



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
MECÂNICA

**Sistemas de Climatização e Águas
Quentes Sanitárias com Aproveitamento
de Energias Renováveis**

DEFINITIVO

Autor

Luís Miguel Gonçalves Melo

Orientador

Doutora Anabela Duarte Carvalho

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, fevereiro 2022



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Sistemas de Climatização e Águas Quentes Sanitárias com Aproveitamento de Energias Renováveis

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos

Autor

Luís Miguel Gonçalves Melo

Orientador

Doutora Anabela Duarte Carvalho

Supervisor na empresa NRG - Sistemas de Energias Renováveis, Lda

Eng. Filipe Laura Bragança Gomes

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Aos meus pais, que estiveram sempre ao meu lado, permitindo-me realizar o meu sonho de criança.

À minha irmã por, nos momentos mais complicados, me mostrar o lado mais descontraído da vida.

Aos meus avós, os momentos de descontração durante a elaboração deste relatório.

À Laura, o amor e o apoio incondicional ao longo do meu percurso.

Aos restantes familiares, o carinho nos bons e maus momentos desta vida académica.

À Sunenergy, na pessoa do Dr. Raul Santos, do Eng. Filipe Gomes e restantes colaboradores a partilha, ajuda e boa disposição no decorrer do estágio.

À minha orientadora, Professora Doutora Anabela Carvalho, a presença, paciência e disponibilidade ao longo de todo o estágio.

Aos meus amigos, dentro e fora do ISEC, todo o auxílio e força para acreditar que seria possível concluir este percurso com sucesso.

A todos, o meu mais sincero obrigado!

RESUMO

O presente relatório de estágio enquadra-se na unidade curricular de Estágio do segundo ano do Mestrado em Engenharia Mecânica na especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos, e baseia-se no estudo de soluções de climatização e águas quentes sanitárias para habitações utilizando energias renováveis.

O aluno optou pela realização do estágio curricular na empresa NRG - Sistemas de Energias Renováveis, Lda, por se tratar de uma empresa especializada em soluções energéticas com o aproveitamento de energias renováveis, permitindo assim ao aluno alcançar os seus objetivos de consolidar e de aprofundar os conhecimentos adquiridos no decorrer da sua formação académica, assim como de obter competências ligadas ao dimensionamento e à instalação de sistemas de climatização e AQS com o aproveitamento destas energias.

Este relatório relata os trabalhos desenvolvidos durante o estágio, designadamente, os dimensionamentos de sistemas de aquecimento central com bomba de calor e radiadores ou piso radiante, e de bombas de calor dedicadas exclusivamente à produção de AQS. São também descritos os acompanhamentos de obras, a tarefa da gestão das manutenções preventivas dos vários sistemas solares térmicos já instalados pela empresa, assim como o acompanhamento de uma dessas manutenções, entre outros trabalhos.

Para completar este relatório, o aluno desenvolveu um estudo comparativo de duas tecnologias utilizadas para a produção de AQS. Um sistema solar térmico forçado e uma bomba de calor de AQS, cuja análise económica, considerando os custos de investimento e os custos anuais de operação, revelou ser mais vantajosa a instalação da uma bomba de calor de AQS.

A necessidade do conhecimento aprofundado dos diversos equipamentos e componentes associados aos sistemas propostos pela empresa, assim como toda a envolvimento com área das energias renováveis, tornaram a realização deste estágio bastante enriquecedora para o aluno, considerando-se agora mais preparado para o mercado de trabalho.

Palavras-Chave: Sistemas de Climatização; Produção de AQS; Energias Renováveis; Bombas de Calor; Sistemas Solares Térmicos.

ABSTRACT

The present report falls within the framework of the second-year course unit “Internship” of the Master’s Degree in Mechanical Engineering - specialization in Design, Installation, and Maintenance of Thermal Systems, and it is based on a study of solutions for home heating, ventilation and air conditioning (HVAC) and domestic hot water (DHW) systems using renewable energies.

The student chose to do his internship at *NRG - Sistemas de Energias Renováveis, Lda*, a company specializing in renewable energy solutions. This way, he consolidated and deepened the knowledge acquired during his academic training and developed his skills in measuring and installing HVAC and DHW systems using renewable energies.

This report describes the work developed by the student during his internship, particularly the measurement of central heating systems with heat pumps and radiators or underfloor heating and heat pumps dedicated exclusively to DHW production. During his internship, the student’s responsibilities also included monitoring works, managing preventive maintenance works in the company’s already installed solar thermal systems and monitoring one of these maintenance works, among others.

To complement this report, the student further compared two DHW production systems, a forced solar thermal system and a DHW heat pump. Considering the investment and annual operation costs, the economic analysis demonstrated that installing a DHW heat pump was more beneficial.

The need for in-depth knowledge of the different equipment and components associated with the company’s systems and the experience acquired in renewable energies made this internship very enriching for the student, who now feels better prepared for the job market.

Keywords: HVAC Systems; DHW Production; Renewable Energies; Heat Pumps; Solar Thermal Systems.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos do Estágio	2
1.2	Estrutura do Relatório	2
2.	A SUNENERGY	3
3.	SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS	5
3.1	Sistema de Bomba de Calor	5
3.1.1	Princípio de Funcionamento.....	5
3.1.2	Tipos de Bombas de Calor Ar-água	6
3.1.3	Eficiência Energética das BC	8
3.2	Sistema Solar Térmico	11
3.2.1	Sistema Solar Térmico Termossifão	11
3.2.2	Sistema Solar Térmico Forçado	12
3.3	Principais Componentes dos Sistemas.....	13
3.3.1	Termoacumulador	13
3.3.2	Acumulador de Inércia.....	14
3.3.3	Bomba de Circulação	15
3.3.4	Válvula Motorizada de Três Vias.....	16
3.3.5	Grupo de Segurança para Termoacumulador	16
3.3.6	Vaso de Expansão	17
3.3.7	Grupo de Enchimento Automático	18
3.3.8	Anticongelante (Glicol).....	18
4.	TRABALHOS DESENVOLVIDOS DURANTE O ESTÁGIO	20
4.1	Resumo dos Trabalhos Desenvolvidos	20
4.2	Ferramenta de Dimensionamento de Sistemas	21
4.3	Estudo de Soluções e Orçamentos	27
4.3.1	Exemplo de um Sistema AQS com Bomba de Calor	27
4.3.2	Sistema de Bomba de Calor com Radiadores Pré-instalados	30
4.3.3	Sistema de Bomba de Calor com Piso Radiante.....	38
4.4	Visita Técnica	42
4.4.1	Exemplo de uma Visita Técnica.....	42
4.5	Acompanhamento de Obra	43
4.5.1	Instalação de Sistema de Bomba de Calor com Radiadores Pré-instalados	43
4.5.2	Instalação de Sistema de Bomba de Calor de AQS.....	50

4.5.3	Instalação de Sistema Solar Térmico Forçado	51
4.6	Desenho de Telas Finais	52
4.7	Manutenção de Sistemas Solares Térmicos	54
4.7.1	Gestão das Manutenções	54
4.7.2	Planos de Manutenção.....	55
4.7.3	Realização de uma Manutenção Preventiva	56
5.	COMPARAÇÃO DE DUAS TECNOLOGIAS PARA AQS.....	60
5.1	Verificação dos Requisitos Mínimos de Energia Renovável para AQS.....	60
5.2	Análise Económica	63
6.	CONCLUSÃO	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Zona de escritórios da empresa.....	3
Figura 2 - Vista área da empresa	3
Figura 3 - Ciclo de compressão de vapor (Adaptado do Çengel, Y. A. and Boles, M. A., 2014)	5
Figura 4 - Ciclo termodinâmico das bombas de calor (Adaptado do Çengel, Y. A. and Boles, M. A., 2014)	6
Figura 5 - Bomba de calor LG Therma V Monobloco	7
Figura 6 - Bomba de calor de AQS	8
Figura 7 - Etiqueta energética de BC exclusiva para a produção de AQS	10
Figura 8 - Etiqueta energética de bomba de calor para aquecimento ambiente	10
Figura 9 - Etiqueta energética de BC para aquecimento ambiente e produção de AQS	10
Figura 10 - Sistema solar térmico termossifão	11
Figura 11 - Coletor solar térmico	12
Figura 12 - Termoacumulador e restantes componentes	12
Figura 13 - Controlador solar e sondas de temperatura.....	13
Figura 14 - Termoacumulador (Videira, 2021a)	13
Figura 15 - Acumulador de inércia (Videira , 2021b).....	14
Figura 16 – Bomba de circulação (Wilo, 2021)	15
Figura 17 - Grupo de circulação solar (OLI, 2021).....	15
Figura 18 - Válvula motorizada de três vias (Caleffi, 2009).....	16
Figura 19 - Grupo de segurança para termoacumulador (Caleffi, 2010).....	16
Figura 20 - Vaso de expansão de AQS (Caleffi, 2019).....	17
Figura 21 - Grupo de enchimento automático (Caleffi, 2015)	18
Figura 22 - Líquido anticongelante (BAXI, 2021a)	18
Figura 23 - Folha de introdução de dados	22
Figura 24 - Folha de determinação das potências térmicas	22
Figura 25 - Folha de dimensionamento de radiadores.....	23
Figura 26 - Folha de orçamentação dos radiadores	24
Figura 27 - Folha de orçamentação da bomba de calor.....	24

Figura 28 - Documento a enviar ao cliente.....	26
Figura 29 - Proposta enviada ao cliente	28
Figura 30 - Coeficientes de expansão da água (Caleffi, 2016).....	29
Figura 31 - Fotografia dos radiadores instalados.....	34
Figura 32 - Tubagens e componentes existentes	34
Figura 33 - Coletores solares térmicos instalados	34
Figura 34 - Listagem de propostas	34
Figura 35 - Ficha técnica dos radiadores instalados (Adaptado de BAXI, 2021b).....	35
Figura 36 - Capacidade nominal das bombas de calor de 7 e 9 kW (LG, 2021).....	36
Figura 37 - Capacidade nominal das bombas de calor de 12, 14 e 16 kW (LG, 2021).....	36
Figura 38 - Folha de cálculo desenvolvida para determinar o volume do vaso de expansão de AQC.....	37
Figura 39 - Parte da proposta enviada ao cliente.....	38
Figura 40 - Pré-orçamento de piso radiante.....	40
Figura 41 - Tubagem - Uponor Klett Comfort Pipe PLUS 16x2,0 mm (Uponor, 2021a)	40
Figura 42 - Tela - Uponor Klett Painei Rolo Extra EPS DES 25-2 mm 10x1 m (Uponor, 2021b).....	40
Figura 43 - Coletor - Uponor Kit Coletor com Caudalímetro Vario M 6 Saídas	41
Figura 44 - Cabeças Eletrotérmicas Uponor Vario Plus.....	41
Figura 45 - Local definido para a instalação da bomba de calor	42
Figura 46 - Zona técnica.....	43
Figura 47 - Caldeira a gás e depósito AQS removido	44
Figura 48 - Esquema de princípio da instalação.....	44
Figura 49 - Instalação da válvula motorizada de três vias.....	45
Figura 50 - Instalação do grupo de segurança para termoacumulador	45
Figura 51 - Interligação de grupo de enchimento automático	46
Figura 52 - Bomba de circulação do fluido térmico.....	46
Figura 53 - Vaso de expansão de aquecimento	47
Figura 54 - Purgador de ar automático no topo do acumulador de inércia	47
Figura 55 - Local de instalação do controlador	48
Figura 56 - Quadro elétrico instalado na zona técnica	48
Figura 57 - Bomba de vácuo.....	49

Figura 58 - Conjunto de manómetro.....	49
Figura 59 - Válvula de fluido frigorigéneo da unidade exterior.....	49
Figura 60 - Abertura de válvula de corte para libertação do fluido.....	50
Figura 61 - Controlador da bomba de calor.....	50
Figura 62 - Bomba de calor de AQS instalada.....	51
Figura 63 - Fixação para as barras.....	52
Figura 64 - Fixação dos coletores solares.....	52
Figura 65 - Instalação dos coletores solares térmicos finalizada.....	52
Figura 66 - Zona técnica à data da visita do aluno.....	52
Figura 67 - Projeto inicial da instalação.....	53
Figura 68 - Tela final da instalação.....	53
Figura 69 - Tabela de dados.....	54
Figura 70 - Tabela de manutenções realizadas.....	55
Figura 71 - <i>Check-list</i> do plano de manutenção.....	56
Figura 72 - Plano de manutenção preventiva relativo ao circuito primário do STF.....	57
Figura 73 - Caudalímetro do sistema.....	58
Figura 74 - Medição do valor de pH.....	58
Figura 75 - Unidade de enchimento e descarga elétrica.....	58
Figura 76 - Valor de pH após a troca.....	59
Figura 77 - Vista a partir do refratómetro.....	59
Figura 78 - Ânodo de magnésio do termoacumulador.....	59
Figura 79 - Características do local.....	60
Figura 80 - Padrão de consumos de AQS.....	61
Figura 81 - Relatório SCE.ER com a utilização dos coletores padrão REH.....	61
Figura 82 - Relatório SCE.ER com a utilização dos coletores solares escolhidos.....	61
Figura 83 - Ficha de produto da bomba de calor de AQS (Proteu, 2021).....	62
Figura 84 - Aproveitamento de energia renovável da bomba de calor de AQS.....	63
Figura 85 - Proposta de orçamento da bomba de calor de AQS.....	64
Figura 86 - Proposta de orçamento do sistema solar térmico.....	64
Figura 87 - Relatório SCE.ER para a utilização do kit termossifão Ofa.....	66

ÍNDICE DE QUADROS

Tabela 1 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens [mm]	47
Tabela 2 - Valor de Q_{ref} para cada perfil de carga declarado (UE, 2013b)	62
Tabela 3 - Resumo dos valores calculados	63
Tabela 4 - Custos anuais de operação e manutenção dos sistemas	65

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

AQC - Água Quente para Climatização

AQS - Águas Quentes Sanitárias

BC - Bomba de Calor

BC AQS - Bomba de Calor de AQS

CO₂ - Dióxido de Carbono

COP - *Coefficient Of Performance*

CUR - Comercializador de Último Recurso

DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia

DL - Decreto-Lei

E_{ren} - Quantidade de energia renovável [kWh]

ETICS - *External Thermal Insulation Composite System*

FER - Fontes de Energias Renováveis

GEE - Gases com Efeito de Estufa

IVA - Imposto sobre Valor Acrescentado

PNEC - Plano Nacional de Energia e Clima

Q_{ref} - Valor de referência associado a cada perfil de carga [kWh/dia]

Q_{usable} - Energia útil das tiragens de água de acordo com o perfil de extração [kWh]

REH - Regulamento de desempenho energético dos Edifícios de Habitação

RNC - Roteiro para a Neutralidade Carbónica

SPF - *Seasonal Performance Factor*

STF - Sistema Solar Térmico Forçado

UE - União Europeia

XPS - Poliestireno extrudido

ΔT - Diferença de Temperatura [°C]

1. INTRODUÇÃO

As necessidades crescentes de conforto térmico e o crescimento da população têm contribuído para um aumento do consumo de energia, principalmente no setor dos edifícios. As preocupações com o futuro do planeta são cada vez mais, tendo em conta que os efeitos negativos do aquecimento global do planeta, em grande parte devido ao setor da energia, já se começam a revelar. A mitigação destes efeitos passa pela redução de emissões de gases com efeito de estufa (GEE) promovendo o aumento do aproveitamento de Fontes de Energias Renováveis (FER) e o aumento da eficiência energética.

