.min

Quando o fluido é uma dissolução de propilenglicol

nº colectores = 8 C<sub>1</sub> = 14,1844 l/min = 851,0638 l/h = **0,8511** m<sup>3</sup>/h

nº colectores = 4 C<sub>2</sub> = 7,0922 l/min = 425,5319 l/h = 0,4255 m<sup>3</sup>/h

nº colectores =            C<sub>3</sub> = 0,0000 l/min = 0,0000 l/h = 0,0000 m<sup>3</sup>/h

nº colectores =            C<sub>4</sub> = 0,0000 l/min = 0,0000 l/h = 0,0000 m<sup>3</sup>/h

	cm	mm		Diâmetro comercial - Cobre mm.	
d <sub>1</sub> =	<u>2,0793</u>	<u>20,7926</u>	<b>Cu ø 28*1 mm</b>	Exterior	<u>28</u>
				Interior	<b>26</b>
d <sub>2</sub> =	<u>1,6314</u>	<u>16,3136</u>	<b>Cu ø 22*1 mm</b>	Exterior	<u>22</u>
				Interior	<b>20</b>
d <sub>3</sub> =	<u>0,0000</u>	<u>0,0000</u>	<b>Cu ø mm</b>	Exterior	<u>          </u>
				Interior	<u>          </u>
d <sub>4</sub> =	<u>0,0000</u>	<u>0,0000</u>	<b>Cu ø mm</b>	Exterior	<u>          </u>
				Interior	<u>          </u>

Espessura do Isolamento 20 mm

Diâmetro Comercial

Volume do fluido no tubo de cobre 28 mm 0,53093 litros/m 4,25 litros

Volume do fluido no tubo de cobre 22 mm 0,31416 litros/m 3,77 litros

Volume do fluido total no tubo de cobre **8,02** litros

Verificação - (Anexo I, gráfico 2 - Pág. 129 do Manua do ISQ) - ΔP < 40 mm c.a.; V < 1,5 m/s

m <sup>3</sup> /h	mm	m/s	mm c.a.	mm c.a.
C <sub>1</sub> = <u>0,8511</u>	d <sub>1</sub> = <u>26</u>	V <sub>1</sub> = <u>0,45</u>	ΔP = <u>16,00</u>	ΔP*F = <u>19,386</u>
C <sub>2</sub> = <u>0,4255</u>	d <sub>2</sub> = <u>20</u>	V <sub>2</sub> = <u>0,38</u>	ΔP = <u>14,00</u>	ΔP*F = <u>16,963</u>
C <sub>3</sub> = <u>0,0000</u>	d <sub>3</sub> = <u>0</u>	V <sub>3</sub> = <u>0,00</u>	ΔP = <u>        </u>	ΔP*F = <u>0,000</u>
C <sub>4</sub> = <u>0,0000</u>	d <sub>4</sub> = <u>0</u>	V <sub>4</sub> = <u>0,00</u>	ΔP = <u>        </u>	ΔP*F = <u>0,000</u>

$$v = \frac{C}{\pi \cdot R^2}$$

v = Velocidade da água (m/s)

C = Caudal (m<sup>3</sup>/h)/3600

R = Raio do tubo (m)

Factor de Correção - (Anexo II, Viscosidade - Pág. 142 do Manual do ISQ)

Etilenglicol 30% para t = 45 °C

Viscosidade Água 0,58 Viscosidade da Solução 1,25

$$F = \sqrt[4]{\frac{\text{visc. dissolução}}{\text{Visc. água}}}$$

F = 1,2116

## 2 - Dimensionamento da Bomba de Circulação - B1

### 2.1 - Perda de Carga - Acessório ou Singularidade + Tubagem

Anexo 1 - Tabela 1 (Página 134 do Manual - ISQ)			
Quantidade	Acessório ou Singularidade	Leq.	Total
	Mudança de direcção a 45°	0,7	0,00
	Mudança de direcção a 90°	1,5	0,00
6	Curva 90°	0,4	2,40
	Contrações bruscas 4:1	0,9	0,00
	Contrações bruscas 2:1	0,7	0,00
	Contrações bruscas 4:3	0,5	0,00
4	Derivação em T	1,4	5,60
	Alargamentos bruscos 1:4	1,6	0,00
	Alargamentos bruscos 1:2	1,1	0,00
	Alargamentos bruscos 3:4	0,5	0,00
1	Entrada em depósitos	1,5	1,50
	Uniões lisas	0,1	0,00
	Uniões diversas	0,8	0,00
	Válvulas de guilhotina aberta	1	0,00
	Válvulas de guilhotina semi-abertas	4,3	0,00
	Válvulas de guilhotina 3/4 fechadas	21,3	0,00
	Válvulas de sede aberta	5	0,00
	Válvulas de sede semi-abertas	30,7	0,00
	Válvulas de sede 3/4 fechadas	95,6	0,00
	Válvulas de borboleta aberta	1	0,00
	Válvulas de borboleta semi-abertas	21,3	0,00
	Válvulas de borboleta 3/4 fechadas	213,4	0,00
	Válvulas de esfera aberta	1	0,00
9	Válvulas de retenção de borboleta	10	90,00
	Válvulas de retenção de mola	50	0,00
			0,00
20	<b>Totais</b>		<b>99,50</b>

Comprimento da tubagem	Colector / Depósito	Ida	4	m	Comp total	diâmetro E
		Retorno	4	m	8,00	28
	Entre colectores	Ida	11	m	12,00	22
		Retorno	1	m		
					(m)	(mm)

Comprimento Total = 119,50 m Tubagem + Acessórios e Singularidades

$\Delta P =$  19,386 mm. c.a. Calculado em 1.1 para o diâmetro de 28 mm

Perda de carga total  $\Delta P =$  2,317 m. c.a.

### 2.2 - Perda de Carga - Grupo de Colectores

C = 1,7730 l/colector.min

Quando o fluido é uma dissolução de Propilenglicol

1 mbar = 10,2 mm. c.a.

$\Delta P =$  128 mbar Tabela Fabricante

nº colectores = \_\_\_\_\_ Série

$\Delta P =$  1,305,60 mm. c.a.

nº colectores = \_\_\_\_\_ Paralelo

Série  $\Delta P_{Total} = \sum \Delta P_i$

$\Delta P_{Total} =$  0 mm. c.a.

