



Departamento  
de Engenharia Mecânica

Departamento  
de Engenharia Electrotécnica

---

## **Climatização e produção de águas quentes sanitárias para um edifício de serviços**

Projecto para a obtenção do grau de Mestre em Instalações e  
Equipamentos em Edifícios

Autor

**Tiago Rodrigues Mendes Marques**

Orientadores

**Prof. Doutor Gilberto Cordeiro Vaz  
Engenheiro Luís Alexandre Santos**

Instituição

**Instituto Superior de Engenharia de Coimbra**

**Coimbra, 16 de Dezembro, 2013**

## AGRADECIMENTOS

No decorrer de todo este período de elaboração deste relatório, recebi vários apoios que colaboraram na realização deste projecto. Por isso, quero expressar os meus agradecimentos a todas as pessoas que me apoiaram e fizeram com que fosse possível a realização de todos os objectivos inicialmente propostos, contribuindo directa ou indirectamente para o meu crescimento como profissional da área.

Sentindo-me muito grato com toda a ajuda recebida, não posso deixar de mencionar e agradecer em especial a algumas das seguintes pessoas:

À minha família, os meus pais e irmã pelo contributo inestimável para a minha formação e crescimento pessoal.

À minha namorada, que sem o apoio, incentivo, motivação e suporte emocional, da parte dela nada disto teria sido possível.

Aos professores e orientadores Gilberto Cordeiro Vaz e Luís Alexandre Santos, por todo o apoio prestado e paciência na elaboração e coordenação do presente relatório e por toda a disponibilidade e atenção durante todo o período.

Por último, mas não menos importante, ao professor António Manuel de Moraes Grade, pela disponibilidade que sempre demonstrou para me ajudar e apoiar nas questões técnicas.

## RESUMO

Com o presente projecto pretende-se definir as características do sistema de climatização recorrendo ao sistema de piso radiante e ventiloconvectores tendo como fonte de energia primária uma bomba de calor. Será definido também a preparação das águas quentes sanitárias (AQS) com recurso a um sistema de colectores solares térmicos e ainda um sistema de colectores solares fotovoltaicos a implementar num edifício de grandes dimensões para utilização como Lar de 3ª Idade em Cernache, Coimbra.

Este relatório é composto por vários capítulos, sendo que, os de maior relevância, fazem referência ao sistema de climatização adoptado para o edifício em causa, a preparação de AQS, o sistema solar térmico e o sistema solar fotovoltaico. É ainda definido um aproveitamento da energia solar, quando esta estiver em excesso, com a piscina do edifício.

Após a apresentação das soluções dimensionadas para o edifício serão justificadas todas as opções tomadas e o porquê dessas opções.

Contempla-se também neste relatório as marcas e modelos referentes aos equipamentos seleccionados e que foram tidos em conta como sendo as boas opções para estes tipos de instalações.

Palavras-chave:

Climatização, Conforto, Eficiência, Racionalização, Consumo

## **ABSTRACT**

The present project aims to define the characteristics of the HVAC system using the underfloor heating system and fan coils having a heat pump as a primary energy source. The preparation of hot water (DHW) using a system of a solar thermal collectors system and a system of photovoltaic solar collectors to implement in a large building for use as a Home for the 3rd Age in Cernache, Coimbra.

This report includes several chapters, of which the most relevant, refer to the HVAC system adopted for the building in question, the preparation of DHW, the thermal and photovoltaic solar systems. It also established a use of solar energy, when it is in excess, with the pool of the building.

After the presentation of solutions scaled to the building will be justified all the choices made, and why those options. This report, also includes, brands and models regarding the equipment selected that has been considered as good options for these types of facilities.

### **Keywords:**

Climatization, Comfort, Efficiency, Rationalization, Consumption

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objectivos específicos do trabalho .....	2
1.3. Organização do projecto .....	2
2. NECESSIDADES ENERGÉTICAS DO EDIFÍCIO .....	3
2.1. Caracterização geral do edifício.....	3
2.2. Resultados CYPE.....	5
2.2.1. Sistema envolvente .....	7
2.2.1.1. Paredes, pavimentos, coberturas, aberturas em fachadas e aberturas verticais interiores .....	7
2.2.2. Resumo dos resultados de cálculo dos compartimentos.....	11
2.2.2.1. Arrefecimento.....	11
2.2.2.2. Aquecimento.....	15
2.2.2.3. Totais de arrefecimento e aquecimento .....	20
3. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DO EDIFÍCIO .....	21
3.1. Descrição do sistema de climatização.....	21
3.1.1. Produção e distribuição de água quente .....	22
3.1.2. Produção e distribuição de água refrigerada.....	22
3.1.4. Bomba de Calor .....	22
3.1.5. Redes hidráulicas de distribuição .....	24
3.1.5.1. Colectores de distribuição de água .....	26
3.1.5.2. Separador hidráulico.....	26
3.1.5.3. Circuladores de distribuição de água quente e refrigerada.....	27
3.1.6. Equipamentos terminais de climatização .....	28
3.1.6.1. Aquecimento por piso radiante.....	28
3.1.6.1.1. Sistema de regulação da temperatura do piso radiante.....	33
3.1.6.2. Ventiloinvectores .....	33
3.1.6.2.1. Regulação e controlo centralizado dos Ventiloinvectores.....	35
3.1.6.3. Recuperadores de calor estáticos ar-ar .....	36
3.1.6.4. Rede Aerólíca .....	37
3.1.6.5. Grelhas.....	38
3.1.6.5.1. Grelhas de insuflação .....	38
3.1.6.5.2. Grelhas de retorno .....	38
3.1.7. Controlo centralizado da instalação de climatização.....	39
3.1.8. Sistema de produção de água quente sanitária .....	40
3.1.8.1. Colectores Solares .....	41
3.1.8.2. Fluído de transferência térmica .....	42
3.1.8.3. Termoacumuladores AQS .....	43

3.1.8.3. Módulo de estratificação .....	44
3.1.8.4. Módulo de água quente instantânea .....	45
3.1.8.5. Vaso de expansão - Depósitos .....	46
3.1.8.6. Misturadora termostática.....	47
3.1.8.7. Dimensionamento das tubagens.....	48
3.1.8.8. Bomba de circulação - Solar .....	48
3.1.8.9. Vaso de expansão – Circuito Solar .....	49
3.1.8.10. Elementos de fixação e de guia e isolamento das tubagens.....	50
3.1.8.11. Termóstato diferencial – controlo automático .....	51
3.1.8.12. Válvulas de segurança.....	53
3.1.8.13. Purgadores.....	53
3.1.8.14. Válvulas anti-retorno.....	53
3.1.8.15. Sistema de Anel de retorno AQS .....	53
3.1.8.16. Análise energética .....	54
3.1.8.17. Esquema de princípio.....	55
4. SISTEMA DE AQUECIMENTO DA PISCINA .....	57
4.1. Esquema de princípio.....	58
5. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAÍCO .....	59
5.1. Dimensionamento do sistema .....	60
5.1.1. Dados do projecto .....	60
6. CUSTOS .....	65
6.1. Sistema de climatização.....	65
6.2 Sistema de painéis solares térmicos.....	66
6.2.1. Retorno do sistema solar térmico .....	67
6.3 Sistema de painéis fotovoltaicos.....	69
6.3.1. Retorno do sistema solar fotovoltaico.....	70
7. CONCLUSÃO.....	73
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
9. ANEXOS .....	77
9.1 ANEXO 1 – Arquitectura do Edifício .....	77
9.2 ANEXO 2 – Esquemas de princípio.....	82
9.3 ANEXO 3 – Instalação de climatização .....	87
9.4 ANEXO 4 – Listagem resumo de cargas térmicas .....	94
9.5 ANEXO 5 – Necessidades de consumo .....	118
9.6 ANEXO 6 – Dimensionamento dos vasos de expansão dos depósitos AQS .....	120
9.7 ANEXO 7 – Dados dos Painéis Solares e cálculos dos caudais nominais .....	123
9.8 ANEXO 8 – Dimensionamento dos vasos de expansão solares.....	127
9.9 ANEXO 9 – Dimensionamento do permutador de placas da piscina.....	132
9.10 ANEXO 10 – Dimensionamento da misturadora termostática .....	134
9.11 ANEXO 11 – Dimensionamento da tubagem do circuito solar .....	138

---

9.12 ANEXO 12 – Sistema de controlo centralizado .....	142
9.13 ANEXO 13 – Análise energética e económica do sistema solar térmico .....	147
9.14 ANEXO 14 – Relatório do sistema solar fotovoltaico.....	153
10. ANEXOS DIGITAIS	
10.1 ANEXO 1 – Descrição de materiais e elementos construtivos	
10.2 ANEXO 2 – Descrição das pontes térmicas lineares	
10.3 ANEXO 3 – Listagem completa de cargas térmicas	
10.4 ANEXO 4 – Cálculo da instalação	
10.5 ANEXO 5 – Misturadora electrónica com desinfeção térmica programável	
10.6 ANEXO 6 – Medições e orçamentos	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Vista aérea	3
Figura 2 - Planta (sem escala) piso -1	3
Figura 3 - Planta (sem escala) piso 0	4
Figura 4 - Planta (sem escala) piso 1	4
Figura 5 - Alçado principal (sem escala)	5
Figura 6 - Alçado lateral direito (sem escala)	5
Figura 7 - Alçado lateral esquerdo (sem escala)	5
Figura 8 - Classe de inércia térmica interior	8
Figura 9 - Tabela de Classificação energética para valores de EER e COP 23	
Figura 10 - Separador Hidráulico	27
Figura 11 - Circuladores escolhidos para o sistema de climatização	28
Figura 12 - Esquema de instalação do piso radiante	33
Figura 13 – Esquema de ligação do sistema de controlo do pavimento radiante	33
Figura 14 - Equipamento referência (ou equivalente)	35
Figura 15 - Equipamento referência (ou equivalente)	39
Figura 16 - Perfil de consumo de segunda a sexta	40
Figura 17 - Perfil de consumo ao fim-de-semana	41
Figura 18 - Representação esquemática do módulo de estratificação	45
Figura 19 - Representação esquemática do módulo de água quente instantânea	46
Figura 20 - Equipamento referência (ou equivalente)	47
Figura 21 - Montagem de vaso de expansão (1)	50
Figura 22 - Montagem de vaso de expansão (2)	50
Figura 23 - Propriedades dos isolamentos AF/Armaflex	51
Figura 24 - Esquema tipo solar (SOLTERM)	52
Figura 25 - Balanço energético do sistema solar térmico	54
Figura 26 - Esquema de princípio do sistema solar térmico	55
Figura 27 - Equipamento referência - Permutador de placas da piscina	57
Figura 28 - Esquema de princípio do sistema de aquecimento da água da piscina através dos painéis solares térmicos	58
Figura 29 - Esquema tipo de instalação de sistema solar fotovoltaico	59
Figura 30 - Dados referentes ao estudo do inversor	61
Figura 31 - Esquema simplificado de montagem do sistema fotovoltaico	61
Figura 32 - Dimensionamento dos cabos CC	62
Figura 33 - Dimensionamento dos cabos CA	62
Figura 34 - Dados da cablagem da instalação fotovoltaica	62
Figura 35 - Sistema de monitorização do sistema solar fotovoltaico	63
Figura 36 - Rendimento e performance do sistema solar fotovoltaico	63

Figura 37 - Parâmetros operacionais e económicos do sistema	68
Figura 38 - Análise financeira do sistema solar térmico	68
Figura 39 - Balanço anual do sistema solar térmico	69

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros gerais exteriores de dimensionamento (CYPE)	6
Tabela 2 - Parâmetros gerais interiores de dimensionamento (CYPE)	6
Tabela 3 - Cálculo da classe de inércia térmica do edifício	10
Tabela 4 - Potências de Arrefecimento - Piso -1	11
Tabela 5 - Potências de Arrefecimento - Piso 0	13
Tabela 6 - Potências de Arrefecimento - Piso 1	15
Tabela 7 - Potências de Aquecimento - Piso -1	15
Tabela 8 - Potências de Aquecimento - Piso 0	17
Tabela 9 - Potências de Aquecimento - Piso 1	19
Tabela 10 - Potências totais de aquecimento e arrefecimento do edifício	20
Tabela 11 - Referência do equipamento (ou equivalente) - Bomba de calor	23
Tabela 12 - Propriedades da bomba de calor	24
Tabela 13 - Tubagens utilizadas no projecto	26
Tabela 14 - Equipamentos referência (ou equivalente) do separador hidráulico	27
Tabela 15 - Equipamentos referência (ou equivalente) dos circuladores do sistema de climatização	28
Tabela 16 - Temperaturas de cálculo da instalação de piso radiante	30
Tabela 17 - Propriedades dos equipamentos utilizados na concepção do chão radiante	33
Tabela 18 - Distribuição dos tipos de VC pelos compartimentos do edifício	34
Tabela 19 - Equipamentos referência (ou equivalente) – Ventiloinvectores	35
Tabela 20 - Equipamentos referência (ou equivalente) – Recuperadores de calor ar-ar	37
Tabela 21 - Equipamento referência (ou equivalente) - Colectores solares	41
Tabela 22 - Necessidades de consumo de AQS	43
Tabela 23 - Equipamentos referência (ou equivalente) - Depósitos AQS	44
Tabela 24 - Características técnicas do módulo de estratificação solar	45
Tabela 25 - Características técnicas do módulo de água quente instantânea	46
Tabela 26 - Equipamentos referência - Vasos de Expansão AQS	47
Tabela 27 - Equipamento referência - Misturadora termostática	47
Tabela 28 - Equipamento referência (ou equivalente) - Vaso de expansão solar	49
Tabela 29 - Tubagens do circuito solar	51
Tabela 30 - Equipamento referência (ou equivalente) - Central solar	53
Tabela 31 - Equipamento referência (ou equivalente) - Permutador de placas da piscina	57
Tabela 32 - Equipamento referência (ou equivalente) – Gerador fotovoltaico	65
Tabela 33 - Orçamento do sistema de climatização	68
Tabela 34 - Orçamento do sistema solar térmico	67
Tabela 35 - Retorno anual do sistema solar fotovoltaico	70
Tabela 36 - Orçamento do sistema solar fotovoltaico	70

Tabela 37 - Período de retorno do sistema solar fotovoltaico

70

## SIMBOLOGIA

A – Área,  $m^2$ ;

d - Diâmetro interior do tubo, m;

e - Coeficiente de dilatação do líquido,  $T^{-1}$ ;

e - Coeficiente de expansão da água à temperatura final;

$e_0$  - Coeficiente de expansão da água à temperatura inicial;

$F'$  - Factor de irrigação;

$F' \times UL$  - Coeficiente global de perdas,  $W/m^2.K$ ;

k - Constante de segurança;

K - Condutibilidade térmica,  $W/(m.K)$ ;

$L_g$  - Radiação global incidente sobre o colector por unidade de área,  $W/m^2$ ;

$M_{AQS}$  - Consumo médio diário de referência de AQS, litros/dia;

$P_{\Delta H}$  - Pressão correspondente ao desnível entre o vaso de expansão e a válvula de segurança, bar;

$P_f$  - Pressão absoluta máxima de exercício relativa ao ponto em que é instalado o vaso, bar;

$P_F$  - Pressão final, bar ;

$P_i$  - Pressão absoluta de carga do vaso, bar;

$P_i$  - Pressão inicial, isto é, a pressão de enchimento do sistema, bar ;

$P_{VS}$  - Pressão absoluta de regulação da válvula de segurança, bar;

Q - Caudal circulante,  $m^3/s$ ;

P - Potência térmica do permutador, W;

q - Potência específica de projecto,  $W/m^2$ ;

S - Superfície útil dos painéis,  $m^2$ ;

$t_a$  – Temperatura ambiente,  $^{\circ}C$ ;

$t_f$  – Temperatura média do fluído,  $^{\circ}C$ ;

v – Velocidade de passagem, m/s;

$V_0$  – Conteúdo de água da instalação, litros;

$V_c$  – Conteúdo de líquido no circuito solar, litros;

$V_N$  – Volume nominal do depósito de expansão, litros;

$V_p$  – Conteúdo de líquido nos painéis solares, litros;

$V_u$  – Volume útil do depósito de expansão, litros;

$V_v$  – Volume do vaso de expansão, litros.

$\alpha$  – Absortância da placa absorvora;

$\eta$  – Rendimento, %;

$\tau$  – Transmitância da cobertura transparente;

## ABREVIATURAS

AQS – Água Quente Sanitária;

CFC – Composto baseado em carbono que contém Cloro e Fluor (CloroFluoroCarboneto), responsável pela redução da camada de ozono;

COP - Em inglês “Coefficient Of Performance”, é o “Coeficiente de Desempenho”;

CYPE – Software para engenharia e construção;

EER - Em inglês “Energy Efficiency Ratio”, é o “Índice de Eficiência de Energia”;

ERSE - Entidade Reguladora do Sector Energético

LMN – Lã Mineral Natural

GE – Grelha de Exterior;

GI – Grelha de Insuflação;

GR – Grelha de Retorno;

GTC – Gestão de Controlo Centralizado;

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;

SOLTERM - Programa de análise de desempenho de sistemas solares;

VC – VentiladorConvectivo.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Enquadramento**

A presente memória descritiva e justificativa refere-se ao projecto de execução das instalações de climatização, produção de águas quentes sanitárias e sistema solar fotovoltaico para a construção de um Lar de 3º Idade, em Cernache, concelho de Coimbra.

Pretende-se que os sistemas de climatização projectados para o edifício tenham uma qualidade elevada e assegurem as exigências de conforto térmico, sejam elas de aquecimento ou arrefecimento para garantia da qualidade do ar interior do edifício, de modo a permitir que resulte num edifício energeticamente eficiente e de baixas necessidades de manutenção, sempre em conformidade com a legislação em vigor que lhe seja aplicável.

De referir ainda que, para a concepção do presente projecto, foram tidas em elevada consideração as relações de qualidade/preço/manutenção e ainda as necessidades dos utilizadores deste edifício. Todas as especificações serão impostas pelo Regulamento dos sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios – RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril), pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril) e demais legislação e normalizações que se considerem relevantes para o correcto desenvolvimento, instalação, condução e manutenção das instalações da solução apresentada,

Assim sendo, este projecto, no âmbito do Projecto de Mestrado em Instalações e Equipamentos em Edifícios, teve todo o interesse em aplicar toda a normalização nacional que se encontrava em vigor à data do início do projecto.

## **1.2. Objectivos específicos do trabalho**

O principal objectivo deste projecto centra-se no dimensionamento e definição das instalações de um sistema de climatização centralizado por piso radiante e ventiloconvectores tendo como fonte de energia uma bomba de calor, incluindo a produção de águas quentes sanitárias (AQS) com aproveitamento de energia solar. Isto envolve o dimensionamento das redes condutoras de fluidos e na definição dos seus traçados a implementar em obra, de acordo com as condicionantes estruturais e arquitectónicas próprias do edifício e envolve ainda a definição de meios de controlo eficazes, de forma a garantir um melhor funcionamento da globalidade do sistema a instalar, tendo em vista uma racionalização dos consumos de energia. Este dimensionamento procura reduzir os níveis de emissão de ruído, de forma a serem garantidas as melhores condições para os utilizadores do edifício, acautelando o eventual prejuízo do bem-estar, para terceiros. Pretende-se ainda dimensionar um sistema de aproveitamento de energia solar para a produção de energia eléctrica.