De acordo com as obrigações do Regulamento 2018/1999 da União Europeia (UE) de 2018 (UE, 2018), Portugal enquanto estado membro da União Europeia, criou o seu Plano Nacional de Energia e Clima, sendo este o principal instrumento de política energética e climática para os próximos anos. As metas para 2030 nele definidas passam por uma redução de 45 % a 55 % das emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) relativamente a 2005, uma contribuição de 47 % de fontes de energia renováveis no consumo final bruto de energia, e um melhoramento da eficiência energética de 35 %, que se traduz numa redução do consumo de energia primária (PNEC, 2030). Estas metas estão em linha com o compromisso já assumido por Portugal de alcançar a neutralidade carbónica em 2050 (RNC, 2050).

Em Portugal, a satisfação das necessidades de aquecimento e arrefecimento, assim como a produção de águas quentes sanitárias (AQS) contribuem para que o setor dos edifícios seja responsável por cerca de 30 % do consumo de energia final. No entanto, este setor é o que apresenta um grande potencial de poupança de energia, que segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) pode ser de cerca de 50 % aplicando medidas de aumento de eficiência energética, incluindo o aproveitamento de energias renováveis (DGEG, 2021).

Em linha com os objetivos definidos, foi lançado em Portugal, em setembro de 2020, através do Despacho n.º 8745/2020, a iniciativa designada por “Edifícios Mais Sustentáveis”, que tem por objetivo participar até um máximo de 70 % do investimento em medidas de aumento de eficiência dos edifícios.

No contexto energético e ambiental atual, é de grande importância conhecer e aprofundar os conhecimentos de sistemas com aproveitamento de energias renováveis, que possam ser utilizados para a climatização de edifícios e para produção de águas quentes sanitárias.

Com a motivação de aprender as metodologias de dimensionamento utilizadas no mercado, e de ter contacto com os equipamentos e componentes deste tipo de sistemas, optou-se pela realização de um estágio curricular no âmbito da unidade curricular de Estágio, do segundo ano do mestrado em Engenharia Mecânica, na especialização de Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos.

Neste seguimento, procurou-se uma empresa na área das energias renováveis. O estágio curricular realizou-se na NRG - Sistemas de Energias Renováveis, Lda (atualmente com a

denominação social de: Original Sunenergy, Lda) que é uma empresa focada em sistemas de energias renováveis, dedicada ao fornecimento e instalação de soluções fotovoltaicas para produção local de energia elétrica, assim como de soluções de climatização e de produção de AQS.

1.1 Objetivos do Estágio

O estágio teve como principal objetivo aprofundar a formação do aluno na área de Engenharia Mecânica, relacionada com o projeto, instalação e manutenção de sistemas térmicos, através da sua integração nas atividades da empresa, em particular na área de climatização e dos sistemas de produção de águas quentes sanitárias com o aproveitamento de energias renováveis.

De forma resumida, os principais objetivos deste estágio foram:

- Adquirir um conhecimento geral da atividade da empresa e conhecer as principais funções de cada setor.
- Realizar trabalhos de acompanhamento de obras, orçamentação, instalação, manutenção e diagnóstico de problemas técnicos de sistemas energéticos.
- Acompanhar a instalação de sistemas de climatização e de aquecimento de águas com aproveitamento de energias renováveis.
- Desenvolver capacidades de comunicação com clientes, fornecedores e outras entidades.

1.2 Estrutura do Relatório

Para além deste capítulo inicial de introdução, este relatório é constituído por mais 5 capítulos, como explicado de seguida.

No capítulo 2 é apresentada a empresa que acolheu o aluno durante o estágio, e alguns dos seus projetos mais recentes.

No capítulo 3 são apresentados de forma genérica conceitos associados aos sistemas de climatização e produção de águas quentes sanitárias com que o aluno teve mais contacto durante o estágio, nomeadamente, bombas de calor (BC) aerotérmicas e sistemas solares térmicos.

No capítulo 4 são apresentados os principais trabalhos desenvolvidos pelo aluno durante o estágio. O capítulo 5 consiste num estudo comparativo entre duas tecnologias concorrentes para a produção de AQS com aproveitamento de energia renovável.

As conclusões relacionadas com o trabalho desenvolvido durante o estágio são apresentadas no capítulo 6 deste relatório.

2. A SUNENERGY

Neste capítulo apresenta-se a empresa que acolheu o aluno durante o estágio curricular, enquadrando a área de desenvolvimento deste estágio com os objetivos da empresa.

A NRG - Sistemas de Energias Renováveis, Lda (atualmente com a denominação social de: Original Sunenergy, Lda) é a empresa detentora da marca Sunenergy, pela qual é mais conhecida no mercado.

Nas figuras seguintes podem ver-se a zona de escritórios (Figura 1), assim como a vista aérea da empresa (Figura 2).



Figura 1 - Zona de escritórios da empresa



Figura 2 - Vista aérea da empresa

A Sunenergy é especializada na oferta de soluções baseadas em energias renováveis a particulares, empresas e entidades públicas, contando com doze anos de experiência no mercado e uma rede profissionais especializados. A marca encontra-se distribuída por Portugal Continental, através da sua rede de *franchising*, que alarga a área de atuação além de Coimbra, pelos distritos de Braga, Leiria, Santarém, Lisboa, Setúbal e Faro.

Comprometida com a satisfação dos clientes, aposta numa política de proximidade e na criação de uma relação de confiança com os clientes, procurando responder às necessidades de cada um de forma ajustada.

Para além da produção de energia elétrica com a instalação de painéis fotovoltaicos, a empresa tem vindo a apostar cada vez mais em soluções de climatização e produção de AQS, permitindo assim oferecer aos seus clientes soluções integradas.

Apesar de o grande volume de negócios da empresa ser a instalação de painéis fotovoltaicos, esta conta também com algumas instalações para produção de AQS, que merecem destaque no seu portefólio, como por exemplo, a instalação de 42 coletores solares térmicos no Centro Hospitalar Psiquiátrico de Lisboa e a instalação de 10 coletores solares térmicos na empresa Caves Messias.

A nível de instalação de painéis fotovoltaicos, o portefólio é extenso, podendo-se destacar a instalação de 1509 painéis solares fotovoltaicos na nova unidade fabril da Solzaima¹.

¹ Solzaima: empresa líder nacional na produção de equipamentos de aquecimento a biomassa. (Solzaima, 2021)

3. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

Neste capítulo apresentam-se os principais equipamentos e componentes constituintes dos sistemas de climatização e/ou produção de AQS, com que o aluno mais teve contacto durante o estágio, destacando o sistema de bomba de calor e o sistema solar térmico.

3.1 Sistema de Bomba de Calor

As bombas de calor aerotérmicas, também denominadas por bombas de calor ar-água, são equipamentos térmicos utilizados para a climatização de espaços fechados e/ou produção de AQS.

Nesta secção são aprofundados três pontos importantes para o entendimento dos sistemas de bombas de calor ar-água, tais como o seu princípio de funcionamento, os tipos de bombas de calor, e a sua eficiência energética.

3.1.1 Princípio de Funcionamento

As bombas de calor são equipamentos térmicos que absorvem a energia térmica existente no ar ambiente e transferem-na para o interior da habitação com o objetivo de alcançar o conforto térmico dos utilizadores. Esta absorção é conseguida através de um fluido refrigerante com propriedades ajustadas, de modo que a sua evaporação ocorra a temperaturas baixas, por vezes até inferior a 0 °C.

O ciclo de transporte de energia térmica é baseado no ciclo de compressão de vapor, em que os seus principais componentes são o evaporador, o compressor, o condensador e a válvula de expansão (Figura 3).

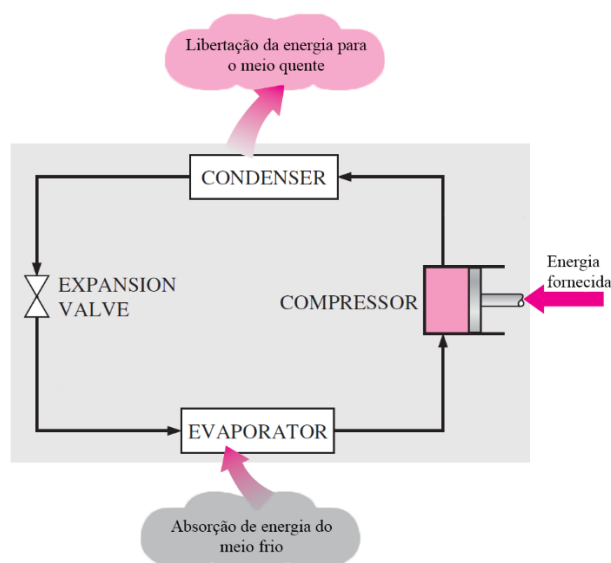


Figura 3 - Ciclo de compressão de vapor (Adaptado do Çengel, Y. A. and Boles, M. A., 2014)

Neste ciclo, o fluido refrigerante absorve calor no evaporador, a baixa temperatura e pressão passando ao estado de vapor. O compressor fornece energia ao sistema, elevando a temperatura

e pressão do fluido, que no condensador a alta temperatura e pressão transfere calor para o meio a aquecer. A válvula de expansão impõe uma perda de carga ao fluido provocando uma redução de temperatura e pressão. O ciclo termodinâmico (Figura 4) inicia-se de novo no evaporador com a absorção de calor.

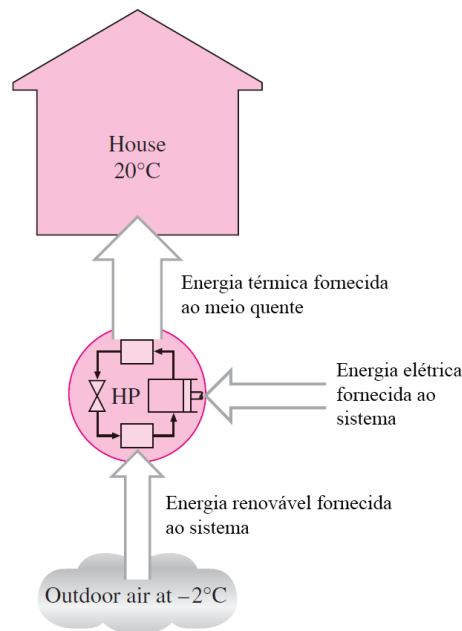


Figura 4 - Ciclo termodinâmico das bombas de calor (Adaptado do Çengel, Y. A. and Boles, M. A., 2014)

É desta forma que a bomba de calor inverte o sentido natural de transferência de calor, isto é, absorve o calor da fonte fria e liberta-o para o meio a aquecer a uma temperatura mais alta. No caso das bombas de calor ar-água, o meio para o qual o fluido frigorigéneo liberta calor é a água de consumo ou do circuito de distribuição de energia no interior do edifício.

3.1.2 Tipos de Bombas de Calor Ar-água

As bombas de calor ar-água podem-se diferenciar essencialmente a dois níveis, isto é, quanto à função (climatização de espaços e/ou produção de águas quentes sanitárias) e quanto à constituição (monobloco ou *split*).

Relativamente à função, as bombas de calor podem, quando combinadas com emissores de calor (radiadores, ventiloconvectores ou piso radiante), ser utilizadas para climatizar os espaços onde estes estejam instalados, e/ou ser utilizadas para a produção de águas quentes sanitárias através da interligação com um termoacumulador.

Quanto à constituição, as bombas de calor monobloco são caracterizadas pelo seu formato compacto (Figura 5), englobando todos os componentes necessários para a realização do ciclo de compressão anteriormente referido numa única unidade.

A outra opção, são as bombas de calor *split* compostas por duas unidades, uma unidade instalada no exterior (evaporador) e a outra no interior (condensador), sendo o contacto entre as duas realizado através de um fluido frigorigéneo, acabando o princípio de funcionamento

por ser o mesmo. Este tipo de opção também pode ser utilizado para atingir altas temperaturas no circuito de aquecimento (80 °C) através da interligação de dois compressores em série.

No caso das bombas de calor *split*, é normalmente necessário o manuseamento de gases fluorados, pelo que a sua instalação tem de ser realizada por um técnico certificado para esse manuseamento.



Figura 5 - Bomba de calor LG Therma V Monobloco

Existem também bombas de calor capazes de satisfazer as duas funções, isto é, climatização e produção de AQS, que são instaladas no exterior e é a água que acaba por ser o fluido térmico que faz a transferência de calor para o sistema instalado no interior da habitação. As bombas de calor exclusivas para a produção de AQS, também denominadas somente por bombas de calor de AQS (Figura 6), são instaladas no interior da habitação, absorvendo o calor do ar presente no espaço em que são instaladas e libertando-o diretamente para água do termoacumulador, onde se encontra instalado o condensador. O ar frio é depois encaminhado para o exterior através de uma conduta. Esta solução é muito utilizada, tendo em conta a sua facilidade de instalação.



Figura 6 - Bomba de calor de AQS

3.1.3 Eficiência Energética das BC

As bombas de calor são sistemas de elevada eficiência energética devido à quantidade de energia renovável que utilizam durante o seu funcionamento, isto é, a quantidade de energia que conseguem retirar do ar. O que permite uma poupança significativa no consumo de energia para a produção de energia térmica, assim como nas emissões diretas de dióxido de carbono (CO₂).