Paralelo  $\Delta P_{Total} = \Delta P_i$

$\Delta P_{Total} =$  0 mm. c.a.

nº Grupos = 0 Série  
Colectores 0 p/grupo

nº Grupos = 0 Paralelo  
Colectores 0 P/grupo

$\Delta pt = \frac{\Delta p * N(N+1)}{4}$   $\Delta pt$  Perda de carga total do grupo de N colectores em paralelo com caudal total NC, tendo cada um dos colectores uma perda de carga  $\Delta p$  com caudal C

$\Delta p =$  0,000 mm. c.a. Perda de carga do conjunto de \_\_\_ colectores em paralelo

$\Delta p =$  0,000 mm. c.a. Perda de carga da bateria ( \_\_\_ grupos de \_\_\_ colectores)

$\Delta pt =$  0,000 m. c.a.  $\Delta pt =$  1,306 m. c.a. Perda de carga do grupo (Fabr.)

### 2.3 - Perda de Carga - Permutador de Serpentina

Acumulador Vitoccel - B 300 (500litros)

$\Delta pt =$  102 mm. c.a.

$\Delta p =$  10 mbar Fabricante

$\Delta pt =$  0,102 m. c.a. (Primário)

Volume fluido (Serpentina) 15,00 litros

**2.4 - Potência da Bomba Circuladora - B1**

**Bomba B1** Grundfos - PS 10 - II (60W)

$$\Delta p_{total} = \boxed{3,724} \text{ m. c.a.} * 9800 \text{ N/m}^2 / 1 \text{ m c.a.} = \boxed{36,497,54} \text{ N/m}^2$$

$$P = C \times \Delta P$$

P = Potência eléctrica    C = Caudal (m<sup>3</sup>/s)     $\Delta P = \Delta p_{total}$

$$C = \boxed{0,0002364} \text{ m}^3/\text{s} =$$

$$P = \frac{8,63}{25} \text{ W}$$

$$\eta = 25 \%$$

$$P_n = \frac{P}{\eta_{bomba}}$$

$$P_n = \frac{34,51}{41,42} \text{ W}$$

$$P_n = 41,42 \text{ W (+20\%)}$$

$$P_{bomba} = \boxed{60} \text{ W}$$

Tensão nominal 230 V

Potência - II 60 W

Válvula Seg. 6 bar

Pressão máx 6 bar

Caudal máx 3,7 m<sup>3</sup>/h

h máx 5,8 m

Ponto de Funcionamento

Perda de Carga = 3,72 m. c.a.

Caudal = 851 l/h

Volume do fluido 0,70 litros

**3 - Dimensionamento do Vaso de Expansão**

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \times V_K) \cdot (P_e + 1)}{P_e - (P_{st} + 0.5)}$$

Vaso de Expansão (dois)	Peso	Ligação
<u>Viessmann - 40 litros</u>	15 Kg	3/4 R
<u>Viessmann - 18 litros</u>	7,5 Kg	3/4 R

Volume do fluido	<u>2,20</u>	litros/col.
Volume do fluido (colectores)	<u>17,60</u>	litros
Volume do fluido (Tubagem de cobre)	<u>8,02</u>	litros
Volume do fluido (Serpentina)	<u>15,00</u>	litros
Volume do fluido (Bomba)	<u>0,70</u>	litros

- V<sub>N</sub> - Volume nominal do depósito de expansão em litros
- V<sub>V</sub> - 0,005\*V<sub>A</sub> em litros - mínimo de 3 litros
- V<sub>A</sub> - Volume do fluido da instalação completa
- V<sub>2</sub> - Aumento de volume com o aumento de temperatura  
 $V_2 = V_A \times \beta$      $\beta = 0,13$  (Temperaturas entre - 20°C a + 120°C)
- V<sub>K</sub> - Capacidade do colector em litros
- P<sub>e</sub> - Pressão final admissível em bar     $P_e = P_{st} - 0.1 \times P_{st}$   
Psi = Pressão da válvula de segurança
- P<sub>st</sub> - Pressão inicial do azoto do vaso de expansão em bar  
 $P_{st} = 1,5 \text{ bar} + 0,1 \times h$   
h = Altura entre a saída para o vaso de expansão (grupo de bombagem) e o topo do colector (ponto + alto)
- Z - número de colectores

$$V_A = \underline{41,32} \text{ litros}$$

$$h = \underline{3,2} \text{ m}$$

$$P_{st} = \underline{6} \text{ bar}$$

$$V_V = \underline{0,21} \text{ litros}$$

$$V_V \text{ min} = \underline{3} \text{ litros} \Rightarrow$$

$$V_V = \underline{3} \text{ litros}$$

$$V_2 = \underline{5,37} \text{ litros}$$

$$V_K = \underline{2,20} \text{ litros}$$

$$P_{st} = \underline{1,82} \text{ bar}$$

$$P_e = \underline{5,40} \text{ bar}$$

$$Z = \underline{8} \text{ Colectores}$$

$$V_N = \boxed{53,97} \text{ litros}$$

## 4 - Dimensionamento da Bomba de Circulação - B2

### 4.1 - Perda de Carga - Acessório ou Singularidade + Tubagem

Anexo 1 - Tabela 1 (Página 134 do Manual - ISQ)			
Quantidade	Acessório ou Singularidade	Leq.	Total
	Mudança de direcção a 45°	0,7	0,00
	Mudança de direcção a 90°	1,5	0,00
8	Curva 90°	0,4	3,20
	Contrações bruscas 4:1	0,9	0,00
	Contrações bruscas 2:1	0,7	0,00
	Contrações bruscas 4:3	0,5	0,00
4	Derivação em T	1,4	5,60
	Alargamentos bruscos 1:4	1,6	0,00
	Alargamentos bruscos 1:2	1,1	0,00
	Alargamentos bruscos 3:4	0,5	0,00
	Entrada em depósitos	1,5	0,00
	Uniões lisas	0,1	0,00
	Uniões diversas	0,8	0,00
	Válvulas de guilhotina aberta	1	0,00
	Válvulas de guilhotina semi-abertas	4,3	0,00
	Válvulas de guilhotina 3/4 fechadas	21,3	0,00
	Válvulas de sede aberta	5	0,00
	Válvulas de sede semi-abertas	30,7	0,00
	Válvulas de sede 3/4 fechadas	95,6	0,00
	Válvulas de borboleta aberta	1	0,00
	Válvulas de borboleta semi-abertas	21,3	0,00
	Válvulas de borboleta 3/4 fechadas	213,4	0,00
	Válvulas de esfera aberta	1	0,00
8	Válvulas de retenção de borboleta	10	80,00
	Válvulas de retenção de mola	50	0,00
			0,00
<b>20</b>	<b>Totais</b>		<b>88,80</b>

Comprimento da tubagem	Colector / Permutador	Comp total		diâmetro E		
		Ida	5	m	10,00	28
Retorno	5	m				
	Entre colectores	Ida	11	m	12,00	22
		Retorno	1	m		

(m)                      (mm)

Comprimento Total = 110,80 m                      Tubagem + Acessórios e singularidades

$\Delta P$  = 19,39 mm. c.a.                      Calculado em 1.1 para o diâmetro de 28 mm

Perda de carga total                       $\Delta P$  = 2,148 m. c.a.