Neste estudo deve-se ter em conta a eficiência energética, sendo por isso utilizadas soluções de forma a garantirem por si um aumento de eficiência.

## **1.3. Organização do projecto**

A realização deste projecto foi dividida por várias etapas, sendo que a principal foi a definição e dimensionamento do sistema de climatização do edifício em causa.

Primeiramente procedeu-se ao cálculo, com recurso a software (CYPE), das necessidades energéticas do edifício e de cada compartimento. Após a obtenção desses resultados foi definido o tipo de sistema para cada compartimento, tendo sempre em conta o tipo de utilização e a necessidade energética dos mesmos.

Outro dos objectivos do projecto foi o dimensionamento da preparação de AQS com recurso a um sistema solar térmico. Foi também definido, como forma de aproveitamento da energia solar em excesso, uma permuta entre o sistema solar e a piscina do edifício.

Após a realização/definição do sistema térmico procedeu-se a outro dos objectivos do projecto que é o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico de microprodução que será ligado à rede em regime geral.

No final do projecto em concreto será feita uma contabilização dos custos da obra e incluída uma análise tendo em conta o investimento inicial e o retorno possível para os sistemas solar térmico e fotovoltaico.

## 2. NECESSIDADES ENERGÉTICAS DO EDIFÍCIO

### 2.1. Caracterização geral do edifício

O edifício em estudo desenvolve-se por três pisos (identificados como piso -1, piso 0 e piso 1), nos quais estão dispostos os diversos locais necessários ao adequado funcionamento de um edifício desta natureza. A sua localização será em Cernache (Figura 1), no concelho de Coimbra, ao qual corresponde a zona climática I<sub>1</sub> V<sub>2</sub> (Anexo III – Quadro III.1 do RCCTE). As plantas, alçados e cortes do edifício podem ser consultadas com mais pormenor no Anexo 1.



Figura 1 - Vista aérea

Os diferentes pisos são compostos por diversos locais com distintas tipologias de funcionamento. O piso -1 (Figura 2) é composto pela sala de instalações técnicas, um anfiteatro, casas de banho e alguns arrumos.

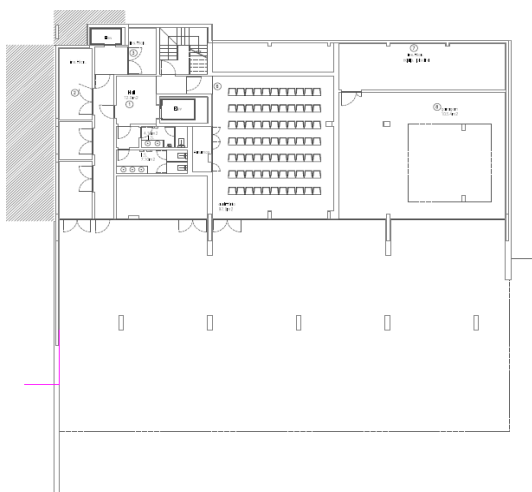
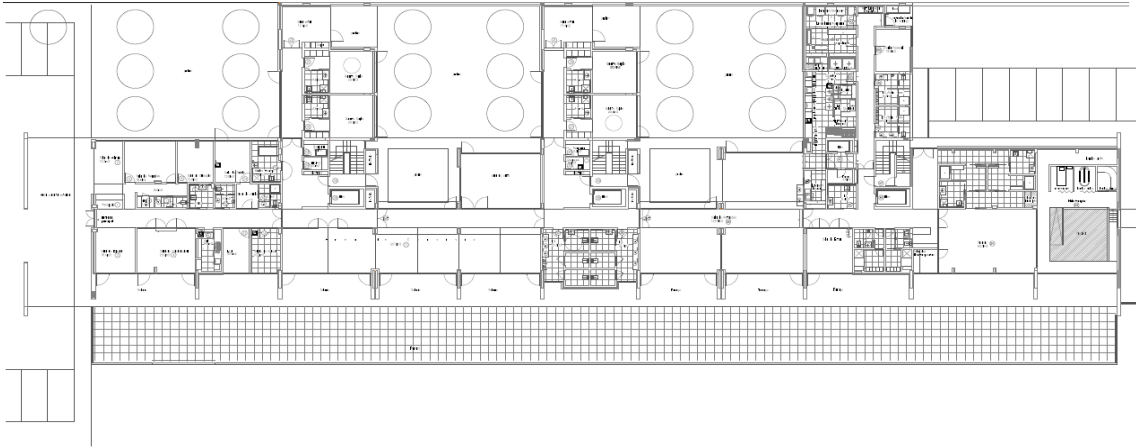


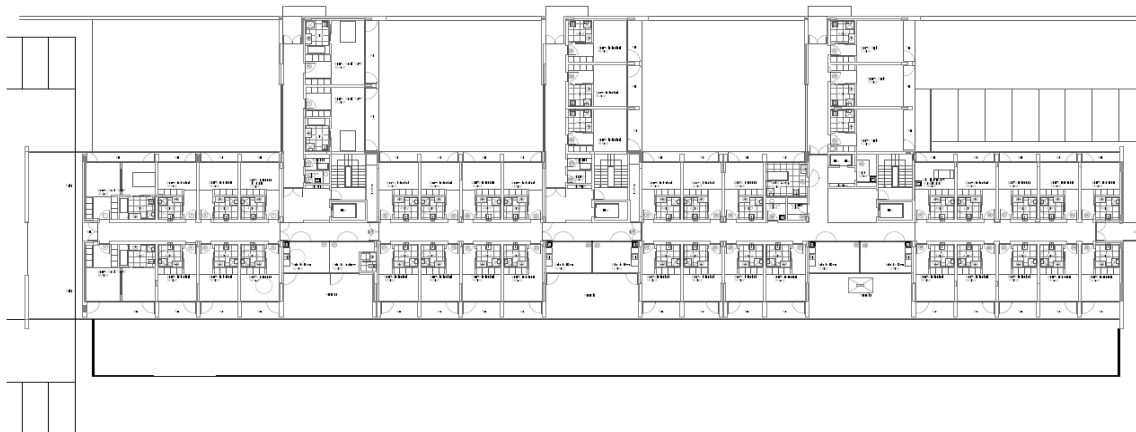
Figura 2 - Planta (sem escala) piso -1

No Piso 0 (Figura 3) encontram-se entre outros, os serviços administrativos, gabinetes de direcção, bar, loja, salões de beleza, salas de convívio, refeitório, cozinha, sala de culto, ginásio, hidroterapia, casas de banho e alguns quartos.



**Figura 3** - Planta (sem escala) piso 0

Por fim, o Piso 1 (Figura 4) é composto na sua maioria por quartos e casas de banho afectas aos quartos e algumas salas de convívio. O acesso entre os pisos é feito por meio de escadas ou elevadores dispostos em várias zonas do edifício.



**Figura 4** - Planta (sem escala) piso 1

As tipologias e as necessidades funcionais dos diferentes locais referidos serão determinantes para o desenvolvimento das soluções propostas.

No que se refere à sua orientação, o seu alçado principal (Figura 5), definindo-se como principal aquele onde se situa a entrada principal do edifício, encontra-se orientado para

Nordeste. O alçado lateral direito representa-se na Figura 6 e o alçado lateral esquerdo na Figura 7.



Figura 5 - Alçado principal (sem escala)

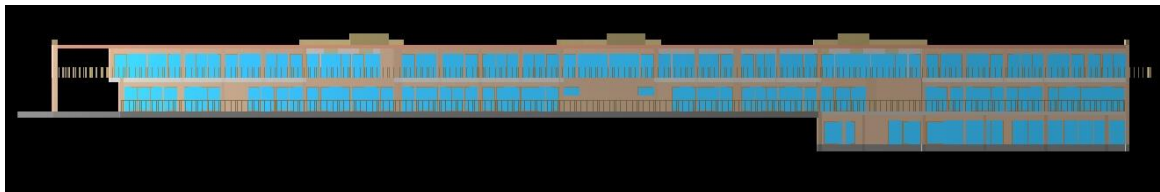


Figura 6 - Alçado lateral direito (sem escala)



Figura 7 - Alçado lateral esquerdo (sem escala)

## 2.2. Resultados CYPE

Como já foi referido, as instalações do presente projecto foram dimensionadas recorrendo ao software CYPE. No início do dimensionamento foi necessário definir a localização do edifício de modo a que o software definisse os parâmetros gerais para o edifício em causa. Esses parâmetros estão descritos na Tabela 1.

Localização	Coimbra
Latitude (graus)	40,2 graus
Altitude sobre o nível do mar	60 m
Temperatura seca Verão (exterior)	33,0 °C

Temperatura húmida Verão (exterior)	23,0 °C
Oscilação média diária	13 °C
Oscilação média anual	30 °C
Temperatura seca de Inverno (exterior)	5,00 °C
Humidade relativa de Inverno	90 %
Velocidade do vento	1 m/s
Temperatura do terreno	8,00 °C
Percentagem de majoração devida à orientação N	20 %
Percentagem de majoração devida à orientação S	0 %
Percentagem de majoração devida à orientação E	10 %
Percentagem de majoração devida à orientação W	10 %
Suplemento de intermitência para aquecimento	5 %
Percentagem de cargas devido à própria instalação	3 %
Percentagem de majoração de cargas (Inverno)	0 %
Percentagem de majoração de cargas (Verão)	0 %

**Tabela 1** - Parâmetros gerais exteriores de dimensionamento (CYPE)

Foi necessário ainda definir as condições interiores de projecto. Para a definição destas condições foi tido em conta o Artigo 14º do Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril (RCCTE) e ainda o tipo de utilizadores do edifício e quais as reais necessidades dos mesmos. Essas condições estão descritas na Tabela 2.

Condições de Projecto			
Condições Internas	VERÃO	Temperatura interior [°C]	24,00
		Humidade relativa interior [%]	50,00
	INVERNO	Temperatura interior [°C]	21,00
		Humidade relativa interior [%]	50,00

**Tabela 2** - Parâmetros gerais interiores de dimensionamento (CYPE)

Em relação ao disposto no Artigo 14º do Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril, a temperatura inteiro de Verão foi diminuída 1°C e a temperatura interior de Inverno foi aumentada 1°C. Esta alteração tem como objectivo tentar criar uma maior comodidade às pessoas idosas que vão habitar este edifício.

### 2.2.1. Sistema envolvente

Estes elementos são necessários para verificar se o edifício está de acordo com os requisitos mínimos de qualidade térmica e para calcular os índices térmicos fundamentais: necessidades nominais de energia útil de aquecimento, de arrefecimento e para a produção de águas quentes sanitárias, bem como as necessidades globais de energia primária. Assim sendo devem ser contabilizados, sob condições específicas, os seguintes parâmetros: os coeficientes de transmissão térmica, superficiais e lineares, dos elementos da envolvente; a classe de inércia térmica do edifício, o factor solar dos vãos envidraçados; a taxa de renovação de ar.

A intensidade de radiação solar para a estação convencional de arrefecimento (Junho a Setembro) pode ser consultada no Quadro III.9 do RCCTE e o factor solar de alguns tipos dos envidraçados podem consultar-se na Tabela IV.4 e V.4 também no RCCTE.

#### 2.2.1.1. Paredes, pavimentos, coberturas, aberturas em fachadas e aberturas verticais interiores

Foram definidos vários tipos de paredes, pavimentos e coberturas, consoante o tipo de compartimento e a sua localização no edifício, conforme se pode constatar no Anexo digital 1.

A inércia térmica ( $I_t$ ) é a massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento, sendo calculada pela fórmula definida no anexo VII do RCCTE e representada na equação 1.

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \times S_i}{A_p} \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (1)$$

em que:

$M_{si}$  – massa superficial útil do elemento  $i$  (kg/m<sup>2</sup>);

$S_i$  – área da superfície interior do elemento  $i$  (m<sup>2</sup>);

$A_p$  – área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

O tipo de classe de inércia térmica encontra-se no quadro VII.6 do RCCTE, exibido na Figura 8, apresentando-se o esquema do processo de cálculo na Tabela 3.

Classe de inércia	Massa superficial útil por metro quadrado da área de pavimento (kg/m <sup>2</sup> )
Fraca .....	$I_t < 150$
Média .....	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte .....	$I_t > 400$

Figura 8 - Classe de inércia térmica interior

Com base nos dados obtidos através do software CYPE foi possível classificar a classe de inércia térmica do edifício, conforma demonstrado na Tabela 3, onde Si representa a área, Msi a massa superficial e ri o factor de correção.

Elemento construtivo	Si [m <sup>2</sup> ]	Msi [kg/m <sup>2</sup> ]	ri	Si x Msi x ri [kg]
Parede exterior - 25	60,02	220,50	1	13.234,41
Parede Betão - 25	2,64	551,50	1	1.455,96
Parede exterior - 35,5	8,62	277,31	1	2.390,41
Parede Betão - 32,21	3,33	717,33	1	2.388,71
Parede Madeira - 5	10,31	38,50	1	396,94
Parede Betão - 20	1,80	449,50	1	809,10
Parede exterior - 20	6,36	146,59	1	932,31
Parede Betão - 20	3,14	421,00	1	1.321,94
Parede Betão - 30	2,73	638,00	1	1.741,74
Parede Betão - 20	8,88	421,00	1	3.738,48
Parede exterior - 20	19,35	146,59	1	2.836,52
Parede Madeira - 5	137,49	10,00	1	1.374,90
Parede Betão - 23	3,86	490,00	1	1.891,40
Parede exterior - 35,5	73,19	248,81	1	18.210,40
Parede Madeira - 5	4,62	26,63	1	123,03
Parede Betão - 23	1,36	506,63	1	689,02
Parede Betão - 35,5	62,05	418,00	1	25.936,90
Parede Betão - 40,4	0,53	877,20	1	464,92
Parede Betão - 36,5	20,55	430,00	1	8.836,50
Parede exterior - 36,5	16,78	258,81	1	4.342,83
Parede Betão - 31,5	0,24	370,00	1	88,80
Parede exterior - 35,25	4,07	248,81	1	1.012,66
Parede exterior - 37,5	11,64	268,81	1	3.128,95
Parede Madeira - 6	6,84	12,00	1	82,08
Parede Madeira - 5	30,10	21,50	1	647,15

Parede Betão - 35,5	11,56	429,50	1	4.965,02
Parede exterior - 38	3,45	280,31	1	967,07
Parede exterior - 35	38,83	260,31	1	10.107,84
Parede Betão - 40,5	2,63	489,50	1	1.287,39
Parede exterior - 35,5	25,18	260,31	1	6.554,61
Parede exterior - 47	2,24	319,61	1	715,93
Parede exterior - 32	18,97	233,81	1	4.435,38
Parede Betão - 35	7,65	412,00	1	3.151,80
Parede exterior - 35	65,98	248,81	1	16.416,48
Parede Betão - 73	5,65	1627,00	1	9.192,55
Parede Betão - 41,53	1,59	490,36	1	779,67
Parede exterior - 41,53	10,42	285,01	1	2.969,80
Parede Betão - 37,5	4,80	442,00	1	2.121,60
Parede exterior - 31	2,97	217,31	1	645,41
Parede exterior - 41,56	10,50	285,01	1	2.992,61
Parede Betão - 41,56	1,59	490,72	1	780,24
Parede exterior - 41,48	18,06	285,01	1	5.147,28
Parede Betão - 41,48	1,59	902,04	1	1.434,24
Parede Betão - 31	5,14	661,00	1	3.397,54
Parede Betão - 32	2,54	684,00	1	1.737,36
Parede Betão - 28	6,21	592,00	1	3.676,32
Parede Betão - 29,25	3,49	620,75	1	2.166,42
Parede exterior - 29,25	4,81	217,31	1	1.045,26
Parede Betão - 23	1,72	501,50	1	862,58
Parede Madeira - 5	5,93	26,63	1	157,92
Parede Madeira - 5	10,42	12,09	1	125,98
Parede Betão - 35,5	3,53	420,09	1	1.482,92
Parede exterior - 31,5	7,10	219,31	1	1.557,10
Parede exterior - 33,5	1,45	248,81	1	360,77
Parede Betão - 33,5	1,59	294,00	1	467,46
Parede Betão - 34,97	2,60	752,31	1	1.956,01
Parede exterior - 34,97	2,98	248,81	1	741,45
Parede Betão - 23	2,69	492,09	1	1.323,72
Parede exterior - 32	16,28	222,31	1	3.619,21
Parede exterior - 32,5	29,40	227,31	1	6.682,91
Parede Betão - 40,74	3,19	480,88	1	1.534,01
Parede Betão - 40,5	3,15	478,00	1	1.505,70
Parede Betão - 32,75	2,73	385,00	1	1.051,05
Parede Betão - 59,5	7,31	1316,50	1	9.623,62
Parede Betão - 35	3,60	423,50	1	1.524,60
Parede exterior - 30	3,35	228,81	1	766,51
Parede exterior - 37	4,54	280,31	1	1.272,61
Parede Betão - 37	1,61	447,50	1	720,48
Parede exterior - 20	6,17	158,09	1	975,42
Parede Betão - 29,54	2,76	627,42	1	1.731,68

Parede Betão - 27	2,85	582,00	1	1.658,70
Parede Madeira - 4	2,87	8,00	1	22,96
Laje de fundação - Soleira seca "KNAUF". Pavimento com revestimento de mosaicos cerâmicos colocados com cola	96,47	1208,88	1	116.620,65
Laje de fundação - Base de agregado. Pavimento com revestimento de marmorite	24,26	1189,18	1	28.849,51
Laje de fundação - Soleira seca "KNAUF". Pavimento flexível têxtil	91,13	1208,88	1	110.165,23
Laje de fundação - Base de agregado. Betão	60,89	1419,18	1	86.413,87
Laje de fundação - Base de agregado. Pavimento com revestimento de mosaicos cerâmicos colocados com cola	253,88	1189,18	1	301.909,02
Laje de fundação - Soleira seca "KNAUF". Pavimento com revestimento de mosaicos cerâmicos colocados com cola	159,64	1208,88	1	192.985,60
Laje de fundação - Base de agregado. Parquet multicamada	214,60	1189,18	1	255.198,03
Laje de fundação - Soleira seca "KNAUF". Parquet multicamada	253,30	1208,88	1	306.209,30
			<b>Total</b>	<b>1.624.840,43</b>
			<b>Área útil de pavimento [m<sup>2</sup>]</b>	<b>2.040,34</b>
			<b>Inércia térmica [kg/m<sup>2</sup>]</b>	<b>796,36</b>
			<b>Classe de inércia</b>	<b>Forte</b>

Tabela 3 - Cálculo da classe de inércia térmica do edifício

Analisando a Tabela 3 constata-se que a classe de inércia obtida é forte, ou seja, o edifício tem uma excelente capacidade de armazenar e restituir calor, sendo esta, função da contribuição da massa superficial dos elementos de construção e seu calor específico.

Foram também previstas, para este edifício, soluções para os vãos envidraçados, incluindo os vidros e as caixilharias, bem como todas as portas. Estes elementos estão todos descritos no Anexo digital 1.