A eficiência energética de uma bomba de calor em condições nominais é determinada através do seu COP (*Coefficient Of Performance*) conforme apresentado na Equação 1, sendo este o indicador que revela a quantidade de energia térmica fornecida por cada unidade de energia elétrica consumida.

$$COP = \frac{\text{Energia térmica fornecida ao meio quente}}{\text{Energia elétrica fornecida ao sistema}} \quad (1)$$

Para reduzir o consumo e recursos, a União Europeia publicou as seguintes diretivas: a Diretiva 2009/125/CE (CE, 2009) (*Ecodesign Directive*) relacionada com a conceção ecológica dos produtos que consomem energia e a Diretiva 2010/30/UE (UE, 2010) (*Labelling Directive*) relacionada com a rotulagem energética. Estas diretivas estabelecem requisitos comuns para a classificação energética de diversos equipamentos.

Através da etiqueta energética do equipamento é possível conhecer o consumo anual de energia, que lhe atribui uma classe energética, assim como outras informações que permitem na hora da tomada de decisão escolher o equipamento mais económico e eficiente.

Uma vez que o COP está limitado à medição da eficiência energética nas condições nominais, foi criada a eficiência sazonal promovida pela Diretiva 2009/125/CE (CE, 2009), permitindo

medir a eficiência energética de um equipamento ao longo do ano inteiro. Com isto, cada tipo de bombas de calor passou a ter o seu indicador de eficiência energética, ou seja:

Para as bombas de calor ar-ar destinadas à climatização, o indicador para o modo de aquecimento é o SCOP (*Seasonal Coefficient Of Performance*), enquanto que para o modo de arrefecimento é o SEER (*Seasonal Energy Efficiency Ratio*) (UE, 2011).

Para as bombas de calor elétricas, onde se incluem as bombas de calor ar-água, destinadas ao aquecimento ambiente através de água quente, o indicador de eficiência energética é agora o η_s (*seasonal space heating energy efficiency*), expresso em percentagem. Sendo este valor aproximadamente igual ao SCOP a dividir por 2,5² (UE, 2013a). Através deste valor é possível comparar a eficiência de uma BC com a eficiência de outro equipamento de aquecimento central, que utilize uma fonte de energia diferente da eletricidade.

Para os aquecedores de água, o indicador de eficiência energética passou a ser o η_{wh} (*water heating efficiency*), expresso em percentagem, que representa a relação entre a energia útil fornecida pelo aquecedor e a energia primária necessária para a sua geração (UE, 2013b).

O cálculo do indicador de eficiência energética deve respeitar as condições de teste definidas pelas normas EN 14511 e EN 16147, para as bombas de calor de climatização e/ou produção de AQS e para as bombas de calor exclusivas para a produção de AQS, respetivamente (Portaria n.º 349-B/2013).

De acordo com o resultado do indicador de eficiência energética é atribuída uma classe energética à bomba de calor, que aparecerá na sua etiqueta energética juntamente com outras informações relativas à marca e o modelo em questão. No caso dos aquecedores de água, esta classificação energética depende também do perfil de carga³ do equipamento.

Nas Figura 7 e Figura 8 apresentam-se duas etiquetas energéticas, uma de uma bomba de calor exclusiva para a produção de AQS e outra de uma BC para aquecimento ambiente, respetivamente. Na etiqueta da BC para aquecimento ambiente, aparecem duas classes de eficiência energética consoante a temperatura de referência de operação dos emissores térmicos instalados no edifício, uma para radiadores (55 °C) e outra para piso radiante e ventiloconvectores (35 °C).

² Fator de conversão de energia primária em eletricidade.

³ Perfil de carga: sequência de tiragens de água quente ao longo de um dia. É atribuído ao aquecedor pelo seu fabricante.

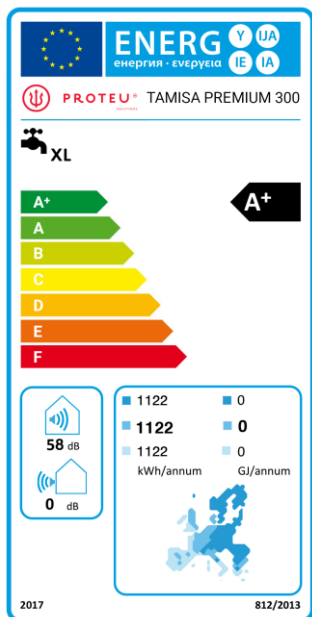


Figura 7 - Etiqueta energética de BC exclusiva para a produção de AQS

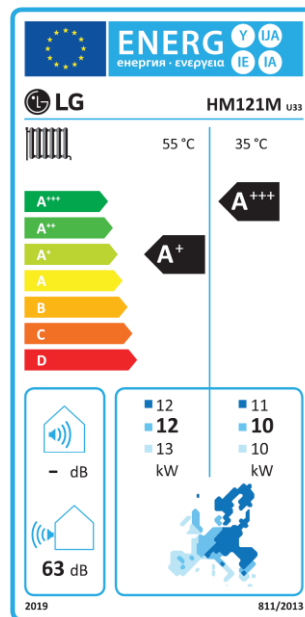


Figura 8 - Etiqueta energética de bomba de calor para aquecimento ambiente

Relativamente aos sistemas combinados, isto é, capazes de responder ao aquecimento ambiente e à produção de AQS, podem ser constituídos por equipamentos e componentes de diferentes fornecedores. Sendo a geração da etiqueta energética do sistema realizada pela própria empresa, esta tarefa encontra-se atribuída ao aluno que, através da ferramenta de cálculo e emissão das etiquetas energéticas do *website* Label Pack A+ Portugal (LabelPack, 2021), gera as etiquetas energéticas necessárias (Figura 9).

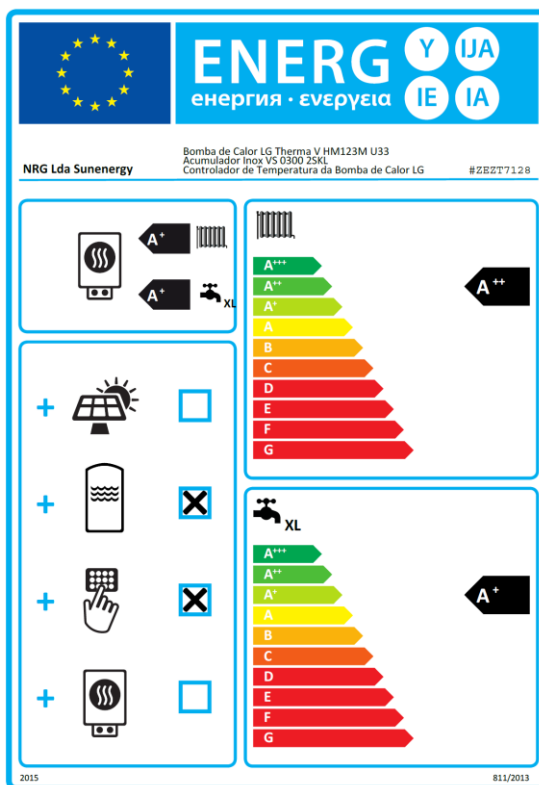


Figura 9 - Etiqueta energética de BC para aquecimento ambiente e produção de AQS

Estas etiquetas energéticas (Figura 9) apresentam a classe energética do sistema misto de aquecimento ambiente sazonal e do sistema misto de produção de AQS, sendo também possível conhecer as classes energéticas do aquecedor combinado, neste caso da bomba de calor, assim como dos restantes componentes que integram o sistema, entre coletores solares térmicos, termoacumulador, controlador de temperatura e/ou aquecedor de apoio. A classe energética de cada um destes componentes terá uma determinada influência na classe energética do sistema misto.

3.2 Sistema Solar Térmico

Os sistemas solares térmicos são compostos por um ou mais coletores solares térmicos, que geram calor através da absorção da radiação solar. Esse calor é depois transferido para um fluido térmico, que por sua vez o transfere para a água de consumo contida num termoacumulador, produzindo assim as águas quentes sanitárias.

Nesta secção são apresentados os dois tipos principais de sistemas solares térmicos, descrevendo os seus componentes e método de funcionamento de cada um.

3.2.1 Sistema Solar Térmico Termossifão

O sistema solar térmico termossifão (Figura 10), ou somente sistema termossifão, como é habitualmente denominado, é o sistema mais simples e fácil de instalar. É composto apenas por um ou dois coletores solares térmicos (dependendo do volume de acumulação) e por um termoacumulador instalado na horizontal na parte superior dos coletores, este conjunto é por isso instalado no exterior da habitação, normalmente no telhado ou na cobertura.



Figura 10 - Sistema solar térmico termossifão

Nos sistemas termossifão, a circulação do fluido térmico (mistura de água com anticongelante) é provocada pela diferença de densidades que variam com a temperatura. Ao receber o calor da radiação solar, este fluido térmico aquece, ficando menos denso e acabando por subir até ao ponto mais alto da instalação (topo do termoacumulador na posição horizontal), obrigando o fluido mais frio, e mais denso, a descer. Através desta convecção natural é possível aquecer pequenos volumes de AQS, de forma económica.

Caso a radiação solar não seja suficiente para elevar a temperatura das AQS ao *set-point* definido pelo utilizador, é ativado o sistema de apoio, normalmente uma resistência elétrica

acoplada no termoacumulador, ou um esquentador termostático⁴ instalado em série, com a tubagem de alimentação da habitação, a jusante do termossifão.

3.2.2 Sistema Solar Térmico Forçado

O sistema solar térmico forçado é um sistema mais versátil capaz de albergar vários coletores solares, assim como mais do que um termoacumulador, devendo o seu volume ser calculado de acordo com o número de coletores a instalar. Contudo, nesta seção são apenas consideradas as volumetrias mais abordadas durante o estágio, ou seja, termoacumuladores com volumes de 200 e 300 litros, em que é recomendada a instalação de um e dois coletores solares térmicos da marca Ofamat, respetivamente.

O sistema em que o volume do termoacumulador é 200 litros, é composto por um coletor solar térmico da marca Ofamat e modelo Ofasun 2512, por um termoacumulador, por um grupo de circulação e por um controlador solar.

O coletor solar deve ser colocado no telhado inclinado (Figura 11) ou na cobertura plana, com recurso a suportes para correção do ângulo de inclinação e orientado para Sul. Os restantes componentes são instalados no interior da habitação (Figura 12), sendo o grupo de circulação responsável por forçar o fluido térmico a circular entre a serpentina interna do termoacumulador e os coletores solares, transmitindo assim a energia solar para a água de consumo.



Figura 11 - Coletor solar térmico



Figura 12 - Termoacumulador e restantes componentes

Quanto ao controlador solar (Figura 13) é responsável pela avaliação dos valores lidos pelas sondas de temperatura instaladas no topo do coletor solar e no termoacumulador, e sempre que se verificar a diferença de temperatura definida entre os dois pontos, este permite a passagem

⁴ Esquentador termostático: equipamento capaz trabalhar com água pré-aquecida, fornecendo apenas a quantidade de energia necessária para atingir a temperatura definida pelo utilizador.

de corrente para a bomba do grupo de circulação, dando assim início à circulação do fluido térmico no circuito.



Figura 13 - Controlador solar e sondas de temperatura

Neste caso, o termoacumulador deve ser instalado na vertical permitindo uma melhor estratificação da água quente no seu interior. Este pode ser constituído por uma ou duas serpentinas interiores, permitindo assim a ligação em paralelo de outro de sistema de aquecimento, servindo de sistema de apoio. Caso o utilizador pretenda, tem também disponível a resistência elétrica acoplada no termoacumulador.

3.3 Principais Componentes dos Sistemas

Nesta secção são apresentados os principais componentes utilizados nos sistemas de climatização e/ou produção de AQS orçamentados, e instalados pelo aluno durante o estágio.

3.3.1 Termoacumulador

O termoacumulador (Figura 14) é um depósito isolado destinado à produção e acumulação de águas quentes sanitárias.



Figura 14 - Termoacumulador (Videira, 2021a)

A produção de AQS é realizada, normalmente, através das serpentinas internas do termoacumulador, contudo é também possível que esta produção ocorra através de um

permutador externo. No interior destas serpentinas (ou permutadores) circula o fluido primário aquecido pela fonte de calor, acabando por ocorrer a transferência de calor para a água acumulada. Para além das serpentinas internas, é frequente encontrar acoplada aos termoacumuladores uma resistência elétrica, capaz de fazer o apoio à produção das águas quentes sanitárias.

A extração de AQS para utilização é realizada pela parte superior do depósito onde, devido ao fenómeno de estratificação térmica causada pela diferença de densidade, a água está a uma temperatura mais elevada. Já o abastecimento do termoacumulador é realizado pela parte inferior através de um defletor virado para baixo, de modo a não perturbar a estratificação da água no seu interior.

A acumulação de AQS deve ser mantida a uma temperatura próxima de 60 °C (EPAL, 2015), evitando o desenvolvimento de bactérias, como a Legionella. A maior parte das bombas de calor de AQS é programada pelo fabricante para elevar regularmente a temperatura da água do termoacumulador acima do valor desejado com o objetivo de eliminar possíveis bactérias.

Para evitar fenómenos de corrosão, alguns destes depósitos são, habitualmente, equipados com um ânodo de magnésio, que será corroído em vez do depósito, este deve ser analisado e substituído se necessário, aquando da realização das manutenções preventivas ao sistema. Em alternativa, existem ânodos eletrónicos que, através da emissão de uma corrente elétrica com intensidade ajustada, permitem uma proteção permanente do depósito.

3.3.2 Acumulador de Inércia

O acumulador de inércia (Figura 15) é um depósito isolado destinado a armazenar temporariamente a energia térmica produzida pela fonte do sistema de climatização, evitando assim, o ligar/desligar sucessivo do equipamento de produção de calor para repor temperatura da água à temperatura desejada.



Figura 15 - Acumulador de inércia (Videira , 2021b)

As características deste depósito podem variar em termos de capacidade, número de serpentinas, material de fabrico e número de ligações.

Nos sistemas de climatização com bomba de calor instalados, este depósito serve também de separador hidráulico, tornando independentes os fluxos de fluido térmico existentes a montante

e a jusante, isto é, entre a bomba de calor e o acumulador e entre o acumulador e os emissores térmicos.

Existem também acumuladores de inércia com uma serpentina destinada à produção instantânea de AQS, sendo nessas situações designados por acumuladores higiénicos.

3.3.3 Bomba de Circulação

A bomba de circulação (Figura 16) é um dispositivo utilizado para fazer circular o fluido térmico pelas tubagens do circuito.