### 4.2 - Perda de Carga - Grupo de Colectores

$\Delta p_t$  = 1,306 m. c.a.                      Calculada em 2.2

**4.3 - Dimensionamento do Permutador de Placas**

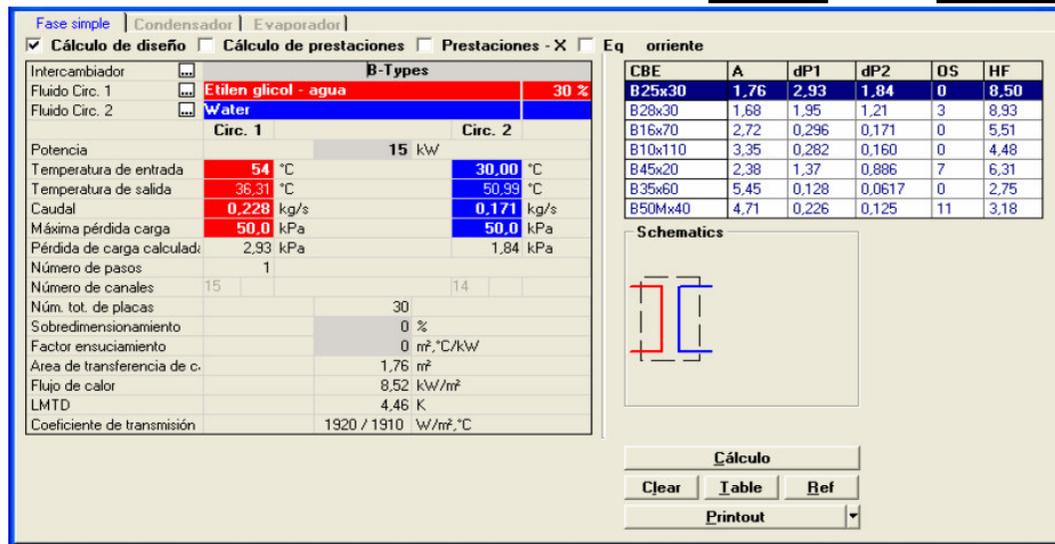
 Permutador **B 25\*30**

Estimativa das necessidades energéticas para o aquecimento da piscina descoberta

$$P(Kw) = \left[ (28 + 20 \cdot V_{vento}) \cdot (T_{piscina} - T_{ambiente}) \right] \cdot \frac{S_{piscina}}{1000} = \underline{65} \text{ Kw}$$

Nota: A prioridade é a AQS. A piscina funciona entre Abril e Outubro com incidência no verão. Assim, vamos dimensionar o permutador com base na potência de permuta recomendada - 750W/m<sup>2</sup>, uma vez que já temos a superfície colectora fixada em 20m<sup>2</sup>.

Potência específica recomendada	<b>750</b> W / m <sup>2</sup>	Primário		Secundário	
Superfície colectora	<b>20,00</b> m <sup>2</sup>	Entrada	54	<b>30</b> °C	
Potência total	15 kW	Saída	35	49 °C	
Caudal específico por m <sup>2</sup>	<b>40</b> lt/m <sup>2</sup> h	Δ T	<b>5</b> °C		
Caudal total	800 lt/h				
Salto térmico	19 K				
Caudal no Circuito Primário			<b>800</b> lt/h	<b>0,2244</b> Kg/s	
Caudal no Circuito Secundário	= 75% do Primário =		<b>600</b> lt/h	<b>0,1683</b> Kg/s	


**4.4 - Perda de Carga - Permutador de Placas**

$$\Delta p_t = \underline{0,2989} \text{ m. c.a.} \quad \text{Primário}$$

$$\Delta p_t = \underline{0,1877} \text{ m. c.a.} \quad \text{Secundário}$$

**4.5 - Potência da Bomba Circuladora - B2**

 Bomba B2 **Grundfos - P 10 - II (60W)**

$$\Delta P_{total} = \underline{3,752} \text{ m. c.a.} \quad * 9800 \text{ N/m}^2 / 1 \text{ m c.a.} = \underline{36.773,91} \text{ N/m}^2$$

$$P = C \times \Delta P$$

 P = Potência eléctrica      C = Caudal (m<sup>3</sup>/s)      ΔP = Δ p<sub>total</sub>

$$C = \underline{0,0002364} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P = \underline{8,69} \text{ W}$$

$$P_n = \frac{P}{\eta_{bomba}}$$

$$P_n = \underline{34,77} \text{ W}$$

$$P_{bomba} = \underline{60} \text{ W}$$

$$\eta = \underline{25} \%$$

$$P_n = \underline{41,73} \text{ W (+20\%)}$$

 Tensão nominal 230 V

 Potência - II 60 W

 Válvula seg. 6 bar

 Pressão máx 6 bar

 Caudal máx 3,7 m<sup>3</sup>/h

 h máx 5,8 m

Ponto de Funcionamento

 Perda de Carga = 3,75 m. c.a.

 Caudal = 851 l/h

## 2 – Habitação Unifamiliar

### 1 - Dimensionamento da Tubagem

#### 1.1 - Circuito Primário - AQS

Notas: A perda de carga por metro linear de tubo terá que ser inferior a 40 mm. c.a.;

A velocidade de circulação do líquido terá que ser inferior a 1,5 m/s.