## 2.2.2. Resumo dos resultados de cálculo dos compartimentos

### 2.2.2.1. Arrefecimento

As cargas térmicas de arrefecimento, para cada compartimento do edifício, estão apresentadas de forma resumida nas Tabelas 4, 5 e 6. Para uma melhor e completa análise do cálculo destas cargas pode consultar-se o Anexo 4 e o Anexo digital 3.

Piso	Compartimento	Cargas de Arrefecimento [W]
-1	Hall 1	298,56
-1	Hall 2	379,46
-1	Hall 3	110,84
-1	WC 1	385,59
-1	WC 2	377,07
-1	WC 3	403,44
-1	WC 4	374,19
-1	WC 5	381,97
-1	WC 6	404,88
-1	Auditório	3619,21
<b>TOTAL DO PISO</b>		<b>6735,21</b>

Tabela 4 - Potências de Arrefecimento - Piso -1

Piso	Compartimento	Cargas de Arrefecimento [W]
0	Sala de reuniões	1161,88
0	Sala de Direção	769,78
0	Hall 1	3074,00
0	WC 1	421,29
0	WC 2	399,68
0	WC 3	427,90
0	Sala de convívio 1	1456,88
0	Bar	737,03
0	Loja (escritórios)	1278,01
0	Gab. Saúde 1	838,32
0	WC 5	414,10
0	WC 6	404,50
0	Gab. Saúde 2	475,90
0	Sala Beleza 1	1275,94
0	WC 7	394,25
0	WC 8	425,24
0	WC 9	635,15
0	Hall 2	1158,61
0	Sala de convívio 2	7171,45
0	Sala de culto 1	2448,59

---

0	Hall 3	849,35
0	Sala de convívio 5	1048,67
0	WC 11	400,56
0	WC 10	388,36
0	Quarto 1	747,32
0	Quarto 2	783,41
0	Hall 4	1006,54
0	WC 14	599,82
0	WC 15	397,84
0	WC 16	397,84
0	WC 17	373,52
0	WC 18	373,52
0	WC 19	381,72
0	WC 20	381,79
0	WC 21	580,77
0	Hall 5	478,38
0	Sala de convívio 4	1058,78
0	WC 12	380,59
0	WC 13	380,60
0	Quarto 3	720,30
0	Quarto 4	742,36
0	Sala de refeições 1	7791,03
0	Sala de convívio 3	1166,18
0	Hall 6	1196,37
0	WC 25	445,88
0	WC 26	373,52
0	WC 27	374,52
0	WC 28	374,45
0	WC 29	374,45
0	WC 30	373,52
0	WC 31	373,52
0	WC 32	391,08
0	WC 33	383,50
0	Sala Pessoal 1	1197,74
0	WC 22	564,12
0	WC 23	510,19
0	WC 24	494,77
0	WC 25	561,81
0	WC 34	441,26
0	WC 35	421,10
0	WC 36	438,94
0	WC 38	446,38
0	WC 39	538,95
0	Massagem	1010,34

---

0	Banho Vichy	470,12
0	Banho Turco	432,24
0	Gab. Saúde 3	644,55

**TOTAL DO PISO****59631,07****Tabela 5 - Potências de Arrefecimento - Piso 0**

Piso	Compartimento	Cargas de Arrefecimento [W]
1	Quarto 1	975,96
1	WC 1	393,40
1	Quarto 2	1802,21
1	WC 5	393,27
1	Corredor 1	757,52
1	WC 2	387,83
1	Quarto 3	799,58
1	Quarto 6	1013,19
1	WC 6	386,55
1	Quarto 4	578,03
1	Quarto 7	1017,69
1	WC 3	382,72
1	WC 7	386,30
1	WC 4	380,35
1	Quarto 5	560,03
1	Quarto 8	861,31
1	WC 8	386,28
1	Sala estar 1	1103,52
1	Sala vigilante	1086,81
1	WC 12	401,62
1	WC 11	384,81
1	Corredor 2	716,13
1	Corredor 3	776,11
1	WC 10	390,42
1	WC 9	408,07
1	Quarto 9	996,86
1	Quarto 10	954,96
1	Quarto 11	579,66
1	WC 17	381,62
1	Quarto 15	1028,45
1	WC 13	386,55
1	Corredor 4	677,29
1	Quarto 12	818,26
1	WC 18	381,62
1	Quarto 16	1014,99
1	WC 14	386,55

---

1	Quarto 13	592,83
1	WC 19	386,55
1	Quarto 17	1019,76
1	WC 15	386,55
1	Quarto 14	580,10
1	WC 20	386,55
1	Quarto 18	1001,23
1	WC 16	386,55
1	Sala estar 2	1403,17
1	Corredor 5	944,15
1	Corredor 6	1137,76
1	Sala estar 3	1408,05
1	WC 21	399,30
1	Quarto 19	667,45
1	WC 22	405,73
1	WC 23	392,90
1	Quarto 20	633,33
1	Quarto 21	661,28
1	Quarto 22	738,90
1	WC 24	388,18
1	Corredor 7	2072,01
1	WC 27	386,55
1	Quarto 25	577,36
1	Quarto 23	700,79
1	WC 25	388,18
1	WC 28	386,55
1	Quarto 26	594,38
1	Quarto 24	718,00
1	WC 26	393,46
1	Quarto 27	594,38
1	WC 29	386,55
1	Quarto 28	562,72
1	WC 30	386,55
1	WC 31	746,02
1	Sala estar 4	1178,50
1	Sala estar 5	1198,68
1	Corredor 8	949,49
1	WC 32	408,94
1	WC 33	403,18
1	WC 34	389,87
1	Quarto 29	797,47
1	Quarto 30	796,77
1	Quarto 31	796,85
1	Gab. Tratamento 1	1174,18

---

1	WC 35	379,72
1	Corredor 9	770,83
1	Quarto 36	1005,76
1	WC 37	385,64
1	Quarto 32	572,29
1	WC 36	377,87
1	Quarto 37	985,46
1	WC 38	385,72
1	Quarto 33	588,50
1	WC 39	385,51
1	Quarto 38	983,84
1	WC 42	385,72
1	Quarto 34	555,55
1	WC 40	385,26
1	Quarto 39	985,37
1	WC 43	385,72
1	Quarto 35	579,66
1	WC 41	392,24
1	Quarto 40	964,53
1	WC 44	393,38

**TOTAL DO PISO****67092,84**

Tabela 6 - Potências de Arrefecimento - Piso 1

**2.2.2.2. Aquecimento**

As cargas térmicas de aquecimento, para cada compartimento do edifício, estão apresentadas de forma resumida nas Tabelas 7, 8 e 9. Para uma melhor e completa análise do cálculo destas cargas pode consultar-se o Anexo digital 3 e o Anexo 4.

Piso	Compartimento	Cargas de Aquecimento [W]
-1	Hall 1	529,81
-1	Hall 2	798,79
-1	Hall 3	225,01
-1	WC 1	223,86
-1	WC 2	199,07
-1	WC 3	330,05
-1	WC 4	163,63
-1	WC 5	205,94
-1	WC 6	252,94
-1	Auditório	3322,97
<b>TOTAL DO PISO</b>		<b>6252,07</b>

Tabela 7 - Potências de Aquecimento - Piso -1

Piso	Compartimento	Cargas de Aquecimento [W]
0	Sala de reuniões	1299,96
0	Sala de Direcção	811,51
0	Hall 1	4829,93
0	WC 1	307,36
0	WC 2	242,54
0	WC 3	304,32
0	Sala de convívio 1	1568,03
0	Bar	339,39
0	Loja (escritórios)	785,46
0	Gab. Saúde 1	1049,10
0	WC 5	274,61
0	WC 6	259,17
0	Gab. Saúde 2	481,91
0	Sala Beleza 1	1003,55
0	WC 7	225,53
0	WC 8	314,20
0	WC 9	692,27
0	Hall 2	1896,05
0	Sala de convívio 2	7932,66
0	Sala de culto 1	2463,83
0	Hall 3	1414,87
0	Sala de convívio 5	1017,12
0	WC 11	312,09
0	WC 10	240,11
0	Quarto 1	835,18
0	Quarto 2	952,12
0	Hall 4	1681,65
0	WC 14	587,91
0	WC 15	241,21
0	WC 16	241,21
0	WC 17	152,49
0	WC 18	152,49
0	WC 19	227,38
0	WC 20	225,44
0	WC 21	599,75
0	Hall 5	682,29
0	Sala de convívio 4	1013,34
0	WC 12	193,92
0	WC 13	193,96
0	Quarto 3	722,52
0	Quarto 4	781,06
0	Sala de refeições 1	7213,57

0	Sala de convívio 3	1066,91
0	Hall 6	1879,78
0	WC 25	363,91
0	WC 26	149,03
0	WC 27	150,23
0	WC 28	148,43
0	WC 29	149,40
0	WC 30	145,29
0	WC 31	146,33
0	WC 32	262,32
0	WC 33	224,44
0	Sala Pessoal 1	895,17
0	WC 22	464,89
0	WC 23	239,91
0	WC 24	295,80
0	WC 25	385,65
0	WC 34	395,05
0	WC 35	308,16
0	WC 36	404,23
0	WC 38	384,03
0	WC 39	553,21
0	Massagem	546,89
0	Banho Vichy	396,62
0	Banho Turco	370,39
0	Gab. Saúde 3	476,80
<b>TOTAL DO PISO</b>		<b>57565,93</b>

Tabela 8 - Potências de Aquecimento - Piso 0

Piso	Compartimento	Cargas de Aquecimento [W]
1	Quarto 1	1154,60
1	WC 1	274,40
1	Quarto 2	1757,27
1	WC 5	270,62
1	Corredor 1	1295,51
1	WC 2	234,83
1	Quarto 3	935,64
1	Quarto 6	1003,43
1	WC 6	227,50
1	Quarto 4	629,60
1	Quarto 7	999,40
1	WC 3	191,08
1	WC 7	226,31
1	WC 4	179,32

---

1	Quarto 5	602,75
1	Quarto 8	852,25
1	WC 8	226,20
1	Sala estar 1	634,47
1	Sala vigilante	686,49
1	WC 12	240,54
1	WC 11	234,74
1	Corredor 2	1030,95
1	Corredor 3	1355,69
1	WC 10	260,22
1	WC 9	345,64
1	Quarto 9	1218,04
1	Quarto 10	1116,19
1	Quarto 11	681,59
1	WC 17	200,05
1	Quarto 15	1160,65
1	WC 13	227,50
1	Corredor 4	1134,47
1	Quarto 12	953,98
1	WC 18	200,05
1	Quarto 16	998,18
1	WC 14	227,50
1	Quarto 13	675,68
1	WC 19	227,50
1	Quarto 17	998,18
1	WC 15	227,50
1	Quarto 14	657,46
1	WC 20	227,50
1	Quarto 18	1030,13
1	WC 16	227,50
1	Sala estar 2	1106,55
1	Corredor 5	1488,45
1	Corredor 6	2030,23
1	Sala estar 3	1113,56
1	WC 21	298,03
1	Quarto 19	741,21
1	WC 22	314,31
1	WC 23	252,13
1	Quarto 20	640,58
1	Quarto 21	790,19
1	Quarto 22	1008,42
1	WC 24	250,23
1	Corredor 7	3529,75
1	WC 27	227,50

---

1	Quarto 25	731,72
1	Quarto 23	824,95
1	WC 25	250,23
1	WC 28	227,50
1	Quarto 26	701,07
1	Quarto 24	860,60
1	WC 26	280,42
1	Quarto 27	701,07
1	WC 29	227,50
1	Quarto 28	664,29
1	WC 30	227,50
1	WC 31	1049,34
1	Sala estar 4	894,81
1	Sala estar 5	960,60
1	Corredor 8	1684,04
1	WC 32	321,11
1	WC 33	313,14
1	WC 34	252,48
1	Quarto 29	844,75
1	Quarto 30	849,11
1	Quarto 31	970,89
1	Gab. Tratamento 1	862,60
1	WC 35	176,14
1	Corredor 9	1305,86
1	Quarto 36	1046,54
1	WC 37	226,57
1	Quarto 32	615,15
1	WC 36	175,48
1	Quarto 37	859,68
1	WC 38	227,50
1	Quarto 33	655,87
1	WC 39	229,47
1	Quarto 38	855,22
1	WC 42	227,50
1	Quarto 34	516,98
1	WC 40	226,89
1	Quarto 39	859,07
1	WC 43	227,50
1	Quarto 35	618,29
1	WC 41	283,06
1	Quarto 40	982,09
1	WC 44	285,22
<b>TOTAL DO PISO</b>		<b>67330,04</b>

Tabela 9 - Potências de Aquecimento - Piso 1

### 2.2.2.3. Totais de arrefecimento e aquecimento

Na Tabela 10 apresentam-se os totais das cargas térmicas de arrefecimento e de aquecimento para cada piso do edifício e o total dos 3 pisos do edifício.

Piso	Cargas de Arrefecimento [W]	Cargas de Aquecimento [W]
-1	6735,21	6252,07
0	59631,07	57565,93
1	67092,84	67330,04
<b>TOTAL DO EDIFÍCIO [W]</b>	<b>133459,12</b>	<b>131148,04</b>
<b>TOTAL DO EDIFÍCIO [kW]</b>	<b>133,46</b>	<b>131,15</b>

Tabela 10 - Potências totais de aquecimento e arrefecimento do edifício

### 3. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

#### 3.1. Descrição do sistema de climatização

No sistema de climatização, para o edifício em causa, optou-se por um sistema de climatização Água/Água e Água/Ar com equipamentos terminais de climatização indicados para a utilização destes tipos de fluídos.

Foi considerada a utilização de um equipamento produtor de água quente do tipo Bomba de Calor, que produzirá o fluido térmico que fará a permuta entre o depósito de inércia, que acumulará a água quente e a água refrigerada, passando depois a circular nos circuitos dos equipamentos de climatização colocados no edifício. Este sistema será a dois tubos, ou seja, a água circulará em dois tubos, sendo um de impulsão e outro de retorno. Para a produção de água quente sanitária (AQS) serão utilizados colectores solares térmicos, tendo ainda o apoio da Bomba de Calor.

O sistema de climatização previsto foi dimensionado de acordo com as necessidades previstas e pretendidas para o edifício em causa. O sistema previsto inclui aquecimento e refrigeração e será executado por meio de chão radiante, sendo ainda composto por equipamentos auxiliares do tipo ventiloconvectores. De referir ainda que, nas casas de banho, estarão interligados com os ventiloconvectores os recuperadores de calor estáticos ar-ar de modo a fazer a renovação de ar nestes compartimentos. Também serão utilizados estes recuperadores no ginásio e na zona da piscina. A energia térmica de alimentação dos circuitos hidráulicos de climatização será produzida com recurso a uma bomba de calor. Assim, as instalações consideradas no presente projecto poder-se-ão dividir em:

- Produção e distribuição de água quente/refrigerada
- Redes hidráulicas de distribuição
- Equipamentos terminais de climatização
- Sistema de produção de água quente sanitária

A escolha deste tipo de sistema tem como justificação principal a utilização de apenas um único equipamento capaz de produzir água quente e água refrigerada. Tendo por base esta opção optou-se por um equipamento do tipo bomba de calor, capaz de produzir água quente e água refrigerada. Alguns equipamentos deste género podem produzir em simultâneo água quente e água refrigerada. Foi então considerado o tipo de utilizadores que vão habitar no edifício e as exigências do dono da obra, concluindo-se que não será necessário aquecer e arrefecer em simultâneo, logo optou-se por um equipamento, do tipo Bomba de Calor, capaz de produzir água quente e água refrigerada mas trabalhando com um sistema a dois tubos, ou seja, não produzindo em simultâneo água quente e água refrigerada.

A opção por uma bomba de calor a quatro tubos, neste caso, apenas iria encarecer a instalação, não só pelo valor do equipamento mas também por toda a tubagem e acessórios

necessários para a instalação deste sistema. A escolha tomada é, para este caso, a melhor opção tendo em conta todos os pressupostos iniciais.

### **3.1.1. Produção e distribuição de água quente**

A central térmica de produção ficará localizada na área técnica do piso -1 prevista no projecto de arquitectura.

A produção de água quente será assegurada por uma bomba de calor com uma potência calorífica de 150,9 kW.

A bomba de calor incorporará o seu quadro de comando, controlo e regulação montado de fábrica, o qual, em função das necessidades da instalação, definirá em cada momento o regime de funcionamento necessário.

Estará interligado à bomba de calor um depósito de inércia que, por sua vez, estará interligado com dois colectores de avanço e dois de retorno, localizados também na área técnica, a partir do qual serão derivados os circuitos hidráulicos conforme o esquema de princípio da instalação.

Para enchimento dos circuitos hidráulicos deverá ser disponibilizada uma alimentação de água da rede geral do edifício no interior da área técnica. A água de enchimento deverá ser previamente tratada para inibição de corrosão e formação de incrustações. Para isso existirá um sistema de tratamento de água localizado na central térmica.

### **3.1.2. Produção e distribuição de água refrigerada**

A produção de água refrigerada, será realizada também pela bomba de calor e a distribuição desta água será feita pela mesma tubagem de distribuição de água quente.

### **3.1.4. Bomba de Calor**

A unidade produtora de Frio e Calor será uma unidade ar-água bomba de calor reversível, para instalação no exterior, que opera com refrigerante R410A, equipada com grupo hidráulico e depósito de inércia.

Por razões económicas, o sistema foi seleccionado sem simultaneidade de frio e calor. Desta forma, o sistema o sistema inteiro pode estar a fazer frio, ou calor, mas não é possível dispor dessas duas funções em simultâneo.

A unidade seleccionada, conforme descrita na Tabela 11, tem um EER de 2,79 (classe energética D) e um COP de 3,38 (classe energética C). A classe energética do equipamento foi obtida tendo em conta a Figura 9 e o Dec. Lei nº 63/2011 de 9 de Maio. Estes valores foram retirados da ficha técnica do equipamento e foram obtidos para as seguintes condições:

- ✓ Temperatura da água refrigerada à saída de 7°C e temperatura ambiente de 35°C;

- ✓ Temperatura da água quente à saída de 45°C, temperatura ambiente de 7°C e humidade relativa de 88%.

A	EER > 3.20	A	COP > 3.60
B	3.20 ≥ EER > 3.00	B	3.60 ≥ COP > 3.40
C	3.00 ≥ EER > 2.80	C	3.40 ≥ COP > 3.20
D	2.80 ≥ EER > 2.60	D	3.20 ≥ COP > 2.80
E	2.60 ≥ EER > 2.40	E	2.80 ≥ COP > 2.60
F	2.40 ≥ EER > 2.20	F	2.60 ≥ COP > 2.40
G	2.20 ≥ EER	G	2.40 ≥ COP

Figura 9 - Tabela de Classificação energética para valores de EER e COP

Ref. <sup>a</sup>	Marca	Modelo	Potência calorífica [kW]
BC REV	HITECSA	EWFVB ATA 140.4	150,9

Tabela 11 - Referência do equipamento (ou equivalente) - Bomba de calor

A unidade EWFVB está projectada para trabalhar com refrigerantes HFC 410A e tanto os compressores como os permutadores de calor foram otimizados para poder funcionar com este refrigerante.

A bomba de calor é constituída por dois circuitos de refrigeração separados e será equipada com 4 compressores montados sobre dois conjuntos para acomodar os dois circuitos de refrigeração. Os compressores são do tipo Scroll hermético, têm instalado um sistema de controlo electrónico cuja função é proteger a unidade contra sobrecargas e altas temperaturas e são caracterizados por um baixo nível de vibração e uma alta eficiência. Cada um deles está localizado num invólucro que está montado no exterior, resultando em níveis baixos de ruído.