Figura 16 – Bomba de circulação (Wilo, 2021)

Deve ser montada em série com a tubagem de retorno do fluido térmico, de modo a evitar a sua exposição a temperaturas elevadas. Caracteriza-se por ser silenciosa, e requerer pouca manutenção.

Para a sua seleção, é necessário conhecer a sua curva característica e a curva da instalação. O ponto de funcionamento da instalação deve ser na zona média da curva característica da bomba de circulação, permitindo a esta trabalhar num regime mais económico, mas capaz de responder a uma exigência maior, se necessário.

No caso do sistema solar térmico forçado, a bomba de circulação vem, normalmente, inserida num componente designado por grupo de circulação solar (Figura 17).



Figura 17 - Grupo de circulação solar (OLI, 2021)

Esta designação está relacionada com o facto de, para além da bomba de circulação, estarem associados outros componentes do circuito primário, como por exemplo um caudalímetro, uma válvula de segurança, um separador de microbolhas, dois termómetros, um manómetro e válvulas de corte e retenção, podendo ainda servir para acoplar um controlador solar.

Devido ao seu formato compacto, todos estes componentes são facilmente instalados, apenas fixando o grupo de circulação na parede, e efetuando as ligações hidráulicas.

3.3.4 Válvula Motorizada de Três Vias

A válvula motorizada de três vias (Figura 18) é um componente utilizado para alterar, de forma automática, o sentido do fluxo térmico.



Figura 18 - Válvula motorizada de três vias (Caleffi, 2009)

Esta alteração ocorre entre os dois depósitos instalados (termoacumulador e acumulador de inércia) nos sistemas de bomba de calor para climatização e produção de AQS.

Uma vez que a prioridade assenta sobre a produção de AQS, sempre que a bomba de calor receber o sinal da sonda de temperatura, indicando que a temperatura do termoacumulador está abaixo do *set-point*, vai alterar a posição da esfera da válvula, de modo a permitir a passagem do fluido térmico pela serpentina do termoacumulador até ser atingido o *set-point* definido pelo utilizador. Assim que for atingido esse objetivo, a bomba de calor dá indicação ao servomotor da válvula para redirecionar de novo o fluido térmico para o acumulador de inércia, ou seja, para a função de climatização.

3.3.5 Grupo de Segurança para Termoacumulador

O grupo de segurança (Figura 19) é um dispositivo compacto criado para proteger o termoacumulador.



Figura 19 - Grupo de segurança para termoacumulador (Caleffi, 2010)

Deve ser instalado na tubagem de entrada de água para o termoacumulador. Este grupo concentra, apenas numa peça, três componentes com funções distintas cruciais para garantir um correto funcionamento dos termoacumuladores sem lhes provocar danos.

Essas funções são as seguintes (Caleffi, 2010):

- Segurança, através de uma válvula de segurança, regulada para 7 bar, evita que se atinjam pressões superiores a este valor no interior do termoacumulador;
- Retenção, através de uma válvula de retenção, evita o retorno da água quente sanitária para a tubagem de abastecimento do termoacumulador;
- Corte, através de uma válvula de corte, permite a interrupção do abastecimento do termoacumulador, permitindo a realização de manutenções no termoacumulador.

3.3.6 Vaso de Expansão

O vaso de expansão (Figura 20) é um reservatório metálico destinado a absorver as variações de volume causadas pelo aumento da temperatura dos fluidos. A absorção destas variações evita a abertura constante da válvula de segurança, o que se traduz numa redução dos custos anuais de operação/manutenção de todos os sistemas pressurizados.



Figura 20 - Vaso de expansão de AQS (Caleffi, 2019)

Este vaso contém dois compartimentos (um deles preenchido com um gás compressível e o outro com o fluido da tubagem onde é aplicado) separados por uma membrana, normalmente, em borracha. Do lado do gás, é colocada uma pré-carga variável com o tipo de instalação.

Existem três tipos de vasos de expansão, diferenciados, habitualmente, pela cor exterior (variável de fabricante para fabricante), cada um deles destinado a um tipo de utilização específica, e tendo as suas características técnicas direcionadas para responder às exigências de cada utilização. Existem vasos de expansão para águas quentes sanitárias, para circuitos de aquecimento e para circuitos solares.

3.3.7 Grupo de Enchimento Automático

O grupo de enchimento automático (Figura 21) é um dispositivo utilizado para manter as tubagens de água em circuito fechado num valor de pressão pré-regulado.



Figura 21 - Grupo de enchimento automático (Caleffi, 2015)

Para desempenhar a sua função, este dispositivo engloba quatro componentes, sendo eles uma válvula redutora de sede compensada, um filtro, uma válvula de corte e uma válvula de retenção. Algumas versões, têm também um manómetro para medir a pressão a jusante.

A sua instalação deve ser feita na tubagem de água entre o abastecimento da rede pública e o circuito de aquecimento. A regulação do valor da pressão deve acontecer antes do enchimento do circuito, através do parafuso de regulação na parte inferior, e do mostrador na parte superior do grupo. Durante a fase de enchimento, e sempre que seja necessário permite a entrada de água no circuito até ao valor de pressão regulado (Caleffi, 2015).

3.3.8 Anticongelante (Glicol)

O anticongelante (Figura 22) é um líquido misturado com a água dos circuitos fechados com o objetivo de modificar as suas propriedades.



Figura 22 - Líquido anticongelante (BAXI, 2021a)

Este líquido, também habitualmente chamado de glicol, é utilizado no sistema solar térmico, assim como na bomba de calor de climatização para proteger a instalação e aumentar o seu intervalo de operação, ou seja, considerando que a água solidifica a 0 °C e que entra em ebulição aos 100 °C, com a adição de glicol é possível reduzir o ponto de solidificação e aumentar o ponto de ebulição.

Uma vez que ambos os sistemas têm tubagem no exterior é importante garantir que não ocorre a congelação do fluido térmico pois poderia causar danos nos equipamentos instalados.

No que diz respeito ao sistema solar térmico, é também importante aumentar o ponto de ebulição deste fluido, de forma a permitir a operacionalidade do sistema mesmo quando se atingem temperaturas acima dos 100 °C no interior dos coletores solares.

De acordo com os dados climáticos do local da instalação, deve ser adicionada uma determinada quantidade de glicol, de forma a atingir uma temperatura de solidificação inferior à temperatura mínima registada naquele local através do aumento da concentração de glicol no fluido térmico.

4. TRABALHOS DESENVOLVIDOS DURANTE O ESTÁGIO

No decorrer do estágio, o aluno desenvolveu vários trabalhos, tarefas e dimensionamentos relacionados com sistemas de climatização e produção de águas quentes sanitárias. Neste capítulo são apresentados, em pormenor, os procedimentos seguidos, assim como alguns exemplos com o objetivo de mostrar a concretização desses procedimentos.

Para além da apresentação dos estudos desenvolvidos e dos acompanhamentos de instalações, é apresentada a gestão feita pelo aluno ao nível das manutenções de sistemas solares térmicos.

4.1 Resumo dos Trabalhos Desenvolvidos

O estágio assentou em cinco pontos definidos de forma conjunta com a orientadora do estágio e o supervisor na empresa, sendo estes descritos abaixo.

Começando com a sessão de acolhimento no primeiro dia de estágio, onde o aluno teve oportunidade conhecer melhor a empresa, e suas áreas de atuação/negócio, assim como os vários departamentos, e as pessoas ligadas a cada um deles. Esta apresentação foi importante, pois permitiu ao aluno conhecer os futuros colegas de trabalho, facilitando a sua inserção na empresa.

Após esta apresentação inicial, o supervisor na empresa transmitiu ao aluno as informações relacionadas com a organização interna da empresa, de forma a permitir ao aluno a navegação no servidor, local onde iria encontrar toda a documentação necessária (catálogos, fichas técnicas, manuais, etc) para desempenhar o seu trabalho durante o estágio. Seguiram-se dias de estudo, e interpretação de toda a informação essencial para o desempenho das suas funções nos pontos seguintes.

Numa segunda fase, o aluno começou o estudo de soluções de climatização e produção de águas quentes sanitárias, e a realização das respetivas propostas de orçamento. Nesta fase, o aluno teve oportunidade de aplicar conhecimentos adquiridos durante o mestrado, aproveitando para os aprofundar, através dos vários meios disponíveis para o efeito, para além de catálogos e manuais, começou o contacto com fornecedores/fabricantes dos produtos mais apropriados para as soluções apresentadas.

Numa terceira fase, para além da orçamentação, o aluno pôde acompanhar a instalação de alguns sistemas propostos. Esta etapa revelou-se muito importante, pois o contacto próximo com os equipamentos e componentes permitiu perceber melhor a sua função e o modo de funcionamento quando interligados com o sistema. De referir, que o acompanhamento de obras foi limitado, uma vez que parte do estágio realizou-se em teletrabalho obrigatório durante o período de confinamento devido à situação epidemiológica provocada pelo coronavírus SARS-CoV-2 e pela doença COVID-19.

A quarta fase deste estágio, focou-se na manutenção dos sistemas de produção de águas quentes sanitárias até então instalados pela empresa, tendo sido solicitado ao aluno a reorganização da gestão das manutenções, que são essenciais para o aumento da vida útil dos equipamentos.

A quinta, e última tarefa deste plano, centrou-se na elaboração de um estudo comparativo entre duas soluções ligadas à produção de águas quentes sanitárias, sistema solar térmico e bomba de calor de AQS, com o objetivo de determinar a solução mais económica, tendo por base a quantidade de energia renovável utilizada por cada uma, de forma a verificar se os requisitos definidos na legislação em vigor eram cumpridos (DL n.º 118/2013).

4.2 Ferramenta de Dimensionamento de Sistemas

Durante o estágio, o estudo de soluções e a sua orçamentação fizeram parte da rotina diária do aluno, tendo elaborado inúmeras propostas de soluções relacionadas com a climatização e a produção de águas quentes sanitárias de edifícios residenciais.

Nesta secção apresenta-se a ferramenta de dimensionamento de sistemas utilizada para formalizar essas propostas de soluções. Esta ferramenta foi criada pela empresa com base em softwares de dimensionamento idênticos e utiliza um ficheiro Excel, contendo os vários passos distribuídos por várias folhas, isto é, folha de identificação do projeto, folhas de dimensionamento de cada sistema, folhas de orçamentação para cada tipologia de sistema (fonte de calor e emissor térmico), e folha compilando várias páginas, incluindo as das propostas de orçamentos, que formalizam um documento, em formato PDF, a enviar ao cliente.

Esta ferramenta sofre pequenas alterações, dependendo do emissor térmico escolhido para a distribuição da energia térmica pelo espaço a climatizar.

A folha inicial desta ferramenta (Figura 23) solicita os dados da empresa, e a numeração atribuída à proposta. Em seguida, introduzem-se, de forma breve, os dados do cliente, e os dados relacionados com o sistema pretendido pelo cliente. No sentido de melhor se compreender todo o procedimento, é utilizado como exemplo um sistema de aquecimento central através de bomba de calor e radiadores, contando também com a produção de AQS. Os restantes campos são preenchidos no final do dimensionamento, uma vez que é necessária a potência térmica total solicitada pelas divisões a climatizar e o COP (*Coefficient Of Performance*) da bomba de calor.



Delegação de Coimbra

Data Prevista para entrega da proposta		
DELEGAÇÃO	Coimbra	
DATA	23/nov/21	
TÉCNICO RESPONSÁVEL	Filipe Gomes	
NUMERO DA PROPOSTA	98_REV00	
REFERÊNCIA	CBR_CLM_21_98_REV00	
TÍTULO PROJECTO	Nome do Cliente	
LOCALIDADE	Localidade da Instalação	
DISTRITO	Coimbra	
Tipo de edifício	uma habitação	
Tipo de Sistema	aquecimento central e AQS	
Tipo de Instalação	AQC (Só quente)+ AQS	
Fonte de Calor	Bomba de calor	
Sistema de Difusão de energia	Radiadores	
Rendimento da Fonte de Calor (Aq.)	3,18	
Rendimento da Fonte de Calor (Arref.)		
Meses de Inverno	6	meses
Meses de Verão	6	meses
Potência necessária (Aq.)	11,19	kW
Potência necessária (Arref.)		kW
nº de horas em funcionamento	4	h
Litros de água aquecida (AQS)	300	L/dia
Combustível Aquecimento	Electricidade	

Figura 23 - Folha de introdução de dados

A folha seguinte (Figura 24) é, essencialmente, de seleção de informações importantes para a realização do estudo da solução, tais como: a tipologia do edifício (moradia, apartamento em edifício com aquecimento, apartamento em edifício sem aquecimento, ...), o tipo de isolamento da habitação (bom, regular ou sem isolamento) e a temperatura exterior mínima, estas informações fazem variar os fatores F1, F2 e F3, respetivamente, de acordo com os valores pré-definidos. Seguindo-se a seleção da tipologia de cada divisão, e introdução da respetiva área. Com base nesta informação, a folha de cálculo determina, de forma aproximada, as potências térmicas necessárias para cada divisão e a potência térmica total.

Tipologia Edifício	Moradia				
Isolamento	Bom Isolamento				
T exterior	2 °C				
Divisão	Área [m ²]	F1	F2	F3	Pot [Kcal/h]
Hall	10,2	72	1	0,9	660,96
Cozinha	17,2	81	1	0,9	1 253,88
Sala	19,5	95	1	0,9	1 667,25
Quarto	17	86	1	0,9	1 315,80
Banho Ext.	6,1	90	1	0,9	494,10
Quarto	15,5	86	1	0,9	1 199,70
Banho Ext.	5,4	90	1	0,9	437,40
Quarto	15,1	86	1	0,9	1 168,74
Quarto	18,1	86	1	0,9	1 400,94
Banho Ext.	6,5	90	1	0,9	526,50
TOTAL	130,6				9 598,77

Figura 24 - Folha de determinação das potências térmicas

O dimensionamento do número de elementos de cada radiador e, conseqüentemente, o número de radiadores para cada divisão é realizado na folha abaixo (Figura 25), permitindo também determinar a potência térmica a satisfazer pela bomba de calor.

Nesta fase, é importante escolher a bomba de calor, uma vez que a sua temperatura máxima de trabalho influencia o diferencial térmico, que por sua vez altera a potência térmica emitida por cada elemento de radiador (tema aprofundado na subsecção 4.3.2.1).