Colector: Vitosol 100 s - 2,5 m<sup>2</sup> Temperatura de utilização 45 °C

Rendimento	<u>0,84</u>	Comprimento	<u>2,385</u> m	Área S.C.	<u>2,5</u> m <sup>2</sup>
Perdas	<u>3,36</u> W/(m <sup>2</sup> .K)	Largura	<u>1,138</u> m	A <sub>T</sub>	<u>2,714</u> m <sup>2</sup>
Caudal recomendado	<u>40</u> l/m <sup>2</sup> .h	Profundidade	<u>0,102</u> m	Peso	<u>60</u> Kg
Velocidade do fluido	<u>0,3</u> a	<u>0,5</u> m/s			
Perda de carga (tubo)	<u>1</u> a	<u>2,5</u> mbar/m	<u>10,2</u>	a	<u>25,5</u> mm. c.a./m
Volume do fluido	<u>2,2</u> litros/colector				

Área de captação total 6 colectores **15,00** m<sup>2</sup>

Volume do fluido nos 6 colectores **13,20** litros

$$d = j * C^{0.35}$$

d = Diâmetro em cm  
 C = Caudal em m<sup>3</sup>/h

j = Tubagens metálicas - 2,2  
 Tubagens plásticas - 2,4

Caudal (água) = **1,6667** l/colector.min

Quando o fluido é a água

Propilenglicol 30% para t (°C) = 45

Calor específico 0,94 Kcal/Kg°C

Densidade 1,01 g/cm<sup>3</sup>

Caudal (solução) = **1,7730** l/colector.min

Quando o fluido é uma dissolução de propilenglicol

nº colectores = 6 C<sub>1</sub> = 10,6383 l/min = 638,2979 l/h = **0,6383** m<sup>3</sup>/h

nº colectores =          C<sub>2</sub> = 0,0000 l/min = 0,0000 l/h = 0,0000 m<sup>3</sup>/h

nº colectores =          C<sub>3</sub> = 0,0000 l/min = 0,0000 l/h = 0,0000 m<sup>3</sup>/h

nº colectores =          C<sub>4</sub> = 0,0000 l/min = 0,0000 l/h = 0,0000 m<sup>3</sup>/h

cm	mm	Diâmetro comercial - Cobre mm.
d <sub>1</sub> = <u>1,8801</u>	<u>18,8010</u>	Cu ø 22*1 mm Exterior <u>22</u> Interior <b>20</b>

d <sub>2</sub> = <u>0,0000</u>	<u>0,0000</u>	Cu ø mm Exterior <u>        </u> Interior <u>        </u>
--------------------------------	---------------	--

d <sub>3</sub> = <u>0,0000</u>	<u>0,0000</u>	Cu ø mm Exterior <u>        </u> Interior <u>        </u>
--------------------------------	---------------	--

d <sub>4</sub> = <u>0,0000</u>	<u>0,0000</u>	Cu ø mm Exterior <u>        </u> Interior <u>        </u>
--------------------------------	---------------	--

Espessura do Isolamento 20 mm

Diâmetro Comercial

Volume do fluido no tubo de cobre	<u>22</u> mm	<u>0,31416</u> litros/m	<u>7,07</u> litros
Volume do fluido no tubo de cobre	<u>0</u> mm	<u>        </u> litros/m	<u>0,00</u> litros

Volume do fluido total no tubo de cobre **7,07** litros

Verificação - (Anexo I, gráfico 2 - Pág. 129 do Manua do ISQ) -  $\Delta P < 40$  mm c.a.;  $V < 1,5$  m/s

$C$ (m <sup>3</sup> /h)	$d$ (mm)	$V$ (m/s)	$\Delta P$ (mm c.a.)	$\Delta P \cdot F$ (mm c.a.)
$C_1 = 0,6383$	$d_1 = 20$	$V_1 = 0,56$	$\Delta P = 22,00$	$\Delta P \cdot F = 26,656$
$C_2 = 0,0000$	$d_2 = 0$	$V_2 = 0,00$	$\Delta P =$	$\Delta P \cdot F = 0,000$
$C_3 = 0,0000$	$d_3 = 0$	$V_3 = 0,00$	$\Delta P =$	$\Delta P \cdot F = 0,000$
$C_4 = 0,0000$	$d_4 = 0$	$V_4 = 0,00$	$\Delta P =$	$\Delta P \cdot F = 0,000$

$$v = \frac{C}{\pi \cdot R^2}$$

$v$  = Velocidade da água (m/s)  
 $C$  = Caudal (m<sup>3</sup>/h)/3600  
 $R$  = Raio do tubo (m)

Factor de Correção - (Anexo II, Viscosidade - Pág. 142 do Manual do ISQ)

Etilenglicol 30% para  $t = 45$  °C

Viscosidade Água 0,58 Viscosidade da Solução 1,25

$$F = \sqrt[4]{\frac{\text{visc. dissolução}}{\text{Visc. água}}}$$

$F = 1,2116$

## 2 - Dimensionamento da Bomba de Circulação - B1

### 2.1 - Perda de Carga - Acessório ou Singularidade + Tubagem

Anexo 1 - Tabela 1 (Página 134 do Manual - ISQ)			
Quantidade	Acessório ou Singularidade	Leq.	Total
10	Mudança de direcção a 45°	0,7	0,00
	Mudança de direcção a 90°	1,5	0,00
	Curva 90°	0,4	4,00
2	Contrações bruscas 4:1	0,9	0,00
	Contrações bruscas 2:1	0,7	0,00
	Contrações bruscas 4:3	0,5	0,00
	Derivação em T	1,4	2,80
	Alargamentos bruscos 1:4	1,6	0,00
	Alargamentos bruscos 1:2	1,1	0,00
1	Alargamentos bruscos 3:4	0,5	0,00
	Entrada em depósitos	1,5	1,50
	Unões lisas	0,1	0,00
	Unões diversas	0,8	0,00
	Válvulas de guilhotina aberta	1	0,00
	Válvulas de guilhotina semi-abertas	4,3	0,00
	Válvulas de guilhotina 3/4 fechadas	21,3	0,00
	Válvulas de sede aberta	5	0,00
	Válvulas de sede semi-abertas	30,7	0,00
	Válvulas de sede 3/4 fechadas	95,6	0,00
	Válvulas de borboleta aberta	1	0,00
	Válvulas de borboleta semi-abertas	21,3	0,00
	Válvulas de borboleta 3/4 fechadas	213,4	0,00
9	Válvulas de esfera aberta	1	0,00
	Válvulas de retenção de borboleta	10	90,00
	Válvulas de retenção de mola	50	0,00
			0,00
<b>22</b>	<b>Totais</b>		<b>98,30</b>

				Comp total	diâmetro E
Comprimento da tubagem	Colector / Depósito	Ida	17 m	22,50	22
		Retorno	5,5 m		
	Entre colectores	Ida	m	0,00	0
		Retorno	m		
				(m)	(mm)

Comprimento Total = 120,80 m Tubagem + Acessórios e Singularidades

$\Delta P =$  26,656 mm. c.a. Calculado em 1.1 para o diâmetro de 28 mm

Perda de carga total  $\Delta P =$  3,220 m. c.a.