A estrutura do equipamento é fabricada em aço galvanizado com pintura em pó de poliéster (RAL 9001). Cada uma das partes da estrutura é apertada com parafusos e porcas submetidos a tratamento antioxidante.

O evaporador é constituído por um permutador de calor de placas em aço inoxidável de duplo circuito. É isolado com um material de espuma de polietileno de 19mm de espessura e equipado na superfície externa com um filme aquecedor eléctrico para evitar que a unidade congele a temperaturas baixas (abaixo de -18°C), quando desligado. As ligações hidráulicas são do tipo Victaulic de 2,5”.

Os ventiladores do condensador são do tipo axiais de accionamento directo com motores assíncronos trifásicos.

As características técnicas da bomba de calor estão descritas na Tabela 12.

MODELO	EWFVB 140.4	
Ciclo de frio	Temperatura de entrada do ar no permutador (°C)	35,00
	Temperatura de saída da água (°C), salto térmico: 5°C	7,00
	Potência frigorífica (kW)	163,4
	Caudal de água (m <sup>3</sup> /h)	28,1
	Pressão disponível da água (kPa)	196,8
Ciclo de calor	Temperatura de entrada do ar no permutador (°C)	7,00
	Temperatura de saída da água (°C), salto térmico: 5°C	45,00
	Potência frigorífica (kW)	149,7
	Caudal de água (m <sup>3</sup> /h)	25,75
	Pressão disponível da água (kPa)	225,9

**Tabela 12** - Propriedades da bomba de calor

### 3.1.5. Redes hidráulicas de distribuição

A distribuição de água quente e de água refrigerada será assegurada por circuitos a 2 tubos, sendo que a distribuição de água da bomba de calor até aos colectores principais de distribuição (localizados na casa das máquinas) será com tubo do tipo Aço preto com soldadura, para o circuito de chão radiante e para o circuito dos ventiloconvectores serão utilizados tubos do tipo Polietileno reticulado/alumínio/polietileno reticulado (PE-X/AL/PE-X). No interior do edifício os circuitos hidráulicos ficarão ocultos nos tectos falsos e embebidos no chão ou paredes. Os troços dos circuitos hidráulicos dispostos à intempérie

deverão ser aplicados em valas técnicas e quando os circuitos estiverem à vista o isolamento deverá ter revestimento de protecção mecânica incluindo os acessórios e dispositivos de corte, comando e controlo termicamente isolados.

Nos pontos altos dos circuitos serão aplicados purgadores de ar automáticos convenientemente localizados para evitar a formação de bolsas de ar que impeçam a circulação da água. Nos pontos baixos da tubagem serão aplicadas picagens equipadas com válvulas de corte para esvaziamento dos circuitos. Estas purgas serão ligadas à rede de esgotos por meio de tubagem adequada.

As canalizações dos circuitos hidráulicos de água quente e refrigerada serão revestidos em toda a sua extensão com isolamento térmico adequado através de manga isolante flexível de espuma elastomérica. Quando colocado à vista terá um revestimento superficial de alumínio. Toda a tubagem que estiver colocada à vista e no exterior do edifício será isolada através de manga isolante de lã de vidro e com um revestimento superficial de chapa de alumínio. Os acessórios das tubagens (curvas, derivações, ...) e dispositivos de corte, comando e controlo inseridos nos circuitos hidráulicos (válvulas, filtros, etc.) serão isolados com o mesmo tipo de material empregue para o isolamento das tubagens.

As propriedades tubagens de distribuição de água e isolamento desde a bomba de calor até aos colectores principais, localizados na casa das máquinas, e desses colectores até aos terminais dos ventiloconvectores e aos colectores do piso radiante, localizados nos pisos, estão descritas na Tabela13. As espessuras mínimas de isolamento poderão ser consultadas no Anexo III do RSECE.

Circuito	Tubagem	Diâmetro		Localização	Isolamento	Revestimento superficial
		Mínimo	Máximo			
Bomba de calor → Colectores	Aço preto com soldadura	3/8''	6''	Exterior	Manga isolante de lã de vidro	Chapa de alumínio
Bomba de calor → Colectores	Aço preto com soldadura	3/8''	6''	Interior	Manga isolante flexível de espuma elastomérica	Chapa de alumínio
Colectores → colectores de chão radiante	PE- X/AL/PE- X	16 mm	75 mm	Interior	Manga isolante flexível de espuma	s/revestimento

						elastomérica
Colectores → colectores de chão radiante	PE- X/AL/PE- X	16 mm	75 mm	Exterior	Manga isolante flexível de espuma elastomérica	s/revestimento
Colectores → ventiloconvectores	PE- X/AL/PE- X	16 mm	75 mm	Interior	Manga isolante flexível de espuma elastomérica	s/revestimento
Colectores → ventiloconvectores	PE- X/AL/PE- X	16 mm	75 mm	Exterior	Manga isolante flexível de espuma elastomérica	s/revestimento

Tabela 13 - Tubagens utilizadas no projecto

### 3.1.5.1. Colectores de distribuição de água

São considerados 4 colectores na instalação, de forma a efectuar uma correcta distribuição do fluído térmico. Dois destes colectores serão destinados ao sistema de piso radiante, sendo um de ida e outro de retorno, e os outros dois serão destinados ao sistema dos ventiloconvectores e apoio ao depósito de AQS. Cada colector deverá ter uma reserva.

Deverão ser constituídos em tubo de aço preto extrudido sem soldadura. O diâmetro dos colectores será de 3'' DN 80, de 0,95 m de comprimento, de modo a fazerem-se todas as ligações e aplicarem-se todos os equipamentos necessários.

Deverá ser considerado na sua execução o perfeito tratamento dos mesmos através de decapagem, pintura com primário e tinta de cor vermelha.

Para além deste acabamento todos os colectores serão isolados termicamente com isolamento do tipo flexível de espuma elastomérica de 50 mm de espessura e também com a devida protecção mecânica.

### 3.1.5.2. Separador hidráulico

Foi seleccionado um separador hidráulico que será instalado na linha de ida e de retorno, entre a bomba de calor e os colectores de distribuição principais. A escolha deste

equipamento foi feita através da marca caleffi e foi seleccionado para a tubagem que dispomos na instalação, com as características descritas na Tabela 14.

Referência	Marca	Diâmetro	Caudal máx. aconselhado (m <sup>3</sup> /h)
548102	Caleffi	DN 100	56

**Tabela 14** - Equipamentos referência (ou equivalente) do separador hidráulico

Este separador tornará independentes os circuitos hidráulicos a ele ligados, permitindo também a separação e recolha de impurezas presentes nos circuitos. Permite também a evacuação automática do ar contido nos circuitos. No entanto, o principal objectivo da instalação deste equipamento é o de proteger a bomba de calor, nos casos em que todos os equipamentos terminais estejam fechados. Este equipamento será como o descrito na Figura 10.



**Figura 10** - Separador Hidráulico

### 3.1.5.3. Circuladores de distribuição de água quente e refrigerada

A circulação de água pelos vários ramais de distribuição de água aquecida/arrefecida será conseguida com a incorporação de bombas circuladoras devidamente seleccionadas, cujas características hidráulicas garantirão o caudal necessário e a perda de carga máxima estimada da instalação, com vista a um correcto funcionamento do sistema.

Cada grupo de bombagem deverá possuir válvulas de esfera de fácil actuação e posição de fecho bem visível, a montante e a jusante do mesmo, possuindo um isolamento em material elástico e resistente (EPP) a 100% de todos os acessórios e com canais de ar para arrefecimento da bomba.

Os circuladores deverão possuir válvulas anti-retorno, quer no ramal de avanço quer no ramal de retorno, prevenindo qualquer ruído quando utilizadas bombas electrónicas reguláveis. As

válvulas anti-retorno deverão ser actuadas por mola, o que permitirá a montagem horizontal ou invertida.

Para efeitos de dimensionamento, foi considerada como referência a marca WILO, e foram dimensionados com o software CYPE, conforme descritos na Tabela 15 e demonstrados na Figura 11.

A escolha de circuladores duplos tem como objectivo duplicar o caudal que irá passar nesses circuitos.

Ref. <sup>a</sup>	Modelo	Circulação	$\Delta P$ [m.c.a.]	Caudal [m <sup>3</sup> /h]
PR-CAVE	TOP-S 25/5 DM	Simple	3,00	0,25
PR-R/CHÃO	TOP-SD 32/10 DM	Dupla	12,0	7,00
PR-1ºANDAR	TOP-SD 40/15 DM	Dupla	9,75	12,50
VC-1ºANDAR	TOP-SD 40/15 DM	Dupla	6,90	4,25
VC-R/CHÃO	TOP-SD 40/15 DM	Dupla	9,90	7,75
VC-CAVE	STAR-RS 15/4 (classicstar)	Simple	6,80	1,00

**Tabela 15** - Equipamentos referência (ou equivalente) dos circuladores do sistema de climatização



**Figura 11** - Circuladores escolhidos para o sistema de climatização

### 3.1.6. Equipamentos terminais de climatização

#### 3.1.6.1. Aquecimento por piso radiante

O pavimento radiante foi dimensionado para o aquecimento e arrefecimento ambiente dos espaços, conforme descrito no Anexo digital 4.

A escolha deste tipo de instalação teve como base o consumo energético reduzido face aos sistemas convencionais. Os principais parâmetros de projecto actualmente são definidos a nível europeu pela norma EN1264.

O sistema de pavimento radiante definido para esta instalação é o sistema de climatização invisível UPONOR. Este sistema requer a aplicação de uma placa isolante entre o pavimento e a argamassa. As suas funções são:

- ✓ Reduzir a inércia térmica do sistema, reduzindo a massa a aquecer;
- ✓ Evitar perdas de calor para ambientes não climatizados.

Antes da colocação da argamassa, deve-se colocar ao longo de toda a superfície vertical, paredes, colunas, bancadas etc., a faixa perimetral isolante, que deve cobrir desde a laje de suporte até à superfície do pavimento radiante terminado e permitir o movimento do pavimento.

A faixa perimetral deve ser fixada de tal modo que não permita a sua movimentação durante a colocação da argamassa. A parte superior da faixa que sobressai por cima do pavimento, não se deve cortar até completar a colocação do revestimento final (mosaico, parquet, etc.).

Para definir uma instalação de piso radiante é necessário calcular previamente as cargas térmicas dos compartimentos. No caso de dispor de uma instalação de arrefecimento, a carga térmica calculada considera-se uma percentagem do 70% da carga térmica instantânea para a hora e o dia mais desfavorável. Para realizar o cálculo da instalação de piso radiante deve-se partir de uma temperatura máxima da superfície do pavimento segundo o tipo de instalação, conforme descrito na Tabela 16, onde as abreviaturas utilizadas são:

$\theta_{f,max}$  - Temperatura máxima da superfície do pavimento;

$\theta_i$  - Temperatura do compartimento;

$q_G$  - Densidade de fluxo térmico limite

Tipos de compartimentos	$\theta_{f,max}$ (°C)	$\theta_i$ (°C)	$q_G$ (W/m <sup>2</sup> )
<b>Piso radiante para aquecimento</b>			
Zona de permanência (ocupada)	29	20	100
Casas de banho e similares	33	24	100
Zona periférica	35	20	175
<b>Piso radiante para refrigeração</b>			
Zona de permanência (ocupada)	20	24	40
Casas de banho e similares	18	24	60

Tabela 16 - Temperaturas de cálculo da instalação de piso radiante

A temperatura média da superfície do pavimento calcula-se segundo a equação 2, da Norma EN 1264 para aquecimento e segundo a equação 3, da Norma EN 1264 para refrigeração.

$$q = 8,92(\theta_{F,m} - \theta_i)^{1,1} (W/m^2) \quad (2)$$

$$q = 7(|\theta_{s,m} - \theta_i|)(W/m^2) \quad (3)$$

A temperatura máxima na superfície limita que o piso radiante possa garantir o total das cargas térmicas. Para este caso é necessário dispor de emissores térmicos auxiliares para complementar o sistema de piso radiante. Para o caso dos compartimentos que superam a densidade máxima de fluxo térmico considera-se o limite descrito como valor de cálculo.

O comprimento da tubagem para cada circuito calcula-se através da equação 4 da Norma EN 1264.

$$L = \frac{A}{e} + 2 \times l \quad (4)$$

Onde:

A - Área a climatizar coberta pelo circuito (m<sup>2</sup>)

e - Separação entre tubagens (cm)

l - Distância entre o colector e a área a climatizar (m)

Nenhum circuito deve superar o comprimento de 200m. O comprimento depende obviamente do caudal e do diâmetro do tubo. É aconselhável limitar os circuitos a um máximo de 120m.

Para calcular a temperatura de impulsão de cada um dos circuitos considera-se a densidade de fluxo térmico de cada um deles, com a excepção das casas de banho. Após obter a densidade máxima de fluxo térmico, através da equação 5, da Norma EN 1264, e considerando um salto térmico de 5°C, calcula-se a temperatura de impulsão.

$$q = K_H \times \Delta\theta_H \quad (5)$$

Onde:

$q$  = Densidade de fluxo térmico ( $W/m^2$ )

$\Delta\theta_H$  = Desvio médio da temperatura ar-água, que depende das seguintes variáveis (Temperatura de impulsão, Temperatura de retorno, Temperatura do compartimento)

$K_H$  = Constante que depende das seguintes variáveis (Pavimento (espessura do revestimento e condutibilidade), Laje (espessura e condutibilidade), Tubagem (diâmetro exterior, incluindo o revestimento, espessura e condutibilidade))

O caudal do circuito calcula-se através da equação 6, da Norma EN 1264.

$$m_H = \frac{A_F \times q}{\delta \times c_w} \left( 1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \times R_u} \right) \quad (6)$$

Onde:

$A_F$  = Superfície coberta pelo circuito de piso radiante ( $m^2$ )

$q$  = Densidade de fluxo térmico ( $W/m^2$ )

$\delta$  = Salto de temperatura

$c_w$  = Calor específico da água ( $J/(kg.K)$ )

$R_o$  = Resistência térmica parcial ascendente do pavimento (equação 7)

$R_u$  = Resistência térmica parcial descendente do pavimento (equação 8)

$\Theta_u$  = Temperatura do compartimento inferior ( $^{\circ}C$ )

$\Theta_i$  = Temperatura do compartimento ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$R_o = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda,B} + \frac{S_u}{\lambda_u} \quad (7)$$

Em que  $\frac{1}{\alpha}$  é igual a  $0,093 \text{ m}^2.\text{K/W}$ .

$$R_u = R_{\lambda,1} + R_{\lambda,2} + R_{\lambda,3} + R_{\alpha,4} \quad (8)$$

Em que  $R_{\alpha,4}$  é igual a  $0,7 \text{ m}^2.\text{K/W}$ .

Onde:

$R_{\lambda,1}$  = Resistência térmica do isolante

$R_{\lambda,2}$  = Resistência térmica do tecto falso

$R_{\lambda,3}$  = Resistência térmica do reboco

$R_{\alpha,4}$  = Resistência térmica do tecto

O dimensionamento das tubagens realiza-se considerando uma velocidade máxima de  $2,0 \text{ m/s}$  e uma perda de pressão máxima por metro de  $367,0 \text{ Pa/m}$ .

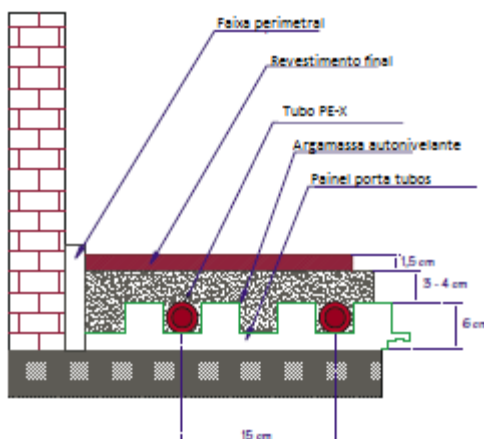
As características técnicas dos equipamentos desta instalação estão descritas na Tabela 17.

Sistema de climatização invisível UPONOR	
Marca	UPONOR
Tipo de sistema	Convencional, com camada de argamassa
Painel Porta Tubos	Espessura: 13 mm
	Dimensão: 1450 x 850 mm
Tubo	Polietileno reticulado (PE-X) com barreira de oxigénio
	16 mm
Argamassa	Espessura: 5,00 cm

## Argamassa autonivelante

**Tabela 17** - Propriedades dos equipamentos utilizados na concepção do chão radiante

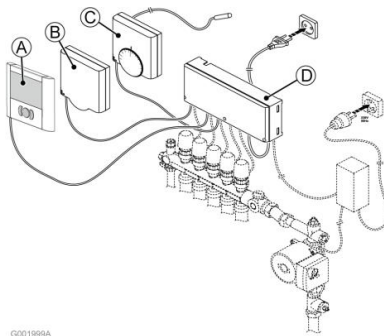
As zonas de instalação deste sistema de climatização estão demonstradas nas plantas do Anexo 7 e deverão seguir as indicações de instalação conforme representadas na Figura 12.

**Figura 12** - Esquema de instalação do piso radiante

Os colectores do sistema de chão radiante serão da marca UPONOR e serão constituídos por adaptadores para ligação de tubos de distribuição ao colector, bypass, válvulas de passagem, termómetros, purgadores automáticos, válvulas de enchimento, válvulas de esvaziamento, tampões terminais e suportes. A localização destes colectores encontra-se nas peças desenhadas (Anexo 3) e a descrição do número de circuitos bem como a quantidade de colectores encontra-se descrita na folha de medições/orçamento.

**3.1.6.1.1. Sistema de regulação da temperatura do piso radiante**

O sistema de regulação da temperatura do piso radiante será da marca UPONOR e será composto por uma unidade base de controlo termostático, modelo C35 (representado pela letra D na figura 13), para um máximo de 12 termostatos de controlo standard, modelo T35 (representado pela letra A na figura 13), por cabo e 14 cabeças electrotérmicas, a 24V.

**Figura 13** - Esquema de ligação do sistema de controlo do pavimento radiante

### 3.1.6.2. Ventiloinvectores

Foram também seleccionados unidades não autónomas de ar condicionado (fan-coils) designados por ventiloinvectores de vários tipos e a sua localização foi seleccionada conforme está descrito na Tabela 18.

- ✓ Mural;
- ✓ Vertical de piso;
- ✓ Cassete;
- ✓ Tecto, com distribuição por condutas.

Tipo	Compartimentos
Mural	Quartos, salas de direcção e de reuniões, gabinetes, sala de convívio, salão de beleza
Vertical de Piso	Casas de banho dos quartos
Cassete	Salas de estar, salas de convívio, sala de refeições, sala de culto e casas de banho (ginásio/hidroterapia)
Tecto, com distribuição por condutas	Casas de banho comuns, massagem, banho vichy e turco

**Tabela 18** - Distribuição dos tipos de VC pelos compartimentos do edifício

A sua selecção foi efectuada para a sua velocidade média, por questões ligadas ao ruído que outras velocidades mais elevadas poderiam provocar, e naturalmente com potências de aquecimento e arrefecimento (total e sensível) suficientes para vencer as cargas térmicas associadas a cada espaço. Os equipamentos seleccionados estão descritos na Tabela 19.