Após inserida esta potência térmica emitida por cada elemento de radiador é, de forma pré-programada, indicado o número de elementos de radiador necessários para satisfazer a potência térmica solicitada por cada uma das divisões. Deste modo, resta apenas aplicar a sensibilidade humana para cada caso, indicando o número de elementos de radiador a propor para cada divisão, assim como o número radiadores necessários atendendo ao número de elementos determinado. Comparando os valores de potência térmica a ser fornecida pelos radiadores para cada divisão (coluna G, Figura 25) com os valores de potência térmica necessária determinados (coluna H, Figura 25), verifica-se que os valores são muito próximos, podendo-se concluir que o dimensionamento satisfaz as necessidades.

Nos casos em que pré-instalação já se encontra realizada, existe a limitação associada ao número máximo de elementos por radiador, e também com o número de pontos de pré-instalação, pela qual os elementos de radiador podem ser divididos.

Após concluídos todos estes passos, a soma de todas as potências emitidas pelos radiadores dimensionados para a habitação indica a potência mínima que tem que ser fornecida pela bomba de calor, considerando toda a instalação em funcionamento simultâneo que é de 11,19 kW.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Nº	Divisão	Área m2	Nº Elementos 0,6*Área	Nº Elementos propostos	Nº Radiadores	Pot. [kcal/h] Nº elementos	Pot. [kcal/h]	WC	Divisão	Pot. Radiador	101,31	kcal/h
1	Hall	10,2	7	7	1	709,156	660,96		Hall	117,80	W	
2	Cozinha	17,2	13	13	1	1317,004	1253,88		Cozinha			
3	Sala	19,5	17	15	1	1519,62	1667,25		Sala			
4	Quarto	17	13	13	1	1317,004	1315,80		Escritório			
5	Banho Ext.	6,1	5	3	1	303,924	494,10	Toalheiro	I.S. (PO)			
6	Quarto	15,5	12	12	1	1215,696	1199,70		Suite			
7	Banho Ext.	5,4	5	3	1	303,924	437,40	Toalheiro	I.S. (Suite)			
8	Quarto	15,1	12	12	1	1215,696	1168,74		Quarto 1			
9	Quarto	18,1	14	14	1	1418,312	1400,94		Quarto 2			
10	Banho Ext.	6,5	6	3	1	303,924	526,50	Toalheiro	I.S. (P1)			
				95	10							
				86	7	9624,26	kcal/h					
						11,19	kw					
Total		130,6	104									

Figura 25 - Folha de dimensionamento de radiadores

Tendo sido escolhida uma bomba de calor da marca LG, modelo Therma V com uma potência térmica de 12 kW, pois é a potência acima mais próxima existente na gama de BC dos fornecedores da empresa. Segue-se a parte de orçamentação, quer da instalação de radiadores (Figura 26), quer da instalação da bomba de calor (Figura 27). Tendo em conta que a empresa apenas realiza propostas para o fornecimento e a instalação de sistemas completos, vulgo chave na mão, estes incluem todos os componentes e acessórios necessários para a correta instalação e o bom funcionamento do sistema.

								Margem	41%
Designação	Qt	Preço	Valor (s/ desc)	Desc	Desc	Valor (C/ desc)	Valor	Margem	
Elemento Radiador Aluminio Baxi Condal 70	86	9,94 €	854,84 €			854,84 €	1 202,62 €	347,78 €	
Kit Universal Tampões Radiador Zincado	7	3,68 €	25,76 €			25,76 €	36,24 €	10,48 €	
Suporte Radiador Curto Zincado	14	0,41 €	5,74 €			5,74 €	8,08 €	2,34 €	
União Fecho 200 1/2 Esq. Roca	10	6,40 €	64,00 €			64,00 €	90,04 €	26,04 €	
Válv. p/Rad. Termostática 1/2 Esq. Roca	7	16,64 €	116,48 €			116,48 €	163,87 €	47,39 €	
Válv. p/Rad. Termostatizável 1/2 Esq. Roca	3	7,56 €	22,68 €			22,68 €	31,91 €	9,23 €	
União Compressão 200 1/2x15	20	1,42 €	28,40 €			28,40 €	39,95 €	11,55 €	
Ponteira Cromada p/Radiador 15 x 1/2	20	1,36 €	27,20 €			27,20 €	38,27 €	11,07 €	
Espelho Cromado p/Ponteira Radiador 1/2 x 15mm	20	0,37 €	7,40 €			7,40 €	10,41 €	3,01 €	
Radiador Quarto Banho ZETA T.800X450 Branco Recto	3	40,56 €	121,68 €			121,68 €	171,18 €	49,50 €	
Tubagens e Acessórios	1	400,00 €	400,00 €			400,00 €	562,74 €	162,74 €	
			0,00 €			0,00 €	- €	0,00 €	
			0,00 €			0,00 €	- €	0,00 €	
			0,00 €			0,00 €	- €	0,00 €	
Projeto, Instalação e Arranque da Obra	1	1 041,93 €	1 041,93 €			1 041,93 €	1 465,83 €	423,90 €	
			Custos			2 716,11 €			
			Sub Total Com Margem			3 821,14 €		1 105,02 €	
			IVA 23%			878,86 €			
			Valor Final			4 700,00 €			

Figura 26 - Folha de orçamentação dos radiadores

								Margem	23%
Designação	Qt	Preço	Valor (s/ desc)	Desc	Desc	Valor (C/ desc)	Valor	Margem	
Bomba de Calor LG Therma V 12 kW Média Temp. Monofásica	1	3 090,00 €	3 090,00 €			3 090,00 €	3 785,70 €	695,70 €	
Termoac.E-RENOV INOX Duplex 300L VS 1Perm. B.Calor	1	1 161,84 €	1 161,84 €			1 161,84 €	1 423,42 €	261,58 €	
Acumulador de Inércia VS Chão Inox DUPLEX 100L 4 Lig.	1	434,66 €	434,66 €			434,66 €	532,52 €	97,86 €	
Circulador YONOS PARA RS25/7,5	1	135,00 €	135,00 €			135,00 €	165,39 €	30,39 €	
Válvula Motorizada de 3 Vias	1	100,78 €	100,78 €			100,78 €	123,47 €	22,69 €	
Vaso de Expansão AQC 18L	1	30,23 €	30,23 €			30,23 €	37,04 €	6,81 €	
Válvula de Enchimento Automático 1/2	1	40,66 €	40,66 €			40,66 €	49,81 €	9,15 €	
Purgador Ar Automático 1/2x2,5 bar	1	5,13 €	5,13 €			5,13 €	6,28 €	1,15 €	
Anticongelante Glicol 10L	3	7,50 €	22,50 €			22,50 €	27,57 €	5,07 €	
Vaso de Expansão AQS 18L	1	35,56 €	35,56 €			35,56 €	43,57 €	8,01 €	
Grupo de Segurança p/ Termoacumulador	1	17,56 €	17,56 €			17,56 €	21,51 €	3,95 €	
Válvula de Segurança 3/4x3bar FF	1	9,30 €	9,30 €			9,30 €	11,39 €	2,09 €	
Sonda AQS LG	1	51,58 €	51,58 €			51,58 €	63,19 €	11,61 €	
Tubagens e Acessórios	1	150,00 €	150,00 €			150,00 €	183,77 €	33,77 €	
			0,00 €			0,00 €	- €	0,00 €	
			0,00 €			0,00 €	- €	0,00 €	
			0,00 €			0,00 €	- €	0,00 €	
Projeto, Instalação e Arranque da Obra	1	621,25 €	621,25 €			621,25 €	761,12 €	139,87 €	
			Custos			5 906,05 €			
			Sub Total Com Margem			7 235,77 €		1 329,72 €	
			IVA 23%			1 664,23 €			
			Valor Final			8 900,00 €			

Figura 27 - Folha de orçamentação da bomba de calor

Por fim, a única folha com o documento a ser enviada ao cliente, contendo ao longo das 8 páginas (Figura 28), um breve resumo da instalação com uma estimativa dos custos de operação do sistema proposto, a informação relativa a garantias, as propostas de orçamento propriamente ditas com o descritivo dos principais equipamentos e componentes propostos, e outras informações relevantes, como as condições de pagamento.



Ligue-se ao sol.

INSTALAÇÃO AQC (Só quente)+ AQS
Bomba de calor

Nome do Cliente
Localidade da Instalação

Delegação de Coimbra T 239 700 750
REF: CBR_CLM_21_92_REV00

Sistema de aquecimento central e AQS

ÍNDICE

1. DESCRIÇÃO	3
2. CONDIÇÕES DE PROJECTO	4
2.1. DADOS DE PROJECTO	4
2.2. SIMULAÇÃO DO CONSUMO	4
3. GARANTIAS	5
4. PROPOSTA	6
4.1. VALIDADE DA PROPOSTA	8
4.2. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO	8
4.3. PRAZO PARA INSTALAÇÃO EM OBRA	8
5. FICHAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS	8

Sistema de aquecimento central e AQS

1. DESCRIÇÃO

Esta memória descritiva tem por objecto a descrição das condições de um sistema de aquecimento central e AQS para uma habitação.


Unidade de Produção de Energia - Bomba de calor

Permite fazer a climatização (aquecimento apenas ou aquecimento e arrefecimento) de uma casa e as águas quentes sanitárias (AQS). Equipamento limpo, uma vez que funciona a energia eléctrica, e muito eficiente, pois vai buscar uma parte significativa da energia que necessita ao ambiente exterior. A água que a bomba aquece ou arrefece é encaminhada para um depósito de inércia que a armazena e a distribui pela casa, com a ajuda de bombas de circulação, para os sistemas de difusão de energia ou, alternativamente, é encaminhada para o

Sistema de Difusão de Energia - Radiadores

Permite fazer a difusão do calor/frio produzido pela fonte de calor/frio, como por exemplo, a bomba de calor, a caldeira a lenha ou pellets e o recuperador de calor a água. São equipamentos hidráulicos onde circula a água e que são colocados no interior do espaço a climatizar.

Os radiadores são os elementos que permitem a troca de energia produzida com o ar ambiente, dando lugar ao seu aquecimento. São formados por elementos acopláveis entre si através de manguitos e junta de estanqueidade. Os elementos são fabricados por injeção à pressão da liga de alumínio previamente fundida.



Sistema de aquecimento central e AQS

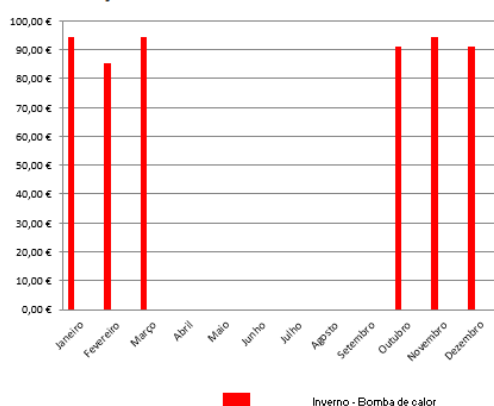
2. CONDIÇÕES DE PROJECTO

2.1. DADOS DE PROJECTO

Para o cálculo dos consumos de climatização e AQS foram utilizados os seguintes dados:

Rendimento da Fonte de Calor (A)	3	Potência necessária (Arref.)		kW
Rendimento da Fonte de Calor (A)		nº de horas em funcionamento	4	h
Meses de Inverno	6 meses	Litros de água aquecida (A)	300	L/dia
Meses de Verão	6 meses	Custo energia (Aq.)	0,16	€/kWh
Potência necessária (Aq.)	11	Custo energia (Arref.)	0,16	€/kWh

2.2. SIMULAÇÃO DO CONSUMO



Custo anual de energia para aquecimento - Bomba de calor 550,58 €

Sistema de aquecimento central e AQS

3. GARANTIAS

A garantia da instalação é de dois (2) anos. Este período será contabilizado a partir do dia de conclusão da obra em apreço. No caso da instalação não ser feita pelo nosso técnico a SunEnergy não pode oferecer qualquer garantia dos trabalhos de instalação. Deverá solicitar essa garantia à empresa instaladora.)

Em caso de avaria, verificada durante o período de validade da garantia, a empresa instaladora compromete-se a efectuar as reparações necessárias para restabelecer o correcto funcionamento da instalação, sem qualquer custo para o cliente, salvo nos seguintes casos:

- 1) Acidentes devido ao uso negligente, impróprio ou inadequado da instalação.
- 2) Alterações ou tentativas de reparação realizadas por pessoal não autorizado.
- 3) Acções de terceiros ou quaisquer outras razões distintas das condições normais de funcionamento da instalação e que sejam alheias à empresa instaladora, tais como incêndios, inundações, sismos, descargas atmosféricas, tempestades,

Esta garantia exclui as revisões periódicas e de substituição de peças originada pelo desgaste por uso normal dos produtos.

A garantia dos equipamentos a incorporar na instalação poderá ser exercida contra falhas e avarias imputáveis aos respectivos fabricantes e cobrirá a reparação ou substituição dos produtos avariados. Não obstante, essa garantia não cobre os custos de transporte e mão-de-obra de montagem/ desmontagem associados à operação em causa.

4. PROPOSTA

Qt.	Descrição	Preço S/IVA	Preço C/IVA
Sistema de Bomba de calor			
1	Bomba de Calor LG Therma V 12 kW Média Temp. Monofásica		
1	Termoac.E-RENOV INOX Duplex 300L VS 1Perm. B.Calor		
1	Acumulador de Inércia VS Chão Inox DUPLEX 100L 4 Lig.		
1	Circulador YONOS PARA RS25/7,5		
1	Válvula Motorizada de 3 Vias		
1	Vaso de Expansão AQC 18L		
1	Válvula de Enchimento Automático 1/2		
1	Purgador Ar Automático 1/2x2.5 bar		
3	Anticongelante Glicol 10L		
1	Vaso de Expansão AQS 18L		
1	Grupo de Segurança p/ Termoacumulador		
1	Válvula de Segurança 3/4x3bar FF		
1	Sonda AQS LG		
1	Tubagens e Acessórios		
Totais:			

Página 6

Esta Proposta exclui:
Trabalhos de Construção Civil



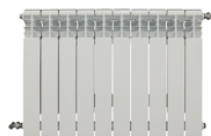
4. PROPOSTA (Continuação)

Qt.	Descrição	Preço S/IVA	Preço C/IVA
Sistema de Radiadores			
86	Elemento Radiador Alumínio Baxi Condal 70		
7	Kit Universal Tampões Radiador Zincado		
14	Suporte Radiador Curto Zincado		
10	União Fecho 200 1/2 Esq. Roca		
7	Válv. p/Rad. Termostática 1/2 Esq. Roca		
3	Válv. p/Rad. Termostaticável 1/2 Esq. Roca		
20	União Compressão 200 1/2x15		
20	Ponteira Cromada p/Radiador 15 x 1/2		
20	Espelho Cromado p/Ponteira Radiador 1/2 x 15mm		
3	Radiador Quarto Banho ZETA T 800X450 Branco Recto		
1	Tubagens e Acessórios		
1	Projeto, Instalação e Arranque da Obra		
Totais:		11 056,91 €	13 600,00 €

Página 7

Divisão	Nº Elem.	Nº Rad.
Hall	7	1
Cozinha	13	1
Sala	15	1
Escritório	13	1
I.S. (P1)	Toalheiro	
Suite	12	1
I.S. (Suite)	Toalheiro	
Quarto 1	12	1
Quarto 2	14	1
I.S. (P1)	Toalheiro	

Esta Proposta exclui:
Trabalhos de Construção Civil



4.1. VALIDADE DA PROPOSTA

Esta proposta é válida pelo período de 30 dias após a sua emissão.