### 2.2 - Perda de Carga - Grupo de Colectores

C = 1,7730 l/colector.min

Quando o fluido é uma dissolução de Propilenglicol

1 mbar = 10,2 mm. c.a.

$\Delta P =$  128 mbar Tabela Fabricante

nº colectores = \_\_\_\_\_ Série

$\Delta P =$  1.305,60 mm. c.a.

nº colectores = 6 Paralelo

Série  $\Delta P_{Total} = \sum \Delta P_i$

$\Delta P_{Total} =$  0 mm. c.a.

Paralelo  $\Delta P_{Total} = \Delta P_i$

$\Delta P_{Total} =$  1305,6 mm. c.a.

nº Grupos = 0 Série  
Colectores 0 p/grupo

nº Grupos = 0 Paralelo  
Colectores 0 P/grupo

$$\Delta p_{pt} = \frac{\Delta p * N(N+1)}{4}$$

$\Delta p_{pt}$  Perda de carga total do grupo de N colectores em paralelo com caudal total NC, tendo cada um dos colectores uma perda de carga  $\Delta p$  com caudal C

$\Delta p =$  0,000 mm. c.a. Perda de carga do conjunto de \_\_\_ colectores em paralelo

$\Delta p =$  0,000 mm. c.a. Perda de carga da bateria ( \_\_\_grupos de \_\_\_ colectores)

$\Delta p_{pt} =$  0,000 m. c.a.  $\Delta p_{pt} =$  1,306 m. c.a. Perda de carga do grupo (Fabr.)

### 2.3 - Perda de Carga - Permutador de Serpentina

Acumulador Vitoccel - B 100 (300litros)

$\Delta p_{pt} =$  122,4 mm. c.a.

$\Delta p =$  12 mbar Fabricante

$\Delta p_{pt} =$  0,122 m. c.a.

Volume fluido (Serpentina) 10,00 litros

**2.4 - Potência da Bomba Circuladora - B1**

**Bomba B1 Grundfos - PS 10 - III (75W)**

$$\Delta P_{total} = 4,648 \text{ m. c.a.} * 9800 \text{ N/m}^2 / 1 \text{ m c.a.} = 45.550,71 \text{ N/m}^2$$

$$P = C \times \Delta P$$

P = Potência eléctrica    C = Caudal (m<sup>3</sup>/s)     $\Delta P = \Delta P_{total}$

$$C = 0,0001773 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P = 8,08 \text{ W}$$

$$\eta = 25 \%$$

$$P_n = \frac{P}{\eta_{bomba}}$$

$$P_n = 32,31 \text{ W}$$

$$P_n = 38,77 \text{ W (+20%)}$$

$$P_{bomba} = 75 \text{ W}$$

Tensão nominal 230 V

Potência - III 75 W

Válvula Seg. 6 bar

Pressão máx 6 bar

Caudal máx 3,7 m<sup>3</sup>/h

h máx 5,8 m

Ponto de Funcionamento

Perda de Carga = 4,648 m. c.a.

Caudal = 638 l/h

Volume do fluido 0,70 litros

**3 - Dimensionamento do Vaso de Expansão**

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \times V_K) \cdot (p_e + 1)}{p_e - (p_{st} + 0.5)}$$

Vaso de Expansão **Viessmann - 25 litros**  
(dois) **Viessmann - 18 litros**

Peso	Ligação
9,1 Kg	3/4 R
7,5 Kg	3/4 R

Volume do fluido	<u>2,20</u>	litros/col.
Volume do fluido (colectores)	<u>13,20</u>	litros
Volume do fluido (Tubagem de cobre)	<u>7,07</u>	litros
Volume do fluido (Serpentina)	<u>10,00</u>	litros
Volume do fluido (Bomba)	<u>0,70</u>	litros

- V<sub>N</sub> - Volume nominal do depósito de expansão em litros
- V<sub>V</sub> - 0,005\*V<sub>A</sub> em litros - mínimo de 3 litros
- V<sub>A</sub> - Volume do fluido da instalação completa
- V<sub>2</sub> - Aumento de volume com o aumento de temperatura  
 $V_2 = V_A \times \beta$      $\beta = 0,13$  (Temperaturas entre - 20°C a + 120°C)
- V<sub>K</sub> - Capacidade do colector em litros
- P<sub>e</sub> - Pressão final admissível em bar     $P_e = P_{st} - 0.1 \times P_{st}$   
P<sub>si</sub> = Pressão da válvula de segurança
- P<sub>st</sub> - Pressão inicial do azoto do vaso de expansão em bar  
 $P_{st} = 1,5 \text{ bar} + 0,1 * h$   
h = Altura entre a saída para o vaso de expansão (grupo de bombagem) e o topo do colector (ponto + alto)
- Z - número de colectores