Todas estas unidades serão fornecidas de fábrica completas, testadas e incorporando os componentes necessários ao seu correcto funcionamento, nomeadamente:

- ✓ Ventilador centrífugo de 3 velocidades;
- ✓ Filtro de ar regenerável constituído por fibras sintéticas, de classe mínima G4 e de fácil extracção;
- ✓ Bateria de aquecimento/arrefecimento em tubo de cobre sem costura expandido mecanicamente em alhetas de alumínio;
- ✓ Tabuleiro de recuperação de condensados com bomba incorporada;
- ✓ Sensor de temperatura ambiente;
- ✓ Placa electrónica para ligação ao sistema de controlo centralizado (GTC);
- ✓ Comando à distância com ligação à unidade por cabo.

Todos os componentes dos VC's terão que ficar facilmente acessíveis para se poder proceder a operações de limpeza, manutenção ou reparação dos componentes.

Os VC's serão ainda equipados com os seguintes acessórios:

- ✓ Uma válvula de três vias com actuador “tudo ou nada”;
- ✓ Válvula de seccionamento na entrada e outra na saída da água;
- ✓ Válvula dinâmica de regulação de caudal na saída;
- ✓ Purgador automático de ar.

A bomba de condensados existente em cada VC deverá ser ligada à rede de águas pluviais do edifício através de um tubo de PVC, e nunca à rede de esgotos.

Tipo	Marca	Série	Potência Frigorífica [kW]	Potência Calorífica [kW]
Mural	Saunier Duval	AW	2,20 ; 3,09	2,01 ; 3,81
Vertical de Piso	Lennox	Comfair HC	0,87	1,24
Cassete	Lennox	Comfair CWC	1,87 ; 3,41	2,60 ; 4,05
Tecto	Lennox	Comfair HC	0,87 ; 2,07 ; 2,53 ; 3,11 ; 4,69	1,24 ; 2,53 ; 3,22 ; 3,55 ; 4,94

**Tabela 19** - Equipamentos referência (ou equivalente) – Ventiloconvectores

A definição dos modelos para cada compartimento do edifício está descrita no Anexo digital 4.

### 3.1.6.2.1. Regulação e controlo centralizado dos Ventiloconvectores

A regulação e controlo centralizado foi projectada segundo o software “HIDROFIVE”. Será constituída por um controlador de fan-coil (Figura 14), uma sonda de temperatura, que vai comandar a impulsão do ar primário, e um termostato ambiente multifuncional, que deverá ser instalado na parede (à superfície).



**Figura 14** - Equipamento referência (ou equivalente)

As principais características deste termostato ambiente são:

- Operação
  - ✓ On/Off
  - ✓ Selecção da temperatura
  - ✓ Modo de funcionamento (Calor/Frio)
  - ✓ Velocidade de ventilação
  - ✓ Direcção do ar insuflado (auto swing)
  - ✓ Indicação de anomalias
  - ✓ Programação horária
  - ✓ Test Run
- Visualização
  - ✓ On/Off
  - ✓ Modo de funcionamento
  - ✓ Temperatura seleccionada
  - ✓ Temperatura ambiente (no retorno ou no comando)
  - ✓ Velocidade de ventilação
  - ✓ Direcção do ar insuflado
  - ✓ Programação horário
  - ✓ Indicação de filtro sujo
  - ✓ Indicação de anomalias
  - ✓ Test Run

### **3.1.6.3. Recuperadores de calor estáticos ar-ar**

Foram seleccionados recuperadores de calor estáticos ar-ar para instalar nas zonas de WC, ginásio e zona de hidroterapia, de modo a efectuar-se a renovação de ar nessas zonas, extraíndo o ar viciado e depois insuflar ar novo.

Nas WC's serão instalados estes equipamentos em simultâneo com ventiloconvectores de modo a fazer a renovação de ar e ao mesmo tempo climatizar o espaço.

O permutador do recuperador de calor é de características entálpicas, permitindo a remoção da carga latente do interior e garantindo uma económica de energia, através de um pré-aquecimento/arrefecimento do ar novo.

Em condições de gradiente de temperatura entre o interior e o exterior que não justifique a utilização de recuperação de calor, é possível activar o modo de Bypass, garantindo uma adequada qualidade de ar interior sem desperdício de energia.

A renovação do ar interior é assegurada por ventiladores centrífugos de insuflação e extracção, garantindo uma ligeira sobrepressão no interior de forma a não ocorrer contaminação do espaço a partir de outras zonas.

Estes equipamentos são recuperadores de calor, com permutador de fluxos cruzados, montados em caixas de aço galvanizado plastificado de cor branca, com duplo painel com isolante interior termo acústico não inflamável (M0) em fibra de vidro de 25 mm de espessura, bocas de entrada e saída configuráveis, versões para instalação horizontal e versões para instalação vertical, embocaduras com junta estanque, filtro F7 com baixa perda de carga, fabricados em polipropileno para o transporte de ar e filtro G4, fabricados em fibra de vidro para a extracção de ar. Possuem 2 ventiladores centrífugos de dupla aspiração de accionamento directo com motores eléctricos monofásicos de 3 velocidades, isolamento F, protecção IP 20, caixa de bornes externa com protecção IP 55, isolamento térmico e acústico e bypass externo.

Os equipamentos seleccionados estão descritos na Tabela 20.

Modelo	Marca	Caudal máximo [m <sup>3</sup> /h]	Eficiência sensível [%]	Pressão sonora [dBA]
CADB-D 30 AH	S & P	3100	52,5	52
CADT-D 45 AH BP DP	S & P	4500	54	46
CADB-D 08 AH BP DP	S & P	900	53,9	43
CADB-D 30 AH BP DP	S & P	3100	52,5	52

**Tabela 20** - Equipamentos referência (ou equivalente) – Recuperadores de calor ar-ar

#### 3.1.6.4. Rede Aerólica

Esta especificação cobre todas as condutas destinadas às instalações de AVAC, constituídas por chapas de aço galvanizadas de parede simples helicoidal. Baseadas na caracterização e medição de estanquidade conforme as Normas EN 12237, EN 1507 e EN 12599 relativas aos métodos de ensaio e teste.

As condutas, sem excepção, devem possuir janelas de inspecção, para permitir a sua limpeza e desinfectação periódicas. Estas janelas de limpeza deverão ser cuidadosamente isoladas

contra as perdas térmicas e penetração de humidade do ar exterior. Estão também previstos, registos de regulação de caudal em todas as derivações, estejam ou não assinaladas nas peças desenhadas. Todos esses registos deverão ser do tipo de lâminas de perfil aerodinâmico, podendo apenas ser do tipo “borboleta”, nos casos em que a dimensão maior seja inferior a 300 mm.

O sistema utilizado será do tipo “safe click”.

O método utilizado para o dimensionamento das condutas de insuflação, retorno e extracção de ar foi o método de perda de carga constante e estes cálculos podem ver-se no Anexo N° 4. Resumidamente este método consiste em eleger uma velocidade inicial na conduta principal à saída ou à entrada do ventilador (conforme se trate de insuflação ou extracção, respectivamente), e calcular as dimensões das condutas de modo a terem a mesma perda de carga por unidade de comprimento, ao longo de toda a rede. A eleição da velocidade inicial depende do nível de ruído admissível para o respectivo projecto. Partindo desta velocidade inicial e do caudal posto em jogo, determinou-se a perda de carga por unidade de comprimento a qual se manteve constante durante todo o sistema. A perda de carga total que o ventilador deve vencer, foi calculada a perda de carga no tramo que oferece maior resistência, incluindo as perdas de carga localizadas. Como um sistema deste tipo é difícil de equilibrar, dado que não ter em conta o equilíbrio das quedas de pressão entre as vários tramos do circuito aerólico, e entre cada unidade terminal de insuflação, é absolutamente necessário dotar o circuito de registos de regulação de caudal em todas as derivações.

As condutas de insuflação de ar serão isoladas através de isolamento termo acústico exterior para condutas metálicas circulares de climatização. O isolamento será de manta de lã mineral natural (LMN) revestida numa das suas faces com alumínio reforçado. Será da marca KNAUF INSULATION ou equivalente e terá uma espessura de 50mm.

### **3.1.6.5. Grelhas**

Todas as grelhas deverão ser de modelo de série, da marca TROX (ou equivalente) e terem as dimensões que se apresentam nas Peças Desenhadas, mais concretamente no Anexo digital 4. A sua construção será em chapa de aço galvanizado e serão pintadas em cor a escolher no catálogo RAL.

#### **3.1.6.5.1. Grelhas de insuflação**

As grelhas de insuflação de ar serão reguláveis consoante a altura do ano, aquecimento ou arrefecimento, sem a orientação regulada automaticamente com equipamento mecânico incorporado. Serão munidas de registos de regulação de caudal constituído por lâminas verticais e horizontais reguláveis individualmente.

Nos modelos seleccionados, teve-se em consideração não só os caudais requeridos como também a velocidade, alcance e nível de ruído máximo admissível.

As grelhas serão aplicadas em plenos com dimensões recomendadas pelo fabricante e ligadas às condutas de distribuição do ar por meio de troços flexíveis. A estanqueidade lateral das grelhas será garantida por meio de juntas em mousse de nylon.

Estes equipamentos, como já foi referido, serão da marca TROX (ou equivalente) e modelo TRS-RD.

### 3.1.6.5.2. Grelhas de retorno

As grelhas de retorno/extracção possuirão um registo de regulação de caudal de comando exterior, constituído por lâminas verticais reguláveis individualmente.

Estes equipamentos, como já foi referido, serão da marca TROX (ou equivalente) e modelo TRS-RA.

### 3.1.7. Controlo centralizado da instalação de climatização

Deverá ser instalado um sistema de controlo centralizado da marca de referência dos equipamentos, sendo que no caso foi considerada como referência a LENNOX (ou equivalente). Poderá obviamente em qualquer caso ser proposto equipamento equivalente ao indicado desde que cumpra os pressupostos previstos no presente projecto.

Este tipo de controlo (Figura 15) tem a capacidade de gerir até 60 fan-coils, via bus de comunicação, configurável para 2 tubos só de frio ou só de calor, 2 tubos de frio e calor com ou sem apoio de resistências eléctricas e 4 tubos. Possuirá uma interface homem-máquina (HMI), ACX84.910 para visualização e configuração, com ecrã LCD iluminado, com 8 linhas de texto em vários idiomas. Terá também um adaptador de arrefecedora (relé + bornes), um transformador para o controlador da instalação e uma sonda de temperatura exterior.



Figura 15 - Equipamento referênci (ou equivalente)

Com a utilização deste sistema poder-se-á ter acesso a diversas funções, a partir de cada controlador, tais como:

- ✓ ON/OFF

- ✓ Modo de operação;
- ✓ Set Point da temperatura;
- ✓ Nível de ventilação;
- ✓ Direcção do fluxo do ar
- ✓ Programação Semanal
- ✓ Inibição de funções em controladores remotos;
- ✓ Indicação de filtro sujo/reset;
- ✓ Indicação de Avaria/Histórico.

A descrição mais pormenorizada deste sistema encontra-se no Anexo 12.

### **3.1.8. Sistema de produção de água quente sanitária**

A produção e acumulação de água quente sanitária (AQS) será feita com recurso ao conjunto formado por um sistema solar térmico, depósito AQS e uma bomba de calor.

O sistema solar térmico tem como objectivo a produção e fornecimento de AQS, captando a energia solar e transferindo-a para a água de consumo. Desta forma assegura-se uma economia na utilização dos sistemas tradicionais de produção de AQS, reduzindo a factura energética inerente às fontes de energia convenientes e a dependência das flutuações do preço dos combustíveis fósseis. Os perfis de consumo deste edifício estão descritos nas Figuras 16 e 17 e foram obtidos com base nas necessidades colocadas pelo dono de obra.

A captação de energia solar é realizada por intermédio de colectores solares planos instalados num local com exposição solar adequada, conforme as peças desenhadas e relatório energético (Anexos 2 e 13).

As necessidades de consumo de AQS estão descritas no Anexo 5.

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
08	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
09	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
10	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
14	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
15	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
16	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
17	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
18	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
19	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
20	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
21	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
22	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
23	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
24												
diário	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Figura 16 - Perfil de consumo de segunda a sexta

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
08	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
09	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
10	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
14	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
15	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
16	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
17	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
18	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
19	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
20	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
21	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
22	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
23	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
24												
diário	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Figura 17 - Perfil de consumo ao fim-de-semana

### 3.1.8.1. Colectores Solares

Os colectores ensaiam-se geralmente fazendo-os funcionar num banco de provas sob condições estáveis de radiação solar, velocidade do vento, temperatura do fluido à entrada e temperatura ambiente. Os resultados obtidos nos ensaios apresentam-se nas curvas características determinadas por meio de ensaios em laboratórios acreditados e devem ser fornecidas pelo fabricante e da sua ponderação podemos deduzir a qualidade de um colector do ponto de vista térmico.

Para este edifício foram seleccionados os colectores solares com as características descritas na Tabela 21 e no Anexo 7.

Marca	Modelo	Tipo de colector	Quantidade	Área total (m <sup>2</sup> )
Sonnenkraft	GK10-HP	Plano	7	64,82

**Tabela 21** - Equipamento referência (ou equivalente) - Colectores solares

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.

Desvios até 20° relativos à orientação Sul não afectam gravemente o rendimento e a energia térmica fornecida pelo equipamento solar.

Com um desvio para Leste o período diário de captação adiantar-se-á uma hora por cada 10° de desvio relativamente a um equipamento orientado ao Sul geográfico. Se o desvio é para o Oeste, o período de captação retardar-se-á na mesma proporção, mas com um ligeiro acréscimo no rendimento pelo facto de funcionar mais tempo durante as horas em que a temperatura ambiente é mais elevada.

A escolha deste tipo de colectores (GK-HP) teve como base uma instalação de grande dimensão, sendo então estes colectores os ideais e concebidos para este tipo de edifício/instalação, porque:

- ✓ Pode ser instalado de forma fácil e simples em grandes campos solares;
- ✓ Apresenta uma excelente relação entre o investimento e a energia que produz, ideal para grandes instalações;
- ✓ Atinge rapidamente uma elevada temperatura da água, devido ao absorvedor revestido em vácuo, altamente selectivo.

### 3.1.8.2. Fluido de transferência térmica

O 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 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 a sua concentração na parte superior do circuito, deixando desprotegidos os colectores.

O circuito primário, onde circula o fluido solar que transporta a energia, será em anel fechado, com retorno ao campo de colectores solares. Deverão ser contemplados os correspondentes grupo de circulação e de segurança (incluindo 2 termómetros de esfera, 1 válvula de segurança de 6 bar, 1 bomba de circulação com 3 velocidades, 1 válvula anti-retorno, 1 caudalímetro com regulação de caudal, 1 válvula de enchimento, 1 válvula para esgoto e o vaso de expansão) e demais acessórios para o seu correcto funcionamento, assegurando desta forma o bom funcionamento da instalação. O caudal em circulação deverá ser devidamente ajustado por forma assegurar um rendimento adequado da instalação, em função do número de colectores solares instalados.

O controlo deverá fazer uma medição diferencial dos pontos de maior temperatura do circuito (no avanço dos colectores) e de menor temperatura (no depósito de acumulação), actuando a bomba de circulação somente quando a energia solar disponível assim o justifique, optimizando o rendimento da instalação. Quando a sonda de temperatura no depósito atingir a temperatura máxima pretendida é enviado um impulso para a válvula de 3 vias, que comuta a circulação de fluido para o circuito da piscina, impedindo o sobreaquecimento do depósito.

Será instalado também um circuito de segurança, fazendo um by-pass na saída do campo de colectores. Para o efeito será necessário a actuação de uma válvula de três vias desviadora, a qual desvia o fluido solar quando a sua temperatura atinge o máximo definido, encaminhando-o para um permutador de placas (que estará interligado com o circuito da piscina), fazendo-o retornar ao campo de colectores mais frio. Deste modo evitam-se as situações de sobreaquecimento da instalação, nomeadamente no Verão, em que a radiação solar incidente é maior e os consumos podem ser inferiores aos pressupostos em projecto evitando o sobreaquecimento, evita-se também as altas pressões decorrentes, a ebulição e a separação da água e glicol prejudiciais à instalação, evitando assim intervenções de reparação desnecessárias e o incómodo e custos associados.

### 3.1.8.3. Termoacumuladores AQS

Para o armazenamento de água quente sanitária serão utilizados duas unidades do tipo vertical, com a capacidade de 2000 Litros e 3000 Litros. A necessidade de água quente foi obtida através da equação 9, retirada do livro “Práticas de energia solar térmica”.

$$M_{AQS} = (N^{\circ} \text{ camas (RCCTE)}) \times 55 \left( \frac{\text{Litros água quente}}{\text{cama}} \right) \times 1,2 (\text{Coeficiente segurança}) \quad (9)$$

No cálculo das necessidades de água quente foram utilizados os dados descritos na Tabela 22.

Necessidade de água a uma temperatura de referência de 60°C	
Nº de camas	58
Nº de funcionários	20
<b>TOTAL</b>	<b>78</b>
Necessidades de Consumo [L]	5148

**Tabela 22** - Necessidades de consumo de AQS

Os equipamentos seleccionados, bem como as suas características principais, estão descritos na Tabela 23.

Ref. <sup>a</sup>	Marca	Modelo	Capacidade [Litros]	Peso sem isolamento (kg)	Diâmetro, com isolamento (mm)	Altura, com isolamento (mm)
DAQS. 1	Sonnenkraft	PS-E	3000	295	1490	2535
DAQS. 2	Sonnenkraft	PS-E	2000	245	1300	2410

**Tabela 23** - Equipamentos referência (ou equivalente) - Depósitos AQS

O aquecimento primário de águas quentes sanitárias será efectuado por um permutador de placas ligado ao ramal de fornecimento de água quente do sistema de colectores solares térmicos sendo que a compensação será efectuada pela ligação de um outro permutador de placas ao sistema de aquecimento de água quente, produzida pela bomba de calor.

Na instalação dos termoacumuladores devem constar todos os acessórios necessários ao seu correcto funcionamento e instalação. O isolamento do depósito é constituído por espuma de fibras rígida de poliuretano injectado, livre de CFC. Deve possuir protecção catódica com ânodo de magnésio e uma elevada estratificação térmica.

### 3.1.8.3. Módulo de estratificação

Foi seleccionado um módulo de estratificação da marca Sonnenkraft (ou equivalente), modelo SLM120, de modo a permitir a carga por estratificação dos depósitos de inércia. Este módulo estará interligado com o depósito DAQS. 1, conforme esquema de princípio no Anexo 2 e a sua representação esquemática pode ver-se na Figura 18.

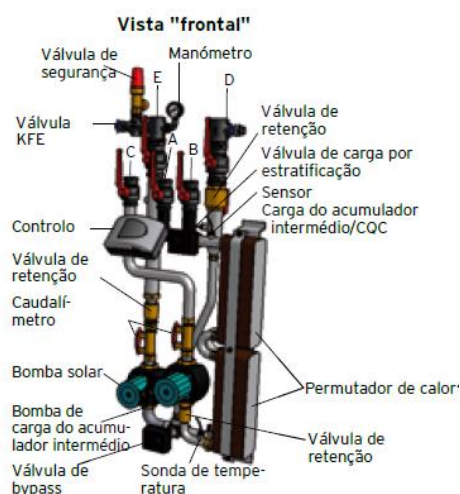


Figura 18 - Representação esquemática do módulo de estratificação

Na Tabela 24 estão descritas as características técnicas do equipamento seleccionado.