4.2. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

O pagamento deverá ser efectuado da seguinte forma:
50% na adjudicação da obra
50% após a conclusão dos trabalhos

4.3. PRAZO PARA INSTALAÇÃO EM OBRA

A instalação em obra deve estar concluída dentro do prazo a definir com o cliente.

5. FICHAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS

Em anexo apresentamos as fichas técnicas:

Página 8

Revisão	Verificação	Validação	Assinatura
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Rua José Augusto Frutuoso n.º 6 lote 8
3025-029 Coimbra
Contacto: 239 700 750
info@sunenergy.pt
www.sunenergy.pt

Figura 28 - Documento a enviar ao cliente

4.3 Estudo de Soluções e Orçamentos

Nesta secção descreve-se a principal função desempenhada pelo aluno durante o estágio, sendo apresentado, de forma clara, o procedimento a seguir desde a solicitação até à entrega da proposta de orçamento para fornecimento e instalação de sistemas de climatização, e/ou produção de águas quentes sanitárias (AQS).

Após a receção da solicitação, segue-se o contacto telefónico com a pessoa interessada, no sentido de perceber qual é a solução pretendida, se já existe algum sistema instalado e se é possível instalar a solução pretendida. Em muitos dos casos, este contacto acaba por ajudar o cliente a perceber melhor as várias possibilidades dentro daquilo que pretende, e qual aquela que se ajusta melhor à sua habitação.

4.3.1 Exemplo de um Sistema AQS com Bomba de Calor

Uma vez que o sistema solar térmico tem as suas limitações relacionadas com a dependência de radiação solar para a produção de energia térmica, que por sua vez obriga a instalação de um sistema de apoio para complementar a produção de AQS, quando a energia solar não estiver disponível ou for insuficiente, as bombas de calor dedicadas, exclusivamente, à produção de águas quentes sanitárias (AQS) são cada vez mais a alternativa indicada para garantir de forma eficiente e mais económica a produção de água quente nas habitações residenciais.

No decorrer do estágio, foram vários os pedidos de orçamento para este tipo de bomba de calor, uma vez que para além das razões já indicadas acima, a existência destas máquinas com formato monobloco, isto é, apenas um equipamento com tudo acoplado, permite a sua fácil e rápida instalação. No entanto, para instalar este tipo de sistema é necessário garantir as seguintes condições, sendo elas a existência de um local interior para a sua colocação, onde seja também possível instalar uma conduta em tubo PVC com ligação ao exterior para extrair o ar frio libertado pela bomba de calor durante o seu funcionamento, assim como um ponto de ligação à rede de água fria e outro à rede de água quente sanitária da habitação, isto é, para receber a água fria e para injetar a água quente produzida, respetivamente.

Após a solicitação de orçamento, entra-se em contacto com o cliente com o principal objetivo de perceber a tipologia da habitação, mais concretamente, o número de habitantes permanentes da mesma. Assim como, se estão reunidas todas as condições de instalação da bomba de calor a orçamentar, ou se é necessária alguma intervenção adicional.

Com a informação do número de habitantes, é traçado um perfil de consumos considerando os padrões indicados na legislação em vigor à data (Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013), cujo consumo diário de referência de água quente sanitária em edifícios residenciais é de 40 litros por cada habitante e o ΔT a ter em conta é 35 graus Celsius. Tratando-se de um T3, de acordo com a mesma legislação “T3+1”, pelo que se deve considerar 4 habitantes, então pode-se calcular a capacidade de acumulação do termoacumulador da bomba de calor de AQS por 40 L x 4 pessoas, ou seja, de 160 litros.

Avaliando as gamas de bombas de calor de AQS disponibilizadas pelos fornecedores da empresa, escolhe-se uma com um volume de acumulação superior, ou seja, de 200 litros, que

para além de ser o volume acima mais próximo do valor calculado, permite também uma margem de segurança para a eventualidade de ocorrer um consumo diário acima dos valores de referência indicados (DL n.º 118/2013).

Para garantir o correto funcionamento da bomba de calor devem ser considerados no orçamento acessórios de segurança hidráulica, tais como o vaso de expansão e o grupo de segurança para termoacumuladores.

O volume do vaso de expansão de AQS deve ser calculado de acordo com o procedimento de cálculo apresentado na subsecção seguinte (4.3.1.1), o que vai permitir concluir que para a uma acumulação de 200 litros, o volume do vaso de expansão deve ser de 12 litros, uma vez que é o valor por excesso mais próximo do calculado.

No que diz respeito ao grupo de segurança para termoacumulador, a empresa recomenda o fabricado pela marca Caleffi, série 5261, pelo facto de agrupar 3 funções importantes neste tipo de instalações, que são segurança, retenção e corte conforme referida na secção 3.3.5 deste relatório.

Os restantes acessórios de ligação e as tubagens são, habitualmente, englobados na última rubrica das propostas.

A Figura 29 mostra a proposta de orçamento enviada ao cliente, contendo uma breve descrição do equipamento e dos componentes, assim como as exclusões a ter em conta em caso de adjudicação e as condições de pagamento.

sunenergy[®]

1. PROPOSTA

Quant.	Descrição	Preço s/ IVA
1	Bomba de Calor de AQS 200L Inox	
1	Vaso de Expansão de AQS 12L	
1	Grupo de Segurança p/ Termoacumulador	
1	Acessórios	
1	Projeto, Instalação e Arranque da Obra	
		Sub. Total : 2 276,42 €
		IVA 23% : 523,58 €
		Total : 2 800,00 €

Exclusões:
Trabalhos de Construção Civil

Condições de pagamento:
50% Na adjudicação da proposta
50% Após a conclusão dos trabalhos

Prazo para a execução da obra:
A definir com o cliente.

Revisão	Verificação	Validação	Assinatura
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Página 2

Figura 29 - Proposta enviada ao cliente

4.3.1.1 Dimensionamento de Vaso de Expansão de AQS

O dimensionamento do vaso de expansão, neste caso com a designação adicional de “AQS”, por se destinar a equilibrar as flutuações de volume das águas quentes sanitárias, é realizado de acordo com o catálogo técnico da marca Caleffi, com o nome “O dimensionamento de instalações hidrossanitárias - Vasos de expansão e termoacumuladores” (Caleffi, 2016).

Uma vez que se desconhece o diâmetro das tubagens da rede de distribuição de AQS, assim como o seu comprimento, este cálculo considera apenas o volume do termoacumulador, ou seja, 200 litros.

Para este cálculo, é necessário conhecer a temperatura média da água da rede pública de abastecimento, pelo que foi considerado, de acordo com a informação do catálogo técnico da marca Caleffi, um valor de 15 °C (Caleffi, 2016), e também o *set-point* de temperatura definido na bomba de calor, que por ser um valor ajustável pelo cliente, para efeitos de cálculo tem-se em conta o valor máximo indicado na ficha técnica da bomba de calor (60 °C).

Numa segunda fase, encontram-se os coeficientes de expansão da água em relação a uma temperatura de 4 °C (valor aproximado em que a água apresenta um volume mínimo), através da interpretação da figura seguinte:

Coeficientes de expansão da água em relação a T = 4°C			
T	e	T	e
0°C	0,0001	5°C	0,0000
10°C	0,0003	15°C	0,0009
20°C	0,0018	25°C	0,0030
30°C	0,0043	35°C	0,0058
40°C	0,0078	45°C	0,0098
50°C	0,0121	55°C	0,0145
60°C	0,0170	65°C	0,0198
70°C	0,0227	75°C	0,0258
80°C	0,0290	85°C	0,0324
90°C	0,0359	95°C	0,0396
100°C	0,0434		

Figura 30 - Coeficientes de expansão da água (Caleffi, 2016)

- Coeficiente de expansão da água à temperatura de entrada (e0): 0,0009
- Coeficiente de expansão da água à temperatura máxima de saída (eb): 0,0170

É também necessário conhecer as pressões de funcionamento do termoacumulador, isto é, a sua pressão absoluta de alimentação da rede e a pressão absoluta máxima de funcionamento da instalação. Estas pressões são calculadas com as pressões máximas das variáveis Pa e Pvs, somando a estas o valor da pressão atmosférica, considerando-se um valor aproximado à unidade, 1 bar, ou seja:

- Pressão máxima de alimentação da rede (Pa): 3,5 bar
- Pressão de descarga da válvula de segurança (Pvs): 7 bar

Chega-se então a um valor de pressão absoluta de alimentação da rede (P_a) de 4,5 bar (3,5 + 1 bar), e a um valor de pressão absoluta de funcionamento (P_e) (Equação 2), que tendo em conta que o valor da pressão de descarga da válvula de segurança ultrapassa os 5 bar, é necessário retirar-lhe, cerca de 10%, valor que impede a abertura desta válvula, somando-lhe também a pressão atmosférica, assim sendo:

$$\begin{aligned} P_e &= 0,9 * P_{vs} + 1 \Leftrightarrow & (2) \\ \Leftrightarrow P_e &= 0,9 * 7 \text{ bar} + 1 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow P_e &= 7,3 \text{ bar} \end{aligned}$$

Posto isto, estão determinados todos os valores necessários para o cálculo do volume do vaso de expansão de AQS, que são os seguintes:

- Volume do termoacumulador (V_t): 200 L
- Coeficiente de expansão da água à temperatura de entrada (e_0): 0,0009
- Coeficiente de expansão da água à temperatura máxima de saída (e_b): 0,0170
- Pressão absoluta de alimentação da rede (P_a): 4,5 bar
- Pressão absoluta de funcionamento (P_e): 7,3 bar

O volume do vaso de expansão (V_v) é determinado pela Equação 3:

$$V_v = \frac{V_t * (e_b - e_0)}{1 - \frac{P_a}{P_e}} \Leftrightarrow \quad (3)$$

Aplicando a Equação 3, obteve-se um volume de 8,4 litros, sendo o vaso de expansão um componente utilizado para garantir a segurança durante o funcionamento do equipamento, este valor deve ser considerado como um valor mínimo de referência.

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow V_v &= \frac{200 * (0,0170 - 0,0009)}{1 - \frac{4,5}{7,3}} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow V_v &= 8,4 \text{ L} \end{aligned}$$

4.3.2 Sistema de Bomba de Calor com Radiadores Pré-instalados

Nesta secção descreve-se o procedimento de atuação após a solicitação de uma proposta para a troca da fonte de calor do sistema de aquecimento central e produção de AQS, seja uma caldeira a gás, gasóleo ou até a lenha por uma bomba de calor, tendo como emissores térmicos radiadores de alumínio. Esta substituição tem sido muito solicitada à empresa no decorrer do estágio, pelo que o aluno tem realizado inúmeros dimensionamentos para este tipo de solução, sendo apresentado mais à frente um exemplo.

Após o primeiro diálogo com o cliente, é enviado um e-mail solicitando todas as informações necessárias para a realização dos dimensionamentos, e respetivas propostas de orçamento, que normalmente para este tipo de solução são as seguintes:

- Descritivo do número total de elementos de radiadores instalados em cada divisão, e a quantidade de elementos de cada um;
- Informações técnicas ou evidências fotográficas dos radiadores instalados;
- Descritivo das características do isolamento da habitação;
- Número de habitantes permanentemente na habitação;
- Potência máxima admissível na habitação;
- Tipo de instalação elétrica (monofásica ou trifásica).

Este tipo de dimensionamento em que os radiadores já se encontravam instalados, centra-se principalmente na determinação da potência térmica a debitar pela bomba de calor, de forma a satisfazer as necessidades térmicas de cada divisão a aquecer, tendo como referência o número de elementos de radiadores disponíveis para a emissão dessa energia térmica.

Para saber a potência térmica emitida por cada elemento do modelo de radiadores instalados é necessário determinar o diferencial térmico entre a temperatura média do radiador e a temperatura pretendida para o espaço (T_a), conforme a Equação 4 (EN 442, 2015). A temperatura média do radiador é determinada com base nas temperaturas da água à entrada (T_e) e à saída (T_s) do radiador.

$$\Delta T = \frac{T_e + T_s}{2} - T_a \quad (4)$$

Na ficha técnica dos radiadores, obtém-se a potência térmica emitida por cada elemento do radiador em função do diferencial térmico existente. Portanto, tendo o número total de elementos de radiador instalados na habitação e a potência térmica emitida por cada elemento, é possível determinar a potência térmica total que deve ser fornecida pela bomba de calor.

Em seguida, recorre-se ao catálogo das bombas de calor com o objetivo de encontrar a que melhor se ajusta às condições da instalação, isto é, uma BC que seja capaz de produzir uma potência térmica igual ou superior à calculada, para uma instalação de radiadores, cuja temperatura associada a este tipo de emissores térmicos é 55 °C. É necessário ter em atenção o tipo de instalação elétrica da habitação, uma vez que existem bombas de calor monofásicas e trifásicas.

Uma vez que a empresa utiliza o conceito de propostas “chave na mão”, que tem por base a instalação do sistema completo, as propostas enviadas aos clientes incluem todos componentes necessários para permitir o correto funcionamento da instalação.

No que diz respeito ao termoacumulador, o seu dimensionamento vai de encontro ao definido na legislação em vigor, sendo considerado um consumo médio diário de 40 litros por pessoa, como já foi referido anteriormente.