$$V_A = 30,97 \text{ litros}$$

$$h = 3 \text{ m}$$

$$P_{si} = 6 \text{ bar}$$

$$V_V = 0,15 \text{ litros}$$

$$V_V \text{ min} = 3 \text{ litros} \Rightarrow$$

$$V_V = 3 \text{ litros}$$

$$V_2 = 4,03 \text{ litros}$$

$$V_K = 2,20 \text{ litros}$$

$$P_{st} = 1,8 \text{ bar}$$

$$P_e = 5,40 \text{ bar}$$

$$Z = 6 \text{ Colectores}$$

$$V_N = 41,76 \text{ litros}$$

## 4 - Dimensionamento da Bomba de Circulação - B2

### 4.1 - Perda de Carga - Acessório ou Singularidade + Tubagem

Anexo 1 - Tabela 1 (Página 134 do Manual - ISQ)			
Quantidade	Acessório ou Singularidade	Leq.	Total
	Mudança de direcção a 45°	0,7	0,00
	Mudança de direcção a 90°	1,5	0,00
10	Curva 90°	0,4	4,00
	Contrações bruscas 4:1	0,9	0,00
	Contrações bruscas 2:1	0,7	0,00
	Contrações bruscas 4:3	0,5	0,00
2	Derivação em T	1,4	2,80
	Alargamentos bruscos 1:4	1,6	0,00
	Alargamentos bruscos 1:2	1,1	0,00
	Alargamentos bruscos 3:4	0,5	0,00
1	Entrada em depósitos	1,5	1,50
	Uniões lisas	0,1	0,00
	Uniões diversas	0,8	0,00
	Válvulas de guilhotina aberta	1	0,00
	Válvulas de guilhotina semi-abertas	4,3	0,00
	Válvulas de guilhotina 3/4 fechadas	21,3	0,00
	Válvulas de sede aberta	5	0,00
	Válvulas de sede semi-abertas	30,7	0,00
	Válvulas de sede 3/4 fechadas	95,6	0,00
	Válvulas de borboleta aberta	1	0,00
	Válvulas de borboleta semi-abertas	21,3	0,00
	Válvulas de borboleta 3/4 fechadas	213,4	0,00
	Válvulas de esfera aberta	1	0,00
7	Válvulas de retenção de borboleta	10	70,00
	Válvulas de retenção de mola	50	0,00
			0,00
<b>20</b>	<b>Totais</b>		<b>78,30</b>

Comprimento da tubagem	Colector / Depósito			Comp total	diâmetro E
		Ida	17	m	22,50
Retorno	5,5	m			
	Entre colectores	Ida		0,00	0
		Retorno			

(m)                      (mm)

Comprimento Total = 100,80 m                      Tubagem + Acessórios e singularidades

$\Delta P =$  26,66 mm. c.a.                      Calculado em 1.1 para o diâmetro de 28 mm

Perda de carga total                       $\Delta P =$  2,687 m. c.a.

### 4.2 - Perda de Carga - Grupo de Colectores

$\Delta p_t =$  1,306 m. c.a.                      Calculada em 2.2

**2.3 - Perda de Carga - Permutador de Serpentina**

$$\Delta p_t = \underline{15,3} \text{ mm. c.a.}$$

$$\Delta p_t = \underline{0,015} \text{ m. c.a.}$$

Acumulador Vitoccel - V 100 (500litros)

$$\Delta p = \underline{1,5} \text{ mbar} \quad \text{Fabrica}$$

Volume fluido (Serpentina) 12,50 litros

**4.5 - Potência da Bomba Circuladora - B2**

Bomba B2 Grundfos - P 10 - II (60W)

$$\Delta p_{total} = \underline{4,008} \text{ m. c.a.} \quad * 9800 \text{ N/m}^2 / 1 \text{ m c.a.} = \underline{39.276,57} \text{ N/m}^2$$

$$P = C \times \Delta P$$

P = Potência eléctrica      C = Caudal (m<sup>3</sup>/s)      ΔP = Δ p<sub>total</sub>

$$C = \underline{0,0001773} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P = \underline{6,96} \text{ W}$$

$$P_n = \frac{P}{\eta_{bomba}}$$

$$P_n = \underline{27,86} \text{ W}$$

$$P_{bomba} = \underline{60} \text{ W}$$

$$\eta = \underline{25} \%$$

$$P_n = \underline{33,43} \text{ W (+20\%)}$$

Tensão nominal 230 V

Potência - II 60 W

Válvula seg. 6 bar

Pressão máx 6 bar

Caudal máx 3,7 m<sup>3</sup>/h

h máx 5,8 m

Ponto de Funcionamento

Perda de Carga = 4,008 m. c.a.