Ref. <sup>a</sup>	Potência [kW]	Tubagem (solar/backup)	Limite operacional de pressão (bar)
SLM120	60	2''	6

Tabela 24 - Características técnicas do módulo de estratificação solar

### 3.1.8.4. Módulo de água quente instantânea

Foi seleccionado um módulo de água quente instantânea da marca Sonnenkraft (ou equivalente), modelo FWM30i-CASCATA, de modo a permitir a produção instantânea de AQS a partir dos depósitos DAQS. 1 e DAQS. 2, conforme esquema de princípio no Anexo 2. Este equipamento fará também a recirculação das águas quentes e será através deste

equipamento que será feito o abastecimento da água fria no sistema. Esta água fria de abastecimento será pré-aquecida, através deste módulo, antes de ser inserida no circuito. Este equipamento inclui uma bomba de recirculação de AQS perfeitamente integrada e com comunicação wireless com o módulo FWM30i e a sua representação esquemática pode ver-se na Figura 19.

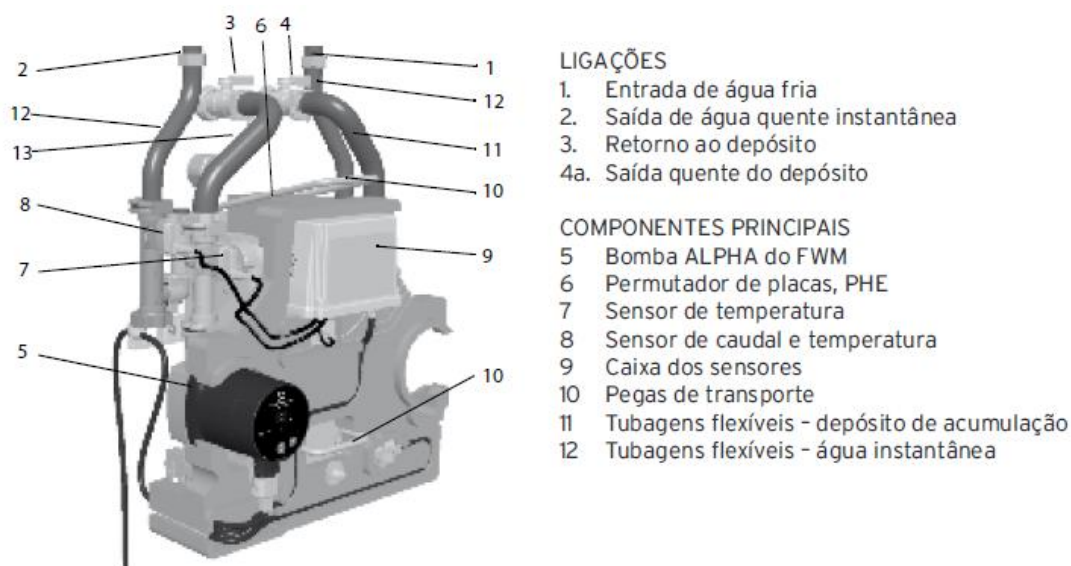


Figura 19 - Representação esquemática do módulo de água quente instantânea

Na Tabela 25 estão descritas as características técnicas do equipamento seleccionado.

Ref. <sup>a</sup>	Quantidade	caudal de pico (65°C) (l/min)
FWM30i	2	2-60

Tabela 25 - Características técnicas do módulo de água quente instantânea

### 3.1.8.5. Vaso de expansão - Depósitos

É obrigatória a instalação de um vaso de expansão para água sanitária entre o grupo de segurança e o circuito secundário do acumulador, para absorver a dilatação da água durante o seu aquecimento.

Para o dimensionamento destes equipamentos recorreu-se à equação 10 obtida através de documento técnico, referente a este tipo de equipamento, da marca Caleffi.

$$V_v = \frac{V_0 \times (e - e_0)}{1 - (P_i/P_f)} \quad (10)$$

Para cada depósito será instalado um vaso de expansão com as características descritas na Tabela 26 (cálculos no Anexo 6) .

Ref. <sup>a</sup>	Tipo	Capacidade [Litros]
VEXP. 1	Fechado	230
VEXP. 2	Fechado	160

**Tabela 26** - Equipamentos referência - Vasos de Expansão AQS

Para além deste equipamento é também obrigatória a instalação de grupo de segurança, filtros, válvulas de retenção, bypass no abastecimento de água ao termoacumulador e demais acessórios necessários de forma a garantir o seu perfeito funcionamento.

### 3.1.8.6. Misturadora termostática

No depósito, a água quente sanitária deverá ser acumulada a 60°C (para tratamento anti-Legionella) e misturada com água fria da rede para consumo a 45°C através de uma misturadora electrónica com desinfecção térmica programável, maximizando o rendimento solar da instalação.

O dimensionamento do equipamento descrito na Tabela 27 e Figura 20 foi feito com base no software para dimensionamento de misturadoras termostáticas e electrónicas disponibilizado no site da marca Caleffi (Anexo 10).

Marca	Tipo	Modelo	Diâmetro
Caleffi	Misturadoras electrónicas com desinfecção térmica	Série 6000	1 ¼"

**Tabela 27** - Equipamento referência - Misturadora termostática



**Figura 20** - Equipamento referência (ou equivalente)

Deverá ser previsto, pelo menos uma vez por dia, que toda a tubagem de distribuição de água quente sanitária seja sujeita a um choque térmico com água quente a uma temperatura não inferior a 60°C.

Para efeito de dimensionamento dos equipamentos integrados no sistema solar térmico de aquecimento de AQS, foram considerados alguns pressupostos conforme descritos no relatório energético no Anexo 13.

### **3.1.8.7. Dimensionamento das tubagens**

Para o dimensionamento da secção da rede de tubagens do circuito primário, a velocidade de circulação do fluido aconselhada será de valores não superiores a 0,6 m/s, de modo a assegurar uma perda de carga linear reduzida na instalação e será calculada recorrendo á equação 11.

$$Q = A \times v = \left( \frac{\pi \times d^2}{4} \right) \times v \quad (11)$$

Onde:

Q - Caudal circulante, m<sup>3</sup>/s.

A – Área, m<sup>2</sup>.

d - Diâmetro interior do tubo, m.

v - Velocidade de passagem, m/s.

A perda de carga, como regra geral, não deve ultrapassar os 40 mm de coluna de água por metro linear de tubo, conforme descrito no manual do SOLTERM.

A tubagem será em cobre e terá o respectivo isolamento necessário (cálculos apresentados no Anexo 11).

### 3.1.8.8. Bomba de circulação - Solar

A bomba de circulação colocar-se-á no tubo de ida para os colectores e na parte mais baixa da instalação, para trabalhar com a altura manométrica adequada. A pressão do circuito primário deve ser de modo a que na aspiração da bomba a pressão nunca seja inferior à pressão atmosférica. A montagem será do tipo "in line" já que o tubo faz de suporte da bomba. Entre a aspiração e a impulsão instala-se em paralelo à bomba um manómetro com duas válvulas de fecho, para medir a perda de pressão do circuito. Esta será a diferença de pressões observadas no manómetro ao abrir e fechar alternadamente as válvulas. Levando esta diferença de pressão observada à curva característica do electro-circulador determinamos o caudal.

A bomba de circulação no circuito primário deverá fornecer um caudal de 25,0 l/h/m<sup>2</sup> por colector (dados obtidos na ficha do painel solar).

Este equipamento foi seleccionado através do fornecedor Sonnenkraft, está incluído no módulo de estratificação solar e as suas características estão descritas na Tabela 24.

### 3.1.8.9. Vaso de expansão – Circuito Solar

O vaso de expansão foi dimensionado para absorver a expansão do fluido solar até à temperatura máxima pretendida no circuito, com auxílio das equações 12 e 13 da revista hidráulica nº 25 da Caleffi (cálculos descritos Anexo 8).

$$V_u = (V_c \times e + V_p) \times k \quad (12)$$

$$V_N = \frac{V_u \times (P_F + 1)}{(P_F - P_i)} \quad (13)$$

O equipamento dimensionado terá as características descritas na Tabela 28.

Ref. <sup>a</sup>	Tipo	Capacidade [Litros]
VEXP. 3	Fechado	150

**Tabela 28** - Equipamento referência (ou equivalente) - Vaso de expansão solar

O vaso de expansão, deverá ser montado, necessariamente, na aspiração da bomba no circuito de ida para os colectores (Figura 21), no entanto, se o espaço impedir a colocação da forma representada na Figura 21 pode instalar-se como mostra a Figura 22. No caso da Figura 22, é absolutamente necessário instalar um purgador automático, antes do vaso de expansão, para poder facilitar a evacuação de gases.

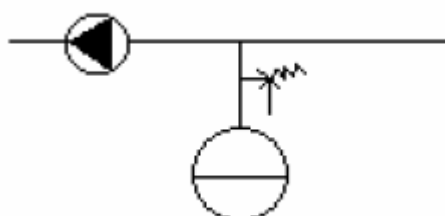


Figura 21 - Montagem de vaso de expansão (1)

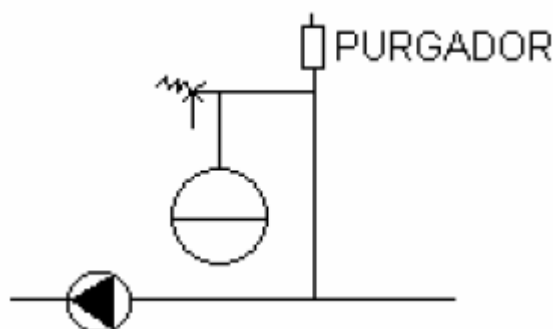


Figura 22 - Montagem de vaso de expansão (2)

### 3.1.8.10. Elementos de fixação e de guia e isolamento das tubagens

Os elementos de fixação e de guia das tubagens serão ignífugos e robustos. Os suportes deverão permitir o movimento da dilatação térmica das tubagens, e deverão ser isolados com o objectivo de evitar pontes térmicas.

Para a fixação de tubagens ao tecto deve ser previsto um número suficiente de apoios de tal maneira que, uma vez isoladas as tubagens, não se produzam flechas superiores ao 0,2%. A fixação deve fazer-se com preferência nos pontos fixos e partes centrais dos tubos. Nos percursos verticais dispõe-se um número de fixações suficiente para manter vertical a tubagem e evitar o seu desvio, ao mesmo tempo que se permite o movimento na direcção do seu eixo.

Nas tubagens pelas quais circula fluido quente aplicar-se-á isolamento térmico, cuja espessura foi determinada de acordo com o Anexo III do Dec. Lei nº 79/2006 de 4 de Abril (RSECE).

A espessura do isolamento mínimo recomendado nas tubagens para um material com a condutibilidade térmica  $K = 0,04 \text{ W / (m } ^\circ\text{C)}$ , será o apresentado na Figura 23. Quando as tubagens estiverem instaladas no exterior, às espessuras é adicionado como mínimo 10mm para os casos de fluidos quentes e frios.

Dimensões: Diâmetros Internos de 6mm a 168mm, Comprimento de 2m e Espessuras técnico-crescentes D, F, H, M, R e T

Tubulação em Cobre Cu		Tubulação em Ferro Fe		Tubos AF/Armaflex®	D 6,0 - 7,5 mm		F 9,0 - 12,0 mm		H 13,0 - 16,0 mm		M 19,0 - 26,0 mm		R 25,0 - 32,5 mm		T 32,0 - 45,0 mm	
Ø Externo mm	Ø Nominal Polegadas	Ø Nominal Polegadas	Ø Externo mm	Diâmetro Interno Min. - Máx. (mm)	Ref.	Espessura mm	Ref.	Espessura mm	Ref.	Espessura mm	Ref.	Espessura mm	Ref.	Espessura mm	Ref.	Espessura mm
6	1/4	-	-	7,0 - 8,5	D-06	6,0	F-06	9,0	H-06	13	M-06	19				
10	3/8	1/8	10,2	11,0 - 12,5	D-10	6,5	F-10	9,0	H-10	13	M-10	19				
12	1/2	-	-	13,0 - 14,5	D-12	7,0	F-12	9,5	H-12	13	M-12	19	R-12	25		
15	5/8	1/4	13,5	16,0 - 17,5	D-15	7,0	F-15	9,5	H-15	13	M-15	19	R-15	25	T-15	32
18	3/4	3/8	17,2	19,0 - 20,5	D-18	7,0	F-18	10	H-18	13	M-18	19	R-18	25	T-18	32
22	7/8	1/2	21,3	23,0 - 24,5	D-22	7,5	F-22	10	H-22	13	M-22	20	R-22	25	T-22	32
25	1	-	-	26,0 - 27,5	D-25	7,5	F-25	10,5	H-25	13	M-25	20,5	R-25	25	T-25	32
28	1 1/8	3/4	26,9	29,0 - 30,5	D-28	7,5	F-28	10,5	H-28	13,5	M-28	21	R-28	25	T-28	33,5
32	1 1/4	-	-	33,0 - 35,0	-	-	-	-	-	-	M-32	21,5	R-32	27		
35	1 3/8	1	33,7	36,0 - 38,0	-	-	F-35	11	H-35	14	M-35	21,5	R-35	27	T-35	35
38	1 1/2	-	-	39,0 - 41,0	-	-	-	-	-	-	M-38	22	R-38	27		
42	1 5/8	1 1/4	42,4	43,5 - 45,5	-	-	F-42	11	H-42	14,5	M-42	22	R-42	27	T-42	36,5
48	1 7/8	1 1/2	48,3	49,5 - 51,5	-	-	F-48	11	H-48	14,5	M-48	22,5	R-48	27,5	T-48	37,5
54	2 1/8	-	-	55,0 - 57,0	-	-	F-54	11,5	H-54	14,5	M-54	23	R-54	28,5	T-54	38
60	2 3/8	2	60,3	61,5 - 63,5	-	-	F-60	11,5	H-60	15	M-60	23,5	R-60	29	T-60	39
64	2 1/2	-	-	65,0 - 67,5	-	-	F-64	11,5	H-64	15	M-64	23,5	R-64	29	T-64	39,5
76,2	3	2 1/2	76,1	77,0 - 79,5	-	-	F-76	11,5	H-76	15	M-76	24	R-76	30	T-76	40,5
80	3 1/8	-	-	81,0 - 84,0	-	-	F-80	11,5	H-80	15,5	M-80	24,5	R-80	30,5	T-80	41
88,9	3 1/2	3	88,9	90,5 - 93,5	-	-	F-89	11,5	H-89	15,5	M-89	24,5	R-89	30,5	T-89	41,5
101,6	4	3 1/2	101,6	105,0 - 108,0	-	-	F-102	11,5	H-102	15,5	M-102	25	R-102	31,5	T-102	42,5
		4	114,3	116,0 - 120,0	-	-	F-114	12	H-114	16	M-114	25,5	R-114	31,5	T-114	43
		5	139,7	142,0 - 146,0	-	-	F-140	12	H-140	16	M-140	26	R-140	32	T-140	44,5
		-	-	162,0 - 167,0	-	-	-	-	H-160	16	M-160	26	R-160	32,5	T-160	45
		6	165,1	170,0 - 176,0	-	-	-	-	-	-	M-168	26	R-168	32,5	T-168	45

Tolerância na espessura: ± 1,0 mm (D), ± 1,5 mm (F), ± 1,5 mm (H), ± 2,5 mm (M), ± 2,5 mm (R), ± 3,0 mm (T)  
Tolerância no comprimento: ± 1,0%

Figura 23 - Propriedades dos isolamentos AF/Armaflex

Para o presente projecto, a espessura mínima do isolamento será a que se encontra descrita na Tabela 29.

Circuito	Tipo de Tubo	Diâmetro do Tubo [mm]	Espessura do isolamento [mm]
Retorno	Cobre	54	40,5
Bateria 1 → Bateria 2	Cobre	35	35
Ida	Cobre	54	40,5

Tabela 29 - Tubagens do circuito solar

### 3.1.8.11. Termóstato diferencial – controlo automático

Os electro-circuladores devem funcionar só quando os colectores puderem ter um ganho útil e parar quando o rendimento for negativo, isto é, 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 termóstato 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 termóstato 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).

Pode ver-se na Figura 24 o esquema realizado através do software SOLTERM, sendo que, na realidade o apoio será feito com uma bomba de calor que tem como fonte de energia a electricidade.

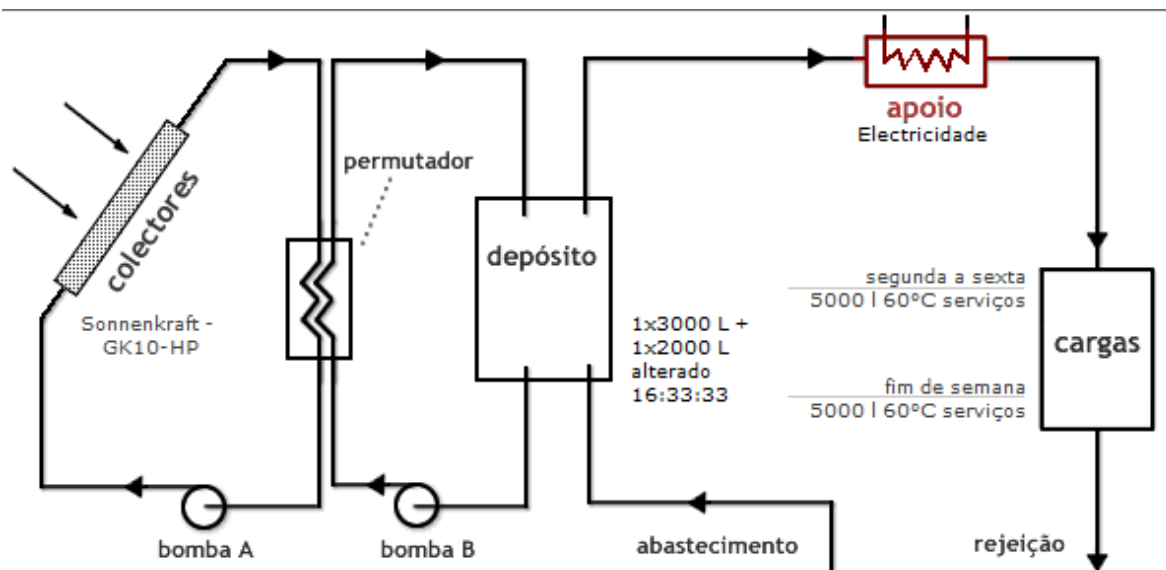


Figura 24 - Esquema tipo solar (SOLTERM)

Os dispositivos de controlo dos circuladores, 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), otimizando 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.

Foi seleccionado um equipamento de referência, conforme descrito na Tabela 30.

Ref. <sup>a</sup>	Marca	Modelo
CRT. 1	Sonnenkraft	SKSC2HE

**Tabela 30** - Equipamento referência (ou equivalente) - Central solar

### 3.1.8.12. Válvulas de segurança

A actual legislação exige a colocação de válvulas de segurança em todos os circuitos submetidos a pressão e a variações de temperatura. As válvulas de segurança actuam como elementos limitadores da pressão dos circuitos e são imprescindíveis para proteger os elementos da instalação.