Relativamente ao acumulador de inércia, o seu dimensionamento assenta, essencialmente, no tamanho do circuito de radiadores instalados na habitação, uma vez que a sua principal função é separar hidraulicamente os dois circuitos, isto é, o circuito entre a bomba de calor e o acumulador de inércia e o circuito entre o acumulador de inércia e os radiadores. Permite

também equilibrar os caudais de ambos os circuitos referidos, conseguindo evitar a constante solicitação de potências térmicas elevadas, o que se traduz num melhoramento do rendimento e da eficiência do sistema. Acabando por prolongar a vida útil da bomba de calor.

Para além destas funções, permite ainda assegurar durante algum tempo a temperatura no circuito de radiadores, quando a bomba de calor está a ser solicitada para a produção de AQS, visto que a produção de AQS é prioritária relativamente ao aquecimento ambiente.

De referir que o dimensionamento do vaso de expansão do circuito hidráulico de AQS já foi explicado na secção 4.3.1.1. Quanto ao dimensionamento do vaso de expansão do circuito hidráulico de AQC vai ser explicado na secção 4.3.2.2.

Para além dos componentes mais volumosos, já falados, são ainda necessários outros componentes e acessórios importantes para o correto funcionamento do sistema instalado, tais como:

- Uma bomba de circulação;
- Uma válvula motorizada de três vias;
- Um grupo de enchimento automático;
- Uma válvula de segurança;
- Um purgador de ar automático;
- Líquido anticongelante (glicol);
- Uma sonda de temperatura das AQS.

Por fim, é apresentada uma rubrica com a designação de “Tubagens e Acessórios”, cujo valor se destina à compra das tubagens e respetivos acessórios de montagem de toda a instalação.

Realizado o dimensionamento e a seleção de todos os componentes referidos está concluída a proposta de orçamento propriamente dita.

4.3.2.1 Exemplo de Sistema de Bomba de Calor com Radiadores Pré-instalados

Nesta secção apresenta-se um estudo realizado pelo aluno durante o estágio, em que foi solicitada à empresa uma proposta de orçamento para a substituição do recuperador de calor existente que fazia o aquecimento central da habitação e também era utilizado como sistema de apoio do sistema solar térmico para a produção de AQS. A emissão do calor era feita com radiadores de alumínio. Para AQS existia um termoacumulador com uma acumulação de 300 litros. Este termoacumulador era composto por duas serpentinas, uma interligada com o recuperador de calor e a outra com dois coletores solares térmicos que se encontram na cobertura plana da moradia. O sistema solar térmico garantia a produção de AQS durante os meses de verão e o pré-aquecimento destas mesmas águas durante os meses de inverno, sendo que o aquecimento adicional até à temperatura desejada era feito pelo recuperador de calor, uma vez que era a única fonte de calor alternativa existente na moradia, conforme indicou o cliente.

A colocação da bomba de calor permite a realização do aquecimento central, e também produção das águas quentes sanitárias, de uma forma mais cómoda e limpa, evitando as recargas constantes e as limpezas diárias do recuperador de calor.

Para além da informação já referida, seguiu-se o contacto com o cliente com o intuito de obter as informações em falta, e cruciais para o desenvolvimento do estudo da solução pretendida. No caso apresentado neste relatório, as informações fornecidas foram as seguintes:

- Descritivo do número total de elementos de radiadores instalados em cada divisão, e a quantidade de elementos de cada um:

Instalação composta por 10 radiadores, com o número de elementos distribuído da seguinte forma: Escritório: 1 radiador de 7 elementos; WC 1: 1 radiador de 4 elementos; WC 2: 1 radiador de 4 elementos; Quarto 1: 1 radiador de 9 elementos; Quarto 2: 1 radiador de 8 elementos; Quarto 3: 1 radiador de 8 elementos; Corredor: 1 radiador de 7 elementos; Cozinha: 1 radiador de 10 elementos; Sala de Jantar: 1 radiador de 8 elementos; Sala de Estar: 1 radiador de 8 elementos.

- Descritivo das características do isolamento da habitação:

Laje térrea: sem isolamento térmico;

Laje cobertura: com poliestireno extrudido (XPS) de 60 mm;

Paredes exteriores: sistema ETICS com 50 mm de isolamento;

Metade das paredes da moradia encontram-se com terra encostada, mas isoladas com XPS de 40 mm.

Janelas: Caixilharia com corte térmico e vidro duplo.

- Número de habitantes permanentemente na habitação: 4 habitantes.
- Tipo de instalação elétrica (monofásica ou trifásica): Monofásica.
- Potência máxima admissível na habitação: 10,35 kVA.

As figuras seguintes são relativas à instalação existente, desde os radiadores, os coletores solares térmicos e outros componentes (Figura 31, Figura 32 e Figura 33).



Figura 31 - Fotografia dos radiadores instalados



Figura 32 - Tubagens e componentes existentes



Figura 33 - Coletores solares térmicos instalados

Segue-se o registo da proposta de orçamento numa folha de cálculo criada pela empresa, denominada por “Listagem de Propostas” (Figura 34, que se apresenta desfocada por razões de confidencialidade), e que se destina à enumeração das propostas de orçamento formalizadas e enviadas aos clientes, sendo necessário preencher alguns campos tais como: nome do cliente, nome do comercial responsável, tipo de sistema a orçamentar, e concluindo com alguns indicadores utilizados pelo departamento da qualidade, saúde e segurança no trabalho.

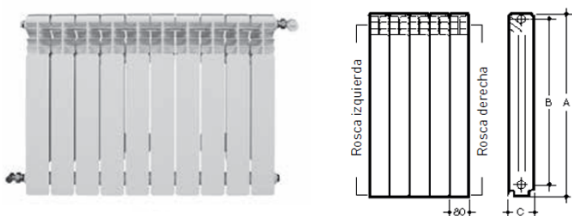
Ref.º Proposta	Responsável Comercial	Tipo Cliente	PRC_Nome / Designação Cliente	Localidade	Sistema	Valor Proposta SIVA	Data pedido	Data resposta	Tempo respos	Adjudicadas
006_22.8_21_181	Pipe Soares	Particular	1211, Vitor Campolongo	Coimbra de Baixo (Aveiro)	AC, Bateria Solar	4719,81	14/03/2021	24/03/2021	10	
006_22.8_21_182	Pipe Soares	Particular	1190, Ana Beatriz	Levada de Coimbra	AC, p/óleo	4719,81	14/03/2021	24/03/2021	10	Indeclinável
006_22.8_21_183	Pipe Soares	Particular	1266, Rui Vitor	Coimbra	AC, 4000+4000 SPS	4817,89	28/03/2021	28/03/2021	10	
006_22.8_21_184	Pipe Soares	Particular	1268, José Pereira	Levada Coimbra	AC, Bateria	2989,52	14/03/2021	21/03/2021	7	
006_22.8_21_185	Pipe Soares	Particular	1212, Ricardo Silva	De Nova de Paços (Coimbra)	AC, p/óleo	3899,33	12/03/2021	23/03/2021	11	Indeclinável
006_22.8_21_186	Pipe Soares	Particular	1280, André Silva	Coimbra	AC 1 P+BC SPS	4227,81	18/03/2021	21/03/2021	3	
006_22.8_21_187	Pipe Soares	Particular	1277, Tiago Almeida	Vila	AC,ACB SPS	2528,33	28/03/2021	27/03/2021	7	
006_22.8_21_188	Pipe Soares	Particular	1261, Maria Luísa	Coimbra	AC 2 1 1 1 AC + BC SPS	4552,81	14/03/2021	21/03/2021	7	Indeclinável
006_22.8_21_189	Pipe Soares	Particular	1256, Tiago Carreira	Trancoso (Aveiro)	AC,ACB SPS	3689,41	21/03/2021	28/03/2021	7	
006_22.8_21_190	Pipe Soares	Particular	1245, Rui Soares	Coimbra de Baixo (Aveiro)	AC,ACB SPS	2528,33	22/03/2021	28/03/2021	6	
006_22.8_21_191	Pipe Soares	Particular	1213, Carlos Cruz	Trancoso Coimbra	AC, p/óleo	4289,14	18/03/2021	28/03/2021	10	
006_22.8_21_192	Pipe Soares	Particular	1217, André Pereira	Parque de Azeite (Coimbra)	AC, Bateria SPS	2112,81	21/03/2021	21/03/2021	11	Indeclinável
006_22.8_21_193	Pipe Soares	Particular	1248, Fernando Costa	Beleza Coimbra	AC,ACB SPS	2278,42	22/03/2021	23/03/2021	1	
006_22.8_21_194	Pipe Soares	Particular	1251, Ana Ribeiro	Coimbra	AC,ACB SPS	2278,42	18/03/2021	28/03/2021	10	
006_22.8_21_195	Pipe Soares	Particular	1252, Fernando Matias	Coimbra	AC,ACB SPS	2478,52	02/04/2021	19/04/2021	17	

Figura 34 - Listagem de propostas

Numa segunda fase, é calculado o diferencial térmico (Equação 4), de modo a descobrir a potência térmica solicitada pela instalação de radiadores existente. O cálculo deste diferencial é realizado tendo em conta as características do modelo da bomba de calor a propor. Neste caso, uma BC da marca LG, modelo Therma V Monobloco muito utilizada para instalações com radiadores, uma vez que é capaz de aquecer água até aos 65 °C (temperatura máxima), sendo o ciclo termodinâmico é realizado com o fluido frigorigéneo R32 e apenas um compressor, mantendo assim uma boa eficiência energética. Portanto considerando que a temperatura máxima da bomba de calor é a temperatura de entrada da água no radiador (Te), enquanto a temperatura de saída da água do radiador (Ts) é de, aproximadamente, 55 °C e a temperatura ambiente (Ta) de 20 °C.

$$\text{Temos então, } \Delta T = \frac{65+55}{2} - 20 = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Os radiadores instalados são da marca BAXI, modelo Condal 70, e segundo a sua ficha técnica, para um diferencial térmico de 40 °C, a potência térmica emitida é de 98 W (Figura 35).



			Condal			
			45	60	70	80
Pressão máx. trabalho	bar		20	20	20	20
Temperatura máx. trabalho	°C		110	110	110	110
Cotas	Altura (A)	mm	423	574	675	775
	Entre eixos (B)	mm	350	500	600	700
	Largura (C)	mm	80	80	80	80
	Profundidade (D)	mm	95	95	95	95
Peso	kg	1,08	1,36	1,53	1,69	
Capacidade água	l	0,26	0,33	0,35	0,4	
Potência por elemento (1)	$\Delta T = 30^\circ$	W	46,1	58,3	67,3	75,6
	$\Delta T = 40^\circ$	W	67,1	84,8	98	110,3
	$\Delta T = 50^\circ$	W	89,6	113,3	131,4	147,7
Expoente "n" curva característica (1)		1,3	1,3	1,31	1,31	
Fornecimento		Em baterias de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 elementos				
Referência (2)		72645xx	72660xx	72670xx	72680xx	

Figura 35 - Ficha técnica dos radiadores instalados (Adaptado de BAXI, 2021b)

Somando todos os elementos constituintes dos 10 radiadores que totalizam 73 elementos e sabendo que cada um emite uma potência de 98 W, pode-se determinar a potência térmica total da instalação que é de 7154 W, ou seja cerca de 7,2 kW (Equação 5).

$$\text{Potência Térmica Total} = 73 * 98 = 7154 \text{ W} \quad (5)$$

Recorrendo ao catálogo das bombas de calor referidas anteriormente, inicia-se a procura pela bomba de calor que melhor se ajusta às condições da instalação, e que permite responder com uma potência igual ou superior à calculada, para uma instalação com radiadores.

A bomba de calor com a referência HM091M.U43 do modelo Therma V Monobloco, apenas debita uma potência térmica de 5,5 kW à temperatura de 55 °C⁵, como se pode ver na Figura 36, mostrando-se insuficiente para responder ao pedido pela instalação em estudo.

⁵ Temperatura associada aos radiadores. No caso do piso radiante ou dos ventiloconvectores é 35 °C.

Especificações do Produto

Descrição		Unidade	HM071M.U43	HM091M.U43	
Capacidade Nominal	Aquecimento	LWT 35°C a OAT 7°C	kW	7.00	9.00
		LWT 55°C a OAT 7°C	kW	5.50	5.50
		LWT 35°C a OAT 2°C	kW	4.20	5.40

Figura 36 - Capacidade nominal das bombas de calor de 7 e 9 kW⁶ (LG, 2021)

Nestes casos, procura-se uma bomba de calor com potência térmica mais alta, sendo que surgem então os modelos com 12, 14 e 16 kW, para este caso em concreto a BC com a referência HM121M.U33 responde à solicitação de potência térmica necessária (7,2 kW) com a temperatura de saída da água de 55 °C (Figura 37).

Especificações do Produto

Descrição		Unidade	HM121M.U33	HM141M.U33	HM161M.U33	
Capacidade Nominal	Aquecimento	LWT 35°C a OAT 7°C	kW	12.00	14.00	16.00
		LWT 55°C a OAT 7°C	kW	12.00	12.00	12.00
		LWT 35°C a OAT 2°C	kW	11.00	12.00	13.80

Figura 37 - Capacidade nominal das bombas de calor de 12, 14 e 16 kW (LG, 2021)

Uma vez que a empresa apenas entrega propostas para soluções “chave na mão”, os projetos de dimensionamento de sistemas com bomba de calor são acompanhados por todos os componentes necessários para o correto funcionamento da instalação. Para isso, são também dimensionados e orçamentados componentes como por exemplo o termoacumulador, o acumulador de inércia, a bomba circuladora e os vasos de expansão.

Como já foi referido, o cliente já tinha instalado o termoacumulador de 300 litros com duas serpentinas, pelo que este componente não foi orçamentado.

4.3.2.2 Dimensionamento de Vaso de Expansão de AQC

O vaso de expansão de aquecimento (AQC) é responsável pela absorção das variações de volume do fluido térmico no circuito fechado de aquecimento, o seu dimensionamento é realizado de acordo com o catálogo técnico da marca Caleffi, que aborda o tema dos vasos de expansão para instalações hidrossanitárias e de aquecimento, de onde foi retirada a seguinte Equação 6 (Caleffi, 2019):

$$Vn = \frac{e \cdot Va + Vv}{1 - \frac{Pa}{Pe}} \quad (6)$$

Em que:

- Vn, é o volume do vaso de expansão (em litros);
- e, é o coeficiente de expansão da água;

⁶ O valor de potência apresentado na referência da BC é normalmente utilizado para a denominar.