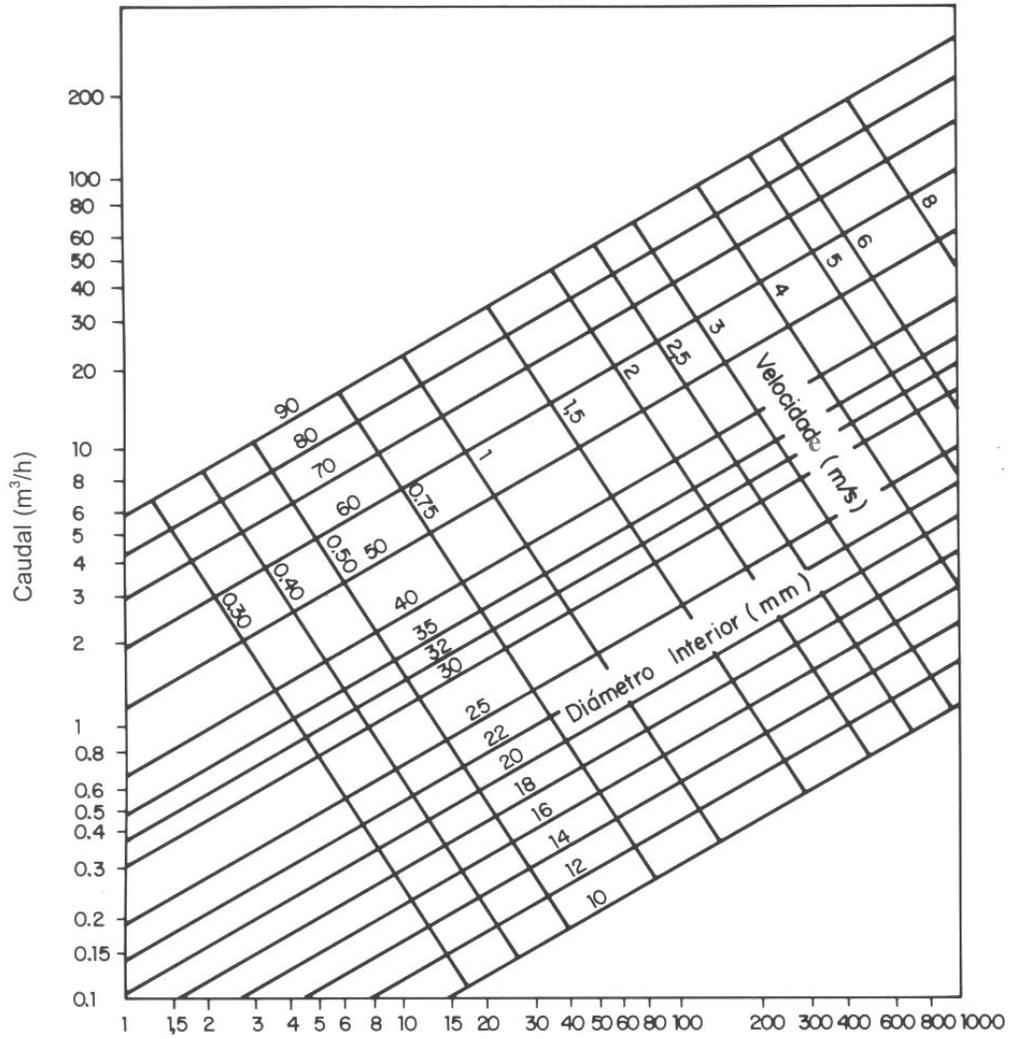
Caudal = 638 l/h

# ANEXO IV

## Gráficos

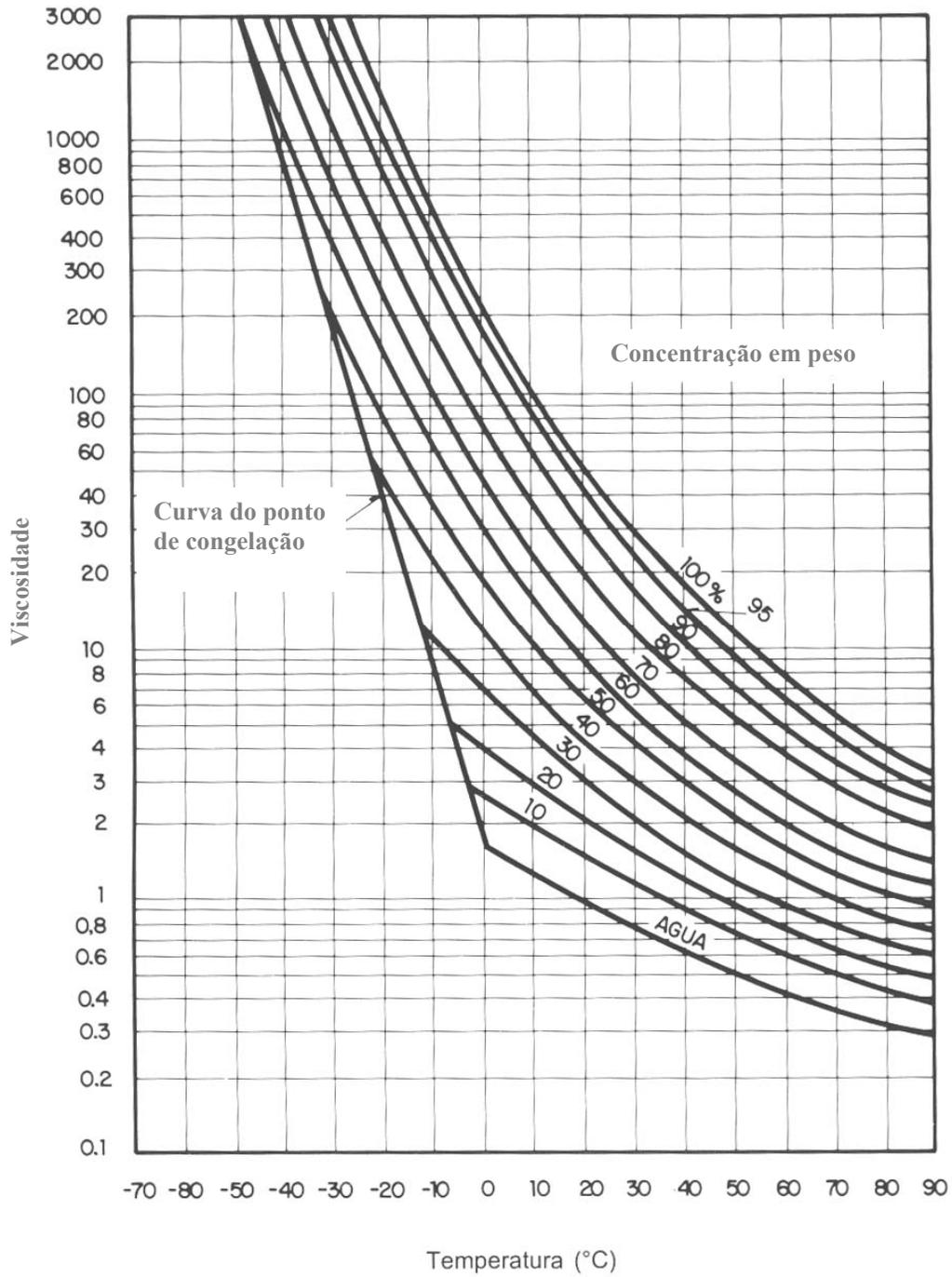
**1 – Perdas de Carga**

**2 – Anticongelante**



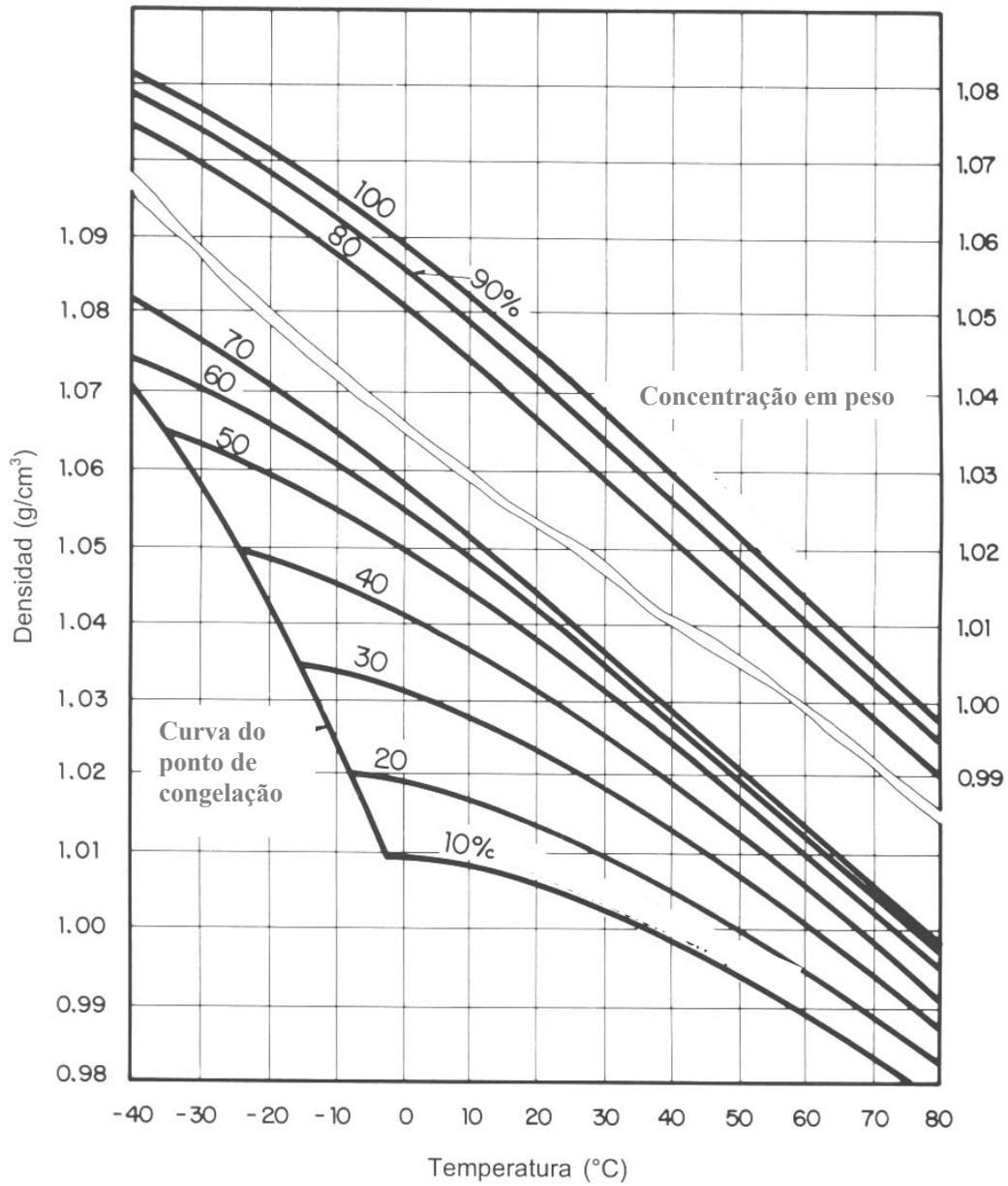
Perdas por atrito em tubagem de Cobre ( mm c. a. Por m )

**Gráfico 1**



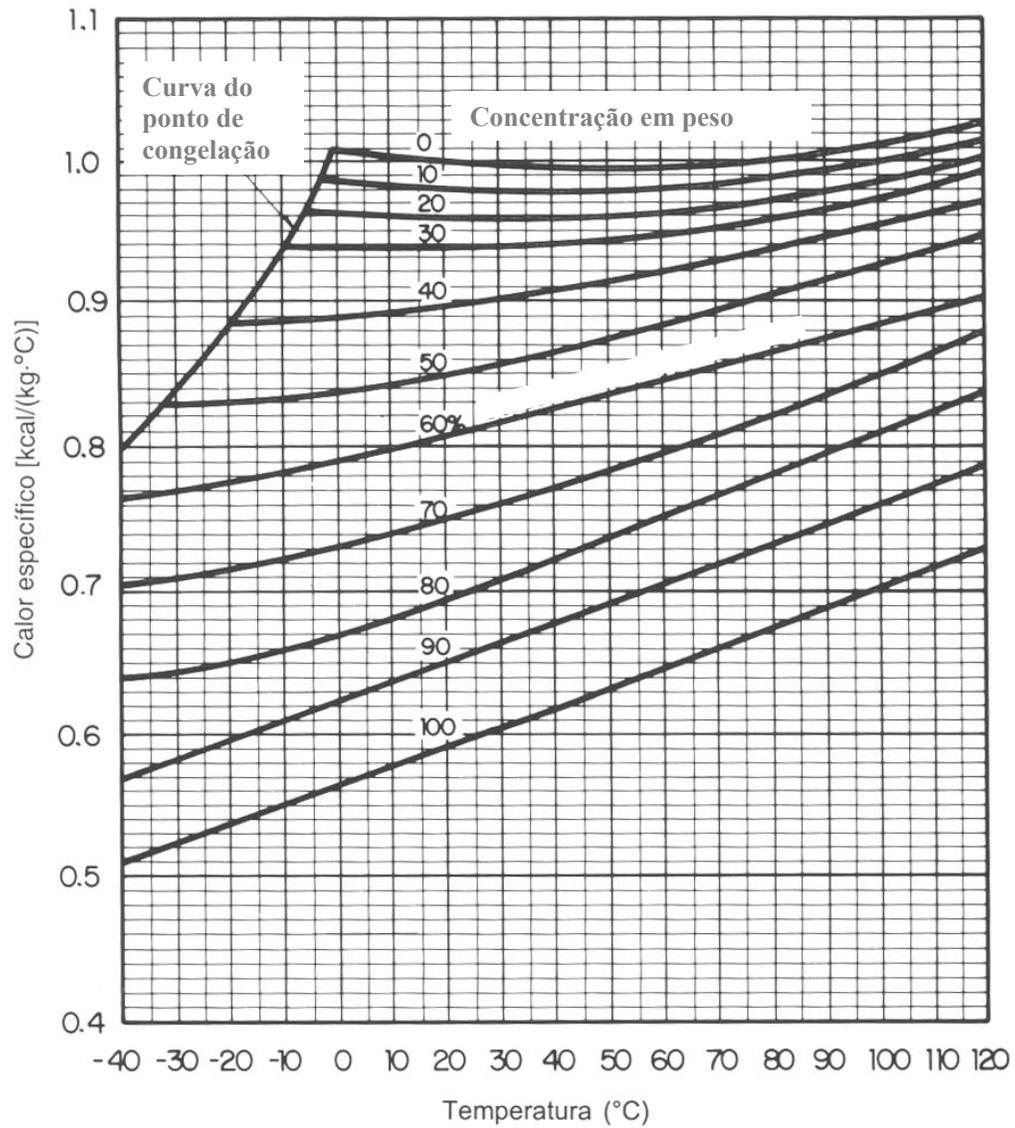
Viscosidade de uma dissolução de propilenglicol, em função da temperatura

**Gráfico 2**



Densidade de uma dissolução de propilenglicol, em função da temperatura

**Gráfico 3**



Calor específico de uma dissolução de propilenglicol, em função da temperatura

**Gráfico 4**

# **ANEXO V**

## **Desenhos**

**1 – Tubagem e equipamento**

**2 – Esquemas de Princípio**