A pressão de regulação da válvula, quer dizer, a pressão à qual a válvula actua deixando escapar o fluido, deve ser inferior à pressão que possa suportar o elemento mais delicado da instalação, habitualmente o depósito de expansão fechado ou o próprio colectores.

Para circuitos primários os tamanhos habituais são de 1/2", 3/4" e 1". Para circuitos secundários, com uma capacidade superior, a evacuação em caso de sobre-pressão deve ser mais rápida e, portanto, as válvulas devem ser maiores.

### 3.1.8.13. Purgadores

O purgador é o elemento encarregue de evacuar os gases, geralmente ar, contidos no fluido térmico.

A presença de gases no circuito pode dar lugar à formação de bolsas que impeçam a correcta circulação do fluido térmico e provocar corrosões nos tubos dos colectores.

### 3.1.8.14. Válvulas anti-retorno

Uma válvula anti-retorno permite a passagem do fluido num sentido, impedindo-o em sentido contrário.

### **3.1.8.15. Sistema de Anel de retorno AQS**

Com este sistema de anel de retorno permite-nos ter em circulação a água quente e, por isso, impedir que a mesma, estagnando, arrefeça. Deste modo, é possível assegurar uma temperatura da água quase sempre constante mesmo aos aparelhos mais afastados.

Os caudais para a recirculação dependem de três factores: a extensão da rede, o seu isolamento, o gradiente térmico admitido entre o início da rede e o aparelho mais desfavorecido. Com esse gradiente térmico igual a 2°C e um isolamento “normal”, os caudais de recirculação podem ser determinados considerando valores de 5 l/h para cada metro de tubo que compõe a rede de distribuição de água quente.

O dimensionamento desta instalação não consta neste projecto, pois não faz parte dos objectivos inicialmente propostos, no entanto o grupo de módulo de água quente instantânea inclui uma bomba de recirculação, conforme descrito no ponto 3.1.8.4. A bomba estará ligada 24h com um controlo termostático. Poderá ser programada manualmente.

### **3.1.8.16. Análise energética**

O balanço energético foi efectuado com recurso ao software SOLTERM, obtendo-se os valores descritos na Figura 25.

Concelho de Coimbra  
 Latitude 40,2°N (nominal)  
 Longitude 8,4°W (nominal)  
 TRY SNCE 2006  
 -  
 Inclinação do painel: 35°  
 Azimute do painel: 0°  
 Obstruções do horizonte: 3°(por defeito)

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

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	56	90	,	3711	8661	4950
Fevereiro	74	106	,	4167	7777	3610
Março	108	131	,	4978	8521	3543
Abril	148	160	,	5921	8040	2119
Maio	184	179	,	6621	8076	1455
Junho	191	178	,	6560	7559	999
Julho	211	202	,	7077	7592	516
Agosto	193	201	,	7323	7590	267
Setembro	136	160	,	6212	7474	1262
Outubro	102	141	,	5448	8024	2577
Novembro	66	108	,	4330	8156	3826
Dezembro	53	91	,	3716	8656	4940
Anual	1523	1748	,	66064	96126	30063

Fracção solar: 68,7%  
 Produtividade: 1019 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

Figura 25 - Balanço energético do sistema solar térmico

### 3.1.8.17. Esquema de princípio

Apresenta-se na Figura 26 o esquema de princípio referente ao sistema solar térmico. Este esquema poderá ver-se com mais pormenor no Anexo 2.

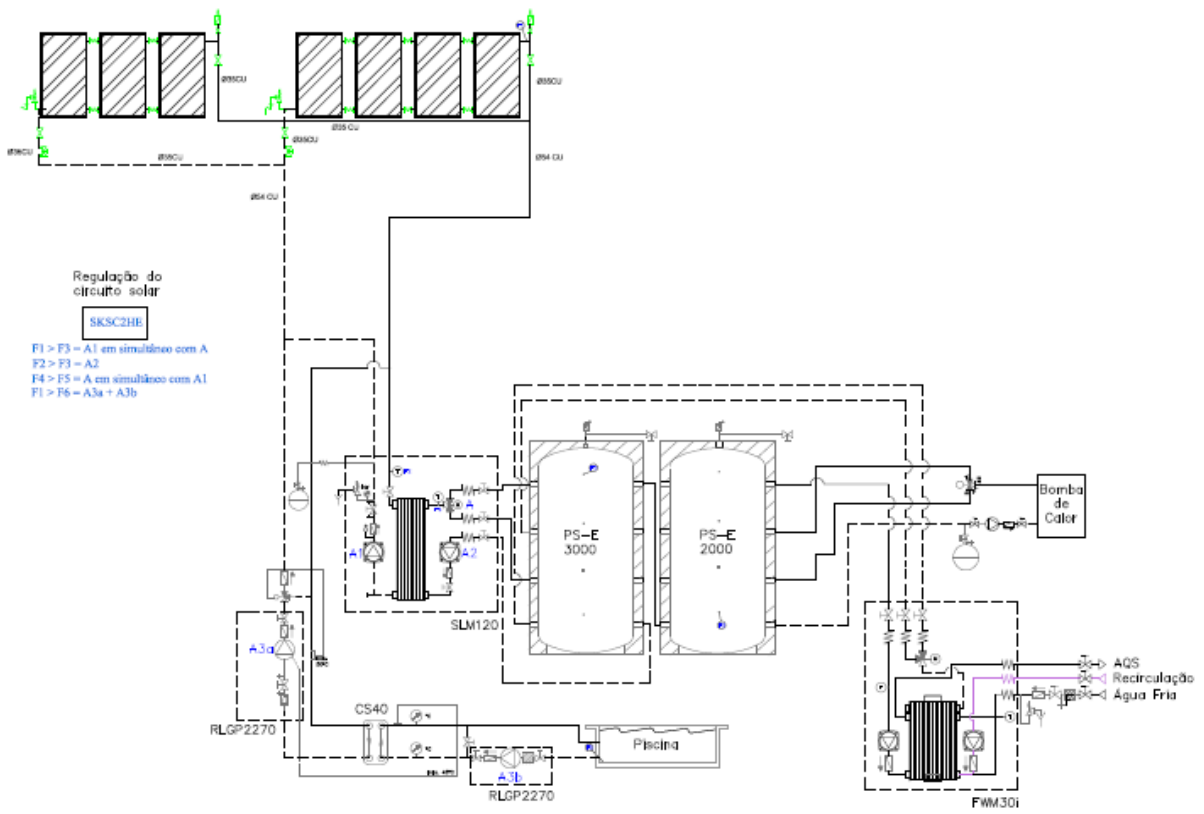


Figura 26 - Esquema de princípio do sistema solar térmico

## 4. SISTEMA DE AQUECIMENTO DA PISCINA

O sistema solar para o aquecimento da água da piscina é constituído, basicamente, por dois circuitos hidráulicos que trocam energia térmica entre si no permutador de placas.

Para o dimensionamento do permutador de placas recorreu-se á equação 15 da revista Hidráulica nº 25 da Caleffi.

$$Q = q \times S \quad (15)$$

Q – Potência térmica do permutador (kW)

q – Potência específica de projecto (kW/m<sup>2</sup>)

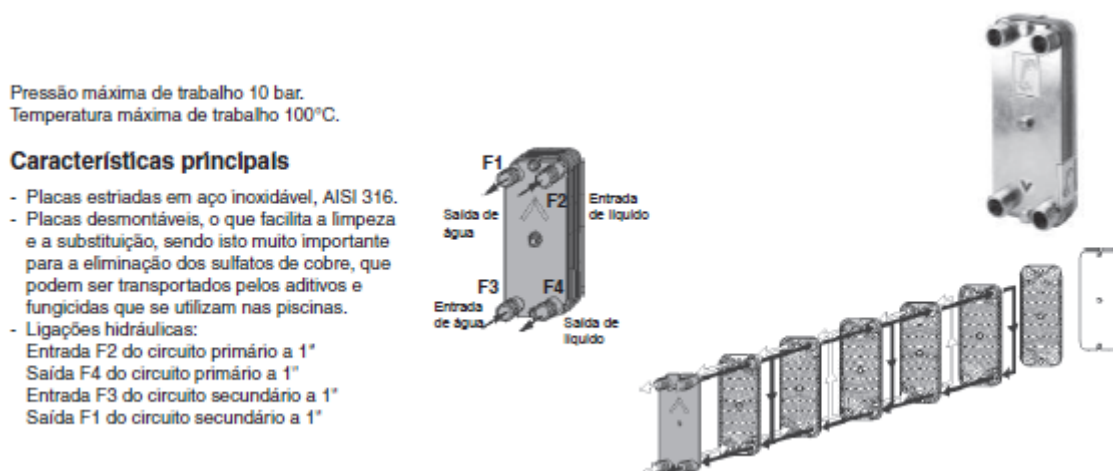
S – Superfície útil dos painéis (m<sup>2</sup>)

Sendo que a potência específica de projecto é 750 W/m<sup>2</sup>(dados INETI) podemos calcular a potência necessária para o permutador. Caso se pretenda calcular a potência para o pior caso, então utiliza-se 1000 W/m<sup>2</sup>, de modo a salvaguardar a instalação. Neste caso não será necessário, pois prevê-se que nunca sejam obtidos os 1000 W/m<sup>2</sup>.

Foi dimensionado (Anexo 9) o equipamento com as características descritas na Tabela 31 e na Figura 27.

Ref. <sup>a</sup>	Marca	Modelo	Potência [kW]
PP. 1	BaxiRoca	R144940043 - M10H de 40	51,73

**Tabela 31** - Equipamento referência (ou equivalente) - Permutador de placas da piscina



**Figura 27** - Equipamento referência - Permutador de placas da piscina

#### 4.1. Esquema de princípio

Apresenta-se na Figura 28 o esquema de princípio referente ao sistema de aquecimento da água da piscina. Este esquema poderá ver-se com mais pormenor no Anexo 2.

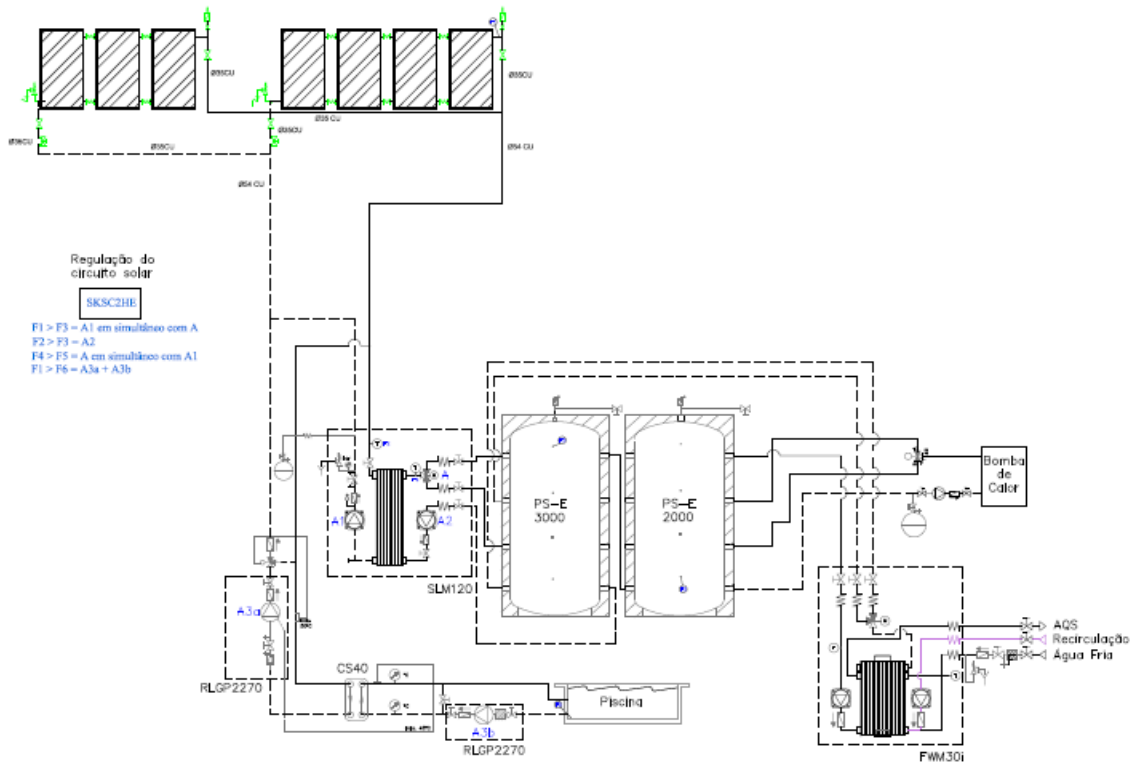


Figura 28 - Esquema de princípio do sistema de aquecimento da água da piscina através dos painéis solares térmicos

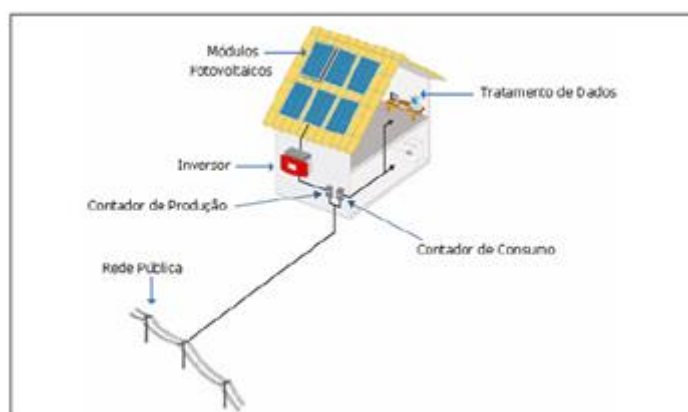
## 5. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAÍCO

Outro dos objectivos propostos inicialmente para este trabalho, foi o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico de ligação/venda à rede.

É importante um sistema deste tipo, principalmente em edifícios como este, pois vai ajudar, de certa maneira, a diminuir o custo mensal em energia eléctrica, consumido tanto equipamentos de climatização como por todos os equipamentos consumidores de energia eléctrica instalados no edifício.

Para este caso escolheu-se um sistema de Microprodução, ou seja, um sistema de produção de energia em pequena escala. A energia produzida pelos painéis fotovoltaicos vai ser compatibilizada com a energia da rede através de um inversor. Esta energia é depois contabilizada num contador de produção que mede toda a energia produzida que é injectada na rede. Este contador transmite via modem a energia produzida a ser creditada na conta pessoal. Desta forma energia produzida pode ser vendida a um distribuidor de electricidade.

Na Figura 29 pode ver-se um esquema tipo de uma instalação de um sistema solar fotovoltaico.



**Figura 29** - Esquema tipo de instalação de sistema solar fotovoltaico

Os requisitos para ser microprodutor encontram-se no Decreto-Lei nº 118-A/2010 que simplifica o regime jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de microprodução.

A energia produzida pode ser vendida á rede de acordo com os regimes remuneratórios actuais: regime bonificado e regime geral. Neste caso em concreto foi escolhido o regime geral. A energia produzida vai ser remunerada segundo as condições de mercado existentes. O preço de venda de energia à rede pública é igual ao preço de compra: preço

por kWh definido pela ERSE - Entidade Reguladora do Sector Energético e aplicável pela EDP Serviço Universal - Comercializador de Último Recurso.

O dimensionamento do inversor foi feito recorrendo ao software Sunny Design 3 (Anexo 14).

## 5.1. Dimensionamento do sistema

### 5.1.1. Dados do projecto

- Local de instalação
  - ✓ Região: Sul da Europa
  - ✓ País: Portugal
  - ✓ Local: Porto (local mais próximo que o software tem)
  - ✓ Nível de tensão: Baixa tensão
  - ✓ Tensão de rede: 230 V (230 V / 400 V)
  
- Configurações da temperatura
  - ✓ A temperatura mínima é 1 °C;
  - ✓ A temperatura de dimensionamento é 19 °C;
  - ✓ A temperatura máxima é 34 °C.
  
- Ligação do inversor á rede
  - ✓ Baixa tensão com uma tensão de rede de 230V (230V / 400V);
  - ✓ A tolerância de tensão é +/- 10 %;
  - ✓ Injecção trifásica na rede.
  
- Gerador fotovoltaico

Foi seleccionado um gerador fotovoltaico, através do software, com as características descritas na Tabela 32.

Fabricante	Módulos fotovoltaicos	Nº de módulos fotovoltaicos	Potência de pico [kWp]
SMA	SMA Demo Poly 240	21	5,04

**Tabela 32** - Equipamento referência (ou equivalente) – Gerador fotovoltaico

O tipo de montagem será livre, com uma inclinação de 30°.

- Inversor

O inversor será do tipo SB 5000TL-21 com um limite de potência activa CA de 5,00 kW. Na Figura 30 pode ver-se todos os parâmetros referentes ao dimensionamento do inversor.

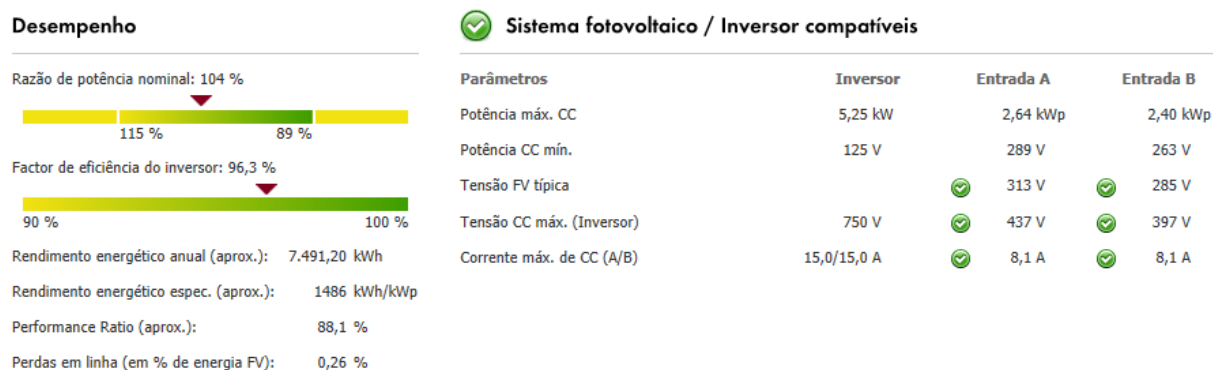


Figura 30 - Dados referentes ao estudo do inversor

Este inversor terá um equipamento de gestão, modelo Sunny Home Manager. Para a gestão do acumulador e para a limitação da injeção de potência activa através do Sunny Home Manager, é necessário que estejam ligados um contador de venda e um contador de compra ou um SMA Energy Meter.

- Dimensionamento dos cabos

Na Figura 31 encontra-se um esquema, simplificado, de uma instalação solar fotovoltaica, de modo a perceber-se a localização dos cabos a dimensionar.



Figura 31 - Esquema simplificado de montagem do sistema fotovoltaico

### ✓ Cabos de CC

Os cabos CC serão aqueles que ligam os painéis solares fotovoltaicos ao inversor. Pode ver-se na Figura 32 o dimensionamento dos mesmos.

	Material do cabo	Comprimento simples por string	Secção por String	Corrente	Tensão	Queda de tensão	Potência dissipada rel.	
▼ Lar_de_Cernache - Microprodução (Regime Geral)							0,36 %	
▼ Projecto parcial 1							0,36 %	
1 x SB 5000TL-21	A	Cobre	10,00 m	2,5 mm <sup>2</sup>	8,11 A	325,6 V	1,1 V	0,34 %
	B	Cobre	10,00 m	2,5 mm <sup>2</sup>	8,11 A	296 V	1,1 V	0,38 %

**Figura 32** - Dimensionamento dos cabos CC

### ✓ Cabos de CA1

Os cabos CA serão aqueles que ligam do inversor à rede. Pode ver-se na Figura 33 o dimensionamento dos mesmos.

	Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Corrente	Tensão	Queda de tensão	Potência dissipada rel.
▼ Lar_de_Cernache - Microprodução (Regime Geral)							0,79 %
▼ Projecto parcial 1							0,79 %
1 x SB 5000TL-21	Cobre	10,00 m	4 mm <sup>2</sup>	21,15 A	1~230 V	1,8 V	0,79 %

**Figura 33** - Dimensionamento dos cabos CA

Na Figura 34 está descrito os dados referentes ao total dos cabos da instalação.

	CC	CA1	Total
Potência dissipada no modo nominal	18,10 W	38,47 W	56,57 W
Potência dissipada rel. no modo nominal	0,36 %	0,79 %	1,15 %
Comprimento total do cabo	40,00 m	10,00 m	50,00 m
Secções dos cabos	2,5 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup> 4 mm <sup>2</sup>

**Figura 34** - Dados da cablagem da instalação fotovoltaica

- Planeamento da monitorização do sistema

Serão necessários produtos de comunicação (hardware e software) para monitorização do sistema, para gestão do sistema e para visualização de dados importantes do sistema.

Requisitos:

- ✓ Optimizar o autoconsumo
- ✓ Análise do consumo e controlo de equipamentos consumidores
- ✓ Monitorização do sistema por internet e visualização de dados do sistema
- ✓ Arquivamento online



## 6. CUSTOS

Neste capítulo vai ser feita uma análise aos custos das instalações de climatização, sistema solar térmico e sistema solar fotovoltaico. Poderá ver-se em mais pormenor o orçamento da instalação de climatização no Anexo digital 6.

### 6.1. Sistema de climatização

Na Tabela 33 está descrito, sumariamente, o orçamento do sistema de climatização do edifício em causa.

	DESCRIÇÃO	IMPORTÂNCIA
1.	<b>Instalações</b>	
1.1	<b>Aquecimento, climatização e A.Q.S.</b>	
1.1.1	Sistema de chão radiante, composto por colectores, tubagem do sistema radiante, sistema de regulação e controlo e todos os acessórios necessários à sua instalação	138.988,26 €
1.1.2	Sistema de ventiloconvectores, composto por ventiloconvectores, sistema de regulação e controlo e todos os acessórios necessários à sua instalação	90.815,13 €
1.1.3	Condutas, grelhas e acessórios	22.714,13 €
1.1.4	Recuperador de calor ar-ar	28.485,38 €
1.1.5	Tubagem de distribuição de água fria e quente, incluindo isolamento	76.783,19 €
1.1.6	Bombas de circulação	11.171,01 €
1.1.7	Colectores principais de Ida e Retorno incluindo acessórios	743,42 €
1.1.8	Bomba de calor	38.947,35 €
1.1.9	Sistema de controlo centralizado	48.529,92 €
	<b>TOTAL</b>	<b>457.177,79 €</b>

**Tabela 33** - Orçamento do sistema de climatização

Após uma análise aos dados descritos na Tabela 33, podemos dizer que o sistema de chão radiante e o sistema de ventiloconvectores, incluindo os recuperadores de calor ar-ar, têm valores semelhantes, isto é, custo praticamente igual na instalação. Pode-se dizer também que as tubagens são uma parte da instalação que também têm muita relevância.

## 6.2 Sistema de painéis solares térmicos

Na Tabela 34 está descrito o orçamento do sistema solar térmico, incluindo o aproveitamento para aquecimento da água da piscina.

Descrição	Un.	Qt.	Preço Unitário	Preço Total
<b>1. Sistema Solar Térmico</b>				
Colector GK10-HP	un.	7	3.306,00 €	23.142,00 €
Sistema de montagem (estrutura) para telhado plano, inclinada a 30°	un.	7	348,00 €	2.436,00 €
Conector flexível para GK10-HP, contém uma ligação flexível com 100 mm com rosca de 1 1/4" fêmea com 2 juntas planas KLINGER32	un.	5	69,10 €	345,50 €
Kit de ligação para GK10-HP, rosca de 1 1/4" fêmea e junta de 28 mm	un.	4	17,60 €	70,40 €
Bainha de imersão de 11/4", para medição exacta da temperatura (1 unid. por campo solar)	un.	1	130,00 €	130,00 €
Módulo de estratificação SLM120 para superfície bruta de colectores de aprox. 50 a 120m <sup>2</sup> , 60 kW	un.	1	10.473,00 €	10.473,00 €
Módulo de água quente instantânea 2 x FWM30i-CASCATA, incluindo bomba de recirculação de AQS	un.	1	7.738,00 €	7.738,00 €
Controlo de 2 circuitos, 2 saídas de temp. diferencial, 2 saídas para controlo de bombas de alta eficiência (sinal PWM), 4 entradas de sonda e 1 entrada para sensor GF Vortex, 10 esquemas de instalação seleccionáveis (incluído na entrega: 4 sondas) e ligação V-Bus	un.	1	178,00 €	178,00 €
Anticongelante para colectores planos	Lt.	50	8,46 €	423,00 €
Vaso de expansão solar de 150 Litros	un.	1	700,00 €	700,00 €
Depósito AQS da marca Sonnenkraft, modelo PS2000E de 2000 Litros	un.	1	1.935,00 €	1.935,00 €
Isolamento para PS2000E. Isolamento com 100 mm de espessura	un.	1	939,00 €	939,00 €
Depósito AQS da marca Sonnenkraft, modelo PS3000E de 3000 Litros	un.	1	2.629,00 €	2.629,00 €
Isolamento para PS3000E. Isolamento com 120 mm de espessura	un.	1	1.051,00 €	1.051,00 €
Vaso de expansão AQS de 230 Litros	un.	1	651,00 €	651,00 €

Vaso de expansão AQS de 160 Litros	un.	1	509,00 €	509,00 €
Misturadora electrónica com desinfecção térmica da Caleffi série 6000 de 1 1/4"	un.	1	1.055,83 €	1.055,83 €
Tubo de Cobre				
35 mm	ml.	6	8,22 €	49,32 €
54 mm	ml.	218	23,67 €	5.160,06 €
Isolamento				
9 x 35 mm	ml.	6	1,98 €	11,88 €
9 x 54 mm	ml.	218	3,07 €	669,26 €
<b>2. Sistema de aproveitamento da energia solar para a piscina</b>				
Grupo de circulação de 1 linha, isolado, composto por: bomba solar, válvula esférica de retorno com válvula de retenção integrada, válvula de segurança de 6 bar, termómetro e manómetro, 1 corpo de lavagem e enchimento, caudalímetro de 1-13 l/min, kit de conexão ao vaso de expansão, conexões com união de compressão para cu22, montagem na parede.	un.	1	382,00 €	382,00 €
Permutador de placas da marca BaxiRoca, modelo R144940043 - M10H de 40 placas desmontáveis	un.	1	553,30 €	553,30 €
			<b>TOTAL :</b>	<b>61.613,55 €</b>

Tabela 34 - Orçamento do sistema solar térmico

### 6.2.1. Retorno do sistema solar térmico

Recorrendo ao software SOLTERM obteve-se a análise económica do sistema solar térmico. Na Figura 37 estão descritos os parâmetros operacionais e económicos do sistema.

Para a análise do retorno deste tipo de sistema não foram contabilizados alguns equipamentos, como os depósitos, a misturadora termostática, o módulo FWM30i, os vasos de expansão e todo o sistema de aproveitamento da energia solar para a piscina. Deste maneira pode ser feita uma análise de modo a perceber-se se a aplicação deste sistema é rentável ou se a melhor opção será fazer as AQS através da bomba de calor. De notar ainda que, no caso de as AQS serem produzidas apenas pela bomba de calor a potência desta teria de ser superior em aproximadamente 12 kW (Energia de carga – dados SOLTERM).

---

 -----
 

Parâmetros operacionais e económicos do sistema

 -----

Área de captação: 64,8 m<sup>2</sup>

Tempo de vida da instalação: 20 anos  
 Renovação de componentes: no 11º ano

Componente fixa do preço: 20646 €  
 Componente variável do preço: 357 €/m<sup>2</sup> de colector  
 Preço total do sistema: 43787 €

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

Fonte de energia convencional: Electricidade  
 Preço da energia convencional: 0,049 €/kWh (0,049 €/kWh)  
 Energia convencional deslocada: 66064 kWh/ano

**Figura 37** - Parâmetros operacionais e económicos do sistema

Na Figura 38 faz-se uma análise financeira, para 20 anos, com todos os custos do sistema.

---

 -----
 

Cenário financeiro sobre 20 anos

 -----

Taxa de inflação média: 1,0 % ao ano  
 Deriva média do preço da energia: 5,0 % ao ano (acima da inflação)  
 Rendimento seguro de aplicação alternativa: 2,0 % ao ano

---

 -----
 

Síntese de resultados da análise

 -----

Opção: aplicação num sistema solar

 -----

Investimento:	-43787 €
Custos energéticos evitados:	119677 €
Valor residual em fim-de-vida:	2671 €
Reinvestimentos:	17823 €
Manutenção:	-9738 €
Reparações:	-2443 €
Benefícios totais:	84204 €

Opção: aplicação financeira segura alternativa

 -----

Investimento:	-43787 €
Restituição do capital:	43787 €
Rendimento:	21278 €
Benefícios totais:	65065 €

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

**Figura 38** - Análise financeira do sistema solar térmico

Por fim, na Figura 39 faz-se um balanço anual de modo a obter o período de retorno deste sistema.

Análise de rentabilidade

---

	Valor actualizado líquido	Rentabilidade média anual
Sistema solar:	25223 €	3,2%
Aplicação alternativa:	9537 €	2,0%

Avaliação: Investimento em energia solar compensador nestas condições e atractivo (melhor que aplicação alternativa)

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

---

Ano	Preço do sistema	Incentivos	Manutenção	Reparações	Energia evitada	Salvados	Balanço anual	Balanço acumulado simples (**)
0	-43787 €						-43787 €	-43787 €
1			-442 €		3253 €		2811 €(*)	-40976 €
2			-447 €		3449 €		3002 €(*)	-37974 €
3			-451 €		3655 €		3204 €(*)	-34769 €
4			-456 €		3875 €		3419 €(*)	-31350 €
5			-460 €		4107 €		3647 €(*)	-27703 €
6			-465 €		4354 €		3889 €(*)	-23814 €
7			-469 €		4615 €		4146 €(*)	-19669 €
8			-474 €		4892 €		4418 €(*)	-15251 €
9			-479 €		5185 €		4707 €(*)	-10544 €
10			-484 €		5497 €		5013 €(*)	-5532 €
11			-489 €	-2443 €	5826 €		2895 €(*)	-2636 €
12			-493 €		6176 €		5682 €(*)	3046 €
13			-498 €		6546 €		6048 €(*)	9094 €
14			-503 €		6939 €		6436 €(*)	15530 €
15			-508 €		7356 €		6847 €(*)	22377 €
16			-513 €		7797 €		7283 €(*)	29661 €
17			-519 €		8265 €		7746 €(*)	37407 €
18			-524 €		8761 €		8237 €(*)	45644 €
19			-529 €		9286 €		8757 €(*)	54401 €
20			-534 €		9843 €	2671 €	11981 €	66382 €(***)

---

(\*) disponível para reinvestimentos a receber no final do período em análise  
(\*\*) i.e. balanço excluindo os reinvestimentos  
(\*\*\*) adicionar 17823 € resultado de reinvestimentos

Valor final do investimento no sistema solar a preços correntes: 84204 €  
Valor actualizado líquido (VAL): 25223 €

Figura 39 - Balanço anual do sistema solar térmico

Após a análise dos dados descritos, na análise económica feita pelo software SOLTERM, pode-se constatar que a recuperação do capital é ao fim de 17 anos, o que torna esta aplicação viável.

### 6.3 Sistema de painéis fotovoltaicos

Segundo o artigo 10º do Dec. Lei nº 363 de 2007, para os microprodutores de energia em regime geral, a tarifa de venda de electricidade é igual ao custo da energia do tarifário aplicável pelo comercializador de último recurso do fornecimento à instalação de consumo.

Tendo isto em conta, contabilizamos a energia produzida pelo sistema como demonstra a Tabela 35.

Rendimento energético anual (aprox.) [kWh]	Preço da electricidade [€]	Retorno anual [€]
7.491,20	0,167	1.251,03

**Tabela 35** - Retorno anual do sistema solar fotovoltaico

Na Tabela 36 está descrito o orçamento referente ao sistema solar fotovoltaico.

Descrição	Un.	Qt.	Preço Unitário	Preço Total
1. Sistema Solar Fotovoltaico				
Módulos fotovoltaicos - SMA SMA Demo Poly 240	un.	21	240,00 €	5.040,00 €
Estrutura de fixação tipo terraço em alumínio para os 22 módulos	vg.	1	2.000,00 €	2.000,00 €
Cabo AC+fichas MC4	vg.	1	325,00 €	325,00 €
Inversor SMA SB5000	un.	1	2.100,00 €	2.100,00 €
Quadros de protecções AC/AC	vg.	1	650,00 €	650,00 €
Contador microprodução+módulo GSM	vg.	1	425,00 €	425,00 €
Portinhola microprodução PC/P100	vg.	1	250,00 €	250,00 €
			<b>TOTAL :</b>	<b>10.790,00 €</b>

**Tabela 36** - Orçamento do sistema solar fotovoltaico

### 6.3.1. Retorno do sistema solar fotovoltaico

O retorno anual deste sistema é de aproximadamente 1.251,03 €, sendo que o total do investimento foi de 10.790,00 €, conforme descrito nas Tabelas 35 e 36. Sendo assim, pode calcular-se o período de retorno (simplificado) deste sistema, conforme está descrito na Tabela 37.

Total do investimento [€]	Retorno anual [€]	Recuperação de capital (anos)
10.790,00	1.251,03	8.6

**Tabela 37** - Período de retorno do sistema solar fotovoltaico

O sistema irá estar totalmente pago ao fim de 8 anos e 6 meses (cálculos feitos para o mesmo preço da electricidade), ou seja, nessa altura o sistema irá estar a dar lucro.

Para um sistema deste tipo e desta dimensão, o período de retorno é razoavelmente pequeno, concluindo-se que é um sistema viável e de todo aconselhável.

## 7. CONCLUSÃO

Este trabalho visou o aprofundamento de matérias leccionadas no âmbito do Mestrado em Instalações e Equipamentos em Edifícios, sendo que é parte integrante dos requisitos necessários para a obtenção de grau de Mestre nesta especialização.

Ao estudar os temas focados neste trabalho, permitiu conhecer melhor os sistemas de climatização, os sistemas de produção de AQS e os sistemas solares térmicos e fotovoltaicos utilizados e concebidos para os edifícios como o que foi estudado neste trabalho. É claro que a concepção destes sistemas e a escolha de equipamentos com elevada eficiência não terá a devida importância se não forem tidas em conta as preocupações a nível construtivo, melhorando a qualidade térmica. Com uma melhoria térmica a nível construtivo poderá assim tirar-se o melhor rendimento de todas os sistemas de climatização instalados nos edifícios, sendo que vai implicar a menores potências nos equipamentos instalados resultando em menores consumos.

Com este trabalho foi possível aprofundar alguns conhecimentos a nível de dimensionamento deste tipo de sistemas, consolidando assim alguns conhecimentos académicos já adquiridos em várias unidades curriculares. A nível de dimensionamento, foram adquiridas competências na escolha de equipamentos de climatização terminais, equipamentos geradores de calor, equipamentos solares, redes hidráulicas de distribuição, grupos de circulação e todos os acessórios inerentes ao bom funcionamento de instalações deste tipo. Também foram adquiridos conhecimentos a nível de cálculo das necessidades de AQS.

É cada vez mais evidente a extrema dependência que é requerida em termos de meios informáticos, no que diz respeito a utilização de softwares de dimensionamento, de cálculo e até de simulação. Neste caso em particular foi especialmente útil devido á complexidade do edifício em estudo.

Numa perspectiva geral, considera-se que foram atingidos todos os objectivos que foram propostos no início deste trabalho, especialmente ao adquirir mais conhecimentos nas áreas estudadas.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

▪ Referência de Livro:

Roriz, Luis (2007). *Climatização – Conceção, Instalação e Condução de sistemas*. Edições ORION, 2ª Edição, Portugal.

Roriz, L., Rosendo, J., Lourenço, F., Calhau, K. (2010). *Energia solar em edifícios*, Edições ORION, Portugal.

Benito, T. Perales (2011). *Práticas de energia solar térmica*, Publindústria, Portugal.

Benito, T. Perales (2011). *Práticas de energia solar fotovoltaica*, Publindústria, Portugal.

▪ Referência de Artigo de Revista:

Giacomini (2004). *Comunicação técnica n° 12-002P*.

Aguiar, R., Encarnação, R. (Versão: 1.11 – 21 Junho 2012). Manual de Instalação e Utilização do software SolTerm.

Energia Solar Térmica (Janeiro de 2004). Manual sobre tecnologias, projecto e instalação.

DGGE / IP.AQSpP (Lisboa, Abril 2004). Guia para Instaladores de Colectores Solares.

▪ Referência de sítio da Internet:

<http://www.uponor.pt/> (consultado em Outubro de 2013).

[http://www.caleffi.pt/caleffi/pt\\_PT/index.sdo](http://www.caleffi.pt/caleffi/pt_PT/index.sdo) (consultado em Outubro de 2013).

[http://www.sanitop.pt/ins\\_contents.aspx?mc1=290&mc2=11621](http://www.sanitop.pt/ins_contents.aspx?mc1=290&mc2=11621) (consultado em Outubro de 2013).

<http://www.solarwaters.pt/aquecimento-central-por-piso-radiante-a-agua> (consultado em Outubro de 2013).

<http://www.solarwaters.pt/sistemas-solares-termicos-combinados#a1> (consultado em Outubro de 2013).

<http://www.baxi.pt/produto/> (consultado em Outubro de 2013).

<https://www.vulcano.pt/consumidor/documentacao/documentacao> (consultado em Outubro de 2013).

<http://www.aguaquentesolar.com/> (consultado em Novembro de 2013).

<http://www.saunierduval.es/documentacion/> (consultado em Outubro de 2013).

<http://www.lennox.com/residential/> (consultado em Outubro de 2013).

<http://www.sonnenkraft.es/?lang=pt> (consultado em Novembro 2013).

<http://www.newenergylabel.com/index.php/pt/home/> (consultado em Dezembro 2013).

<http://www.renovaveisnatura.pt/web/srm/legislacao> (consultado em Dezembro 2013).

<http://www.dgeg.pt/> (consultado em Dezembro 2013).