- V_a , é o conteúdo de água da instalação (em litros);
- V_v , é o volume mínimo de água no vaso de expansão, na fase inicial;
- P_a , é a pressão absoluta inicial do lado do gás (bar);
- P_e , é a pressão absoluta final do lado do gás (bar).

Para agilizar o cálculo do volume dos vasos de expansão (AQS e AQC), o aluno elaborou uma folha de cálculo, que através da introdução de quatro parâmetros simples da instalação, determina o volume do vaso de expansão mais indicado para as características da instalação apresentadas pelo utilizador, evitando assim a realização dos cálculos manualmente em todos os dimensionamentos, como os apresentados na secção 4.3.1.1. A Figura 38 ilustra as informações solicitadas pela folha de cálculo, assim como o resultado para este caso.

Uma vez que estes componentes são fabricados com volumes padronizados, de forma a permitir o correto funcionamento do sistema, o arredondamento deve ser realizado por acréscimo, isto é, para esta instalação o volume do vaso de expansão de aquecimento (AQC) mais indicado é 18 litros, com uma pré-carga de, pelo menos, 0,85 bar.

Dimensionamento de Vasos de Expansão AQC (Pválvula de segurança<5bar)		
Introdução de dados:		
Volume do Termoacumulador [L]:		150
Temperatura Máxima Admissível dos Dispositivos de Segurança [°C]:		90
Distância entre Altura Máxima e Mínima do Sistema [m]:		5,5
Pressão de Regulação da Válvula de Segurança [bar]:		3
Resultados:		
Volume do Vaso de Expansão [L]:	>	17,40
Pré-carga do Vaso de Expansão [bar]:	=	0,85

Figura 38 - Folha de cálculo desenvolvida para determinar o volume do vaso de expansão de AQC

Por fim, são acrescentados ao orçamento os restantes componentes, e acessórios de segurança, sendo eles: uma bomba de circulação, uma válvula de três vias, um grupo de enchimento automático, uma válvula de segurança, um purgador de ar automático, líquido anticongelante (glicol) e uma sonda de temperatura das AQS. É também apresentada uma rúbrica com a designação de “Tubagens e Acessórios”, cujo valor se destina à compra das tubagens e respetivos acessórios de ligação.

Terminada a vertente do dimensionamento, segue-se e a seleção de todos os componentes referidos, nos respetivos catálogos e *websites* dos fornecedores.

Na Figura 39 pode ver-se a parte da proposta no documento enviado ao cliente.

4. PROPOSTA

Qt.	Descrição	Preço S/IVA	Preço C/IVA
Sistema de Bomba de calor			
1	Bomba de Calor LG Therma V 12 kW Média Temp. Monofásica		
1	Acumulador de Inércia VS Inox 100L 4 Lig.		
1	Circulador YONOS PARA RS25/7,5		
1	Válvula de 3 Vias Motorizada		
1	Vaso de Expansão AQC 18L		
1	Válvula de Enchimento Automático 1/2		
1	Purgador Ar Automático 1/2x2,5 bar		
3	Anticongelante Glicol 10L		
1	Válvula de Segurança 3/4x3bar FF		
1	Sonda AQS LG		
1	Tubagens e Acessórios		
1	Projecto Instalação e Arranque da Obra		
Totais:		5 650,41 €	6 950,00 €

Esta Proposta exclui:
Trabalhos de Construção Civil



Figura 39 - Parte da proposta enviada ao cliente

4.3.3 Sistema de Bomba de Calor com Piso Radiante

Nesta secção apresenta-se o procedimento realizado pelo aluno ao receber a solicitação de uma proposta de orçamento para a instalação de piso radiante e bomba de calor aerotérmica numa habitação.

Numa primeira fase, entra-se em contacto com o cliente para lhe solicitar o envio das informações necessárias para a elaboração do estudo de dimensionamento, e da respetiva proposta de orçamento.

Neste tipo de projeto solicitam-se as seguintes informações:

- Plantas da habitação;
- Características de isolamento da habitação;
- Tipo de instalação elétrica (monofásica ou trifásica);

- Potência máxima admissível na habitação;
- Número de habitantes permanentes da habitação.

Tendo reunidas todas estas informações, o dimensionamento do piso radiante tem início com a escolha da tipologia da habitação, da qualidade do isolamento e da temperatura mínima média exterior na região da habitação para a estação de aquecimento utilizando a ferramenta de dimensionamento de sistemas desenvolvida pela empresa.

A tipologia é variável entre moradia e apartamento na parte central ou na extremidade do prédio, e se este tem ou não aquecimento. A qualidade do isolamento varia em três níveis, sendo eles: sem isolamento, com isolamento regular, ou bom isolamento, a cada um destes níveis está atribuído um valor que irá fazer variar a potência térmica final solicitada por cada divisão, o mesmo acontece com a tipologia da habitação e com a temperatura mínima média exterior.

De seguida analisam-se as plantas da habitação, com vista a definir as divisões onde irá ser colocado piso radiante, sendo normalmente excluídas garagens, lavandarias e anexos, quando existentes. Segue-se a introdução da tipologia de cada divisão, a sua área e o respetivo perímetro, de forma a dar continuidade ao dimensionamento do piso radiante. Uma vez que estas informações não constam, habitualmente, nas plantas das habitações são medidas com recurso ao software ZWCAD, importando o documento PDF com a planta, e posteriormente ajustando a escala do desenho. Quando a planta já é entregue em formato de desenho, não é necessário realizar todo este processo, passando-se de imediato para as medições.

Na folha seguinte calcula-se a potência térmica necessária para o aquecimento de cada divisão, assim como o comprimento de tubo a aplicar em cada divisão, tendo em conta parâmetros como o intervalo entre cada passagem de tubagem, que é tipicamente 20 centímetros. A este comprimento soma-se o dobro da distância entre a divisão de cada circuito e o coletor de piso radiante, que será instalado numa caixa própria para o efeito numa das divisões da habitação a definir pelo aluno.

O número de circuitos de cada divisão é definido através do comprimento total da tubagem, não sendo aconselhados comprimentos superiores a 115 metros por circuito, de forma a não comprometer a eficiência na transmissão do calor, ou seja, quando este comprimento é ultrapassado deve dividir-se o comprimento total por 115 metros, de modo a obter o número de circuitos mais aconselhado para aquela divisão.

Tendo o número de circuitos por divisão definido é, por sua vez, encontrado o número total de circuitos da instalação. Nesta fase, encontra-se também já definido o número de coletores a instalar, sendo instalado, pelo menos, um por piso, e ao qual podem estar associados até 14 circuitos.

Na folha do pré-orçamento (Figura 40) encontram-se discriminados todos os componentes necessários para a instalação de um piso radiante, nesta folha cabe ao aluno definir as quantidades a orçamentar para cada item, considerando os dados obtidos no dimensionamento realizado. Os espaços marcados a amarelos são de preenchimento obrigatório pelo aluno, enquanto os restantes são obtidos de forma pré-programada pela folha de cálculo.

Artigo	Quantidade
Uponor Klett Comfort Pipe PLUS 16x2,0 mm	960 m
Uponor Klett painel Rolo Extra EPS DES 25-2 mm 10x1 m	170 m2
Uponor Multi Autofixação Fita Perimetral 150 mx10 mm	200 m
Uponor Multi Autofixação Fita de União 66 mx50 mm	3 Un.
Aditivo Uponor Multi para Argamassa	30 kg
Curva-tubos Plástico Uponor Fix ø 16-17 mm	20
Kit Coletor c/ Caudalímetro VARIO M 7 Saídas	1
Kit Coletor c/ Caudalímetro VARIO M 3 Saídas	1
Uponor Vario Plus Adaptador 16x2,0 mm	20
De 6 a 9 saídas: 80x700	1
De 2 a 5 saídas: 80x550	1
700 mm	1
550 mm	1
Uponor Cabeça Eletrotérmica Vario Plus 24 V	10
Unidade Base SMATRIX X-245 p/ Cabo 6 Canais	2
Módulo Ext. SMATRIX M-242 p/ Cabo +6 Canais	2
Uponor Termostato Digital p/ Cabo T-146	8

Figura 40 - Pré-orçamento de piso radiante

Para um melhor entendimento de todos os componentes necessários à instalação de um piso radiante são apresentados os pontos mais importantes. O primeiro ponto diz respeito à tubagem a distribuir pelo chão da habitação (Figura 41), que através tiras de velcro incorporadas, permite a fixação da tubagem à tela (Figura 42) que já foi colocada nas várias divisões da casa que vão ter aquecimento (segundo ponto).



Figura 41 - Tubagem - Uponor Klett Comfort Pipe PLUS 16x2,0 mm (Uponor, 2021a)



Figura 42 - Tela - Uponor Klett Painel Rolo Extra EPS DES 25-2 mm 10x1 m (Uponor, 2021b)

Seguem-se os kits de coletores (Figura 43) cuja sua seleção depende do número de ligações que cada um deve ter, a juntar a estes são necessários apoios para a curvatura do tubo, assim como adaptadores de ligação da tubagem ao coletor. Cada kit é constituído por dois coletores, um destinado à distribuição do fluido térmico e o outro à sua recolha, pelo que os últimos dois acessórios referidos são orçamentados em dobro relativamente ao número de circuitos existentes.



Figura 43 - Coletor - Uponor Kit Coletor com Caudalímetro Vario M 6 Saídas

Considerando o número de ligações de cada kit de coletores são também escolhidas as caixas para a colocação dos mesmos e as respetivas tampas, estas são dimensionadas tendo em conta o intervalo do número de ligações dos coletores definido pelo fabricante.

Os últimos quatro pontos (Figura 40) dizem respeito à parte de controlo do funcionamento do piso radiante com as cabeças eletrotérmicas, que permitem a regulação da abertura de cada circuito (Figura 44), a unidade base e o módulo “SMATRIX”, que são responsáveis pela interligação/controlo das cabeças eletrotérmicas tendo em conta o sinal recebido dos termostatos.



Figura 44 - Cabeças Eletrotérmicas Uponor Vario Plus

Em seguida, passa-se à orçamentação do sistema dimensionado através de uma tabela com os itens anteriormente descritos, e as respetivas quantidades dimensionadas, para que lhe seja atribuído um valor de compra. Para além, destes valores é ainda estimado o período de execução da instalação, em dias, de modo a ser contabilizado no preço final da proposta de orçamento.

Finalizada a parte do piso radiante, deve-se dimensionar/escolher a BC a instalar e os restantes componentes necessários para o seu correto funcionamento. A potência térmica mínima da bomba de calor determina-se com a ajuda da folha dedicada ao dimensionamento dos circuitos do piso radiante, onde se encontra a potência térmica solicitada pela habitação, que corresponde ao funcionamento em pleno de todos os circuitos, com este valor inicia-se uma pesquisa, junto dos fornecedores, de uma bomba de calor que responda a essa solicitação da potência térmica.

O dimensionamento dos restantes componentes e acessórios da instalação em tudo são idênticos aos processos descritos na secção 4.3.2.1 intitulada de “Exemplo de Sistema de Bomba de Calor com Radiadores Pré-instalados”, pelo que não serão novamente descritos.

4.4 Visita Técnica

A visita técnica é utilizada pela empresa para avaliar as condições de instalação dos sistemas propostos, uma vez que, na maior parte das vezes, não é possível realizar esta avaliação antes do envio da proposta, algo que é justificado pelo elevado número de solicitações diárias recebidas pela empresa.

Pelo que as propostas de orçamento são realizadas, sempre que possível, com recurso a informações e fotografias enviadas pelo cliente, como já foi referido, e a visita ao local de instalação ocorre apenas quando o cliente mostra interesse em avançar para a adjudicação, com o intuito de confirmar os pressupostos criados durante a orçamentação.

Nesta visita técnica define-se também, em conversa com o cliente, o local de instalação dos diversos equipamentos e componentes do sistema. De forma, a permitir ao técnico instalador um melhor planeamento da instalação.

4.4.1 Exemplo de uma Visita Técnica

Nesta secção apresentam-se os pontos importantes verificados numa visita técnica realizada pelo aluno, em que o sistema proposto consistia numa bomba de calor monobloco que iria satisfazer as necessidades de aquecimento da habitação através do sistema de aquecimento central instalado com radiadores de alumínio, e também produzir águas quentes sanitárias.

A verificação começou pelo local pensado para a colocação da bomba de calor, isto é, na cobertura da moradia, junto a uma chaminé desativada (Figura 45), que iria servir de courete para a passagem das tubagens de ligação da bomba de calor aos depósitos (circuito de ida e o circuito de retorno do fluido térmico), assim como as cablagens de alimentação e comunicação da bomba de calor até à zona técnica.



Figura 45 - Local definido para a instalação da bomba de calor

Relativamente à zona técnica (Figura 46), já se encontrava instalado um termoacumulador com uma acumulação de 300 litros de águas quentes sanitárias e dois serpentinas, uma delas interligada com dois coletores solares térmicos instalados na cobertura, e a outra interligada com o recuperador de calor a lenha. Este recuperador era, até então responsável pela produção de AQS, e também pelo aquecimento da habitação através dos radiadores instalados. A circulação do fluido térmico entre o recuperador, a serpentina do termoacumulador e o circuito

de radiadores realizava-se com ajuda da bomba de circulação, sendo a comutação do funcionamento do sistema para a produção de AQS ou para aquecimento central feita de forma automática através de válvula de três vias motorizada comandada por um termostato de imersão.



Figura 46 - Zona técnica

Com a interligação da bomba de calor com o objetivo de completar este sistema, o recuperador de calor deixaria de produzir águas quentes sanitárias, passando esta tarefa a ser desempenhada pelo sistema solar térmico e pela bomba de calor. No entanto, o recuperador de calor vai permanecer ligado de aquecimento central, ficando ligado ao acumulador de inércia, juntamente com a bomba de calor, permitindo contribuir na produção de fluido térmico para o circuito de radiadores quando este fosse aceso. A alternância do fluxo térmico entre a bomba de calor, o termoacumulador e o acumulador de inércia segue o mesmo princípio utilizado até então nesta instalação.

A visita permitiu comprovar que todos os pressupostos considerados durante a orçamentação estavam corretos, podendo o cliente avançar para a adjudicação de proposta enviada.

4.5 Acompanhamento de Obra

Nesta secção descrevem-se os acompanhamentos de obra de instalações de sistemas realizadas no decorrer do estágio, nos quais o aluno teve oportunidade de aprender e aplicar os procedimentos necessários inerentes à instalação dos sistemas. Esta interação com os equipamentos e componentes das várias tipologias de sistemas foi vista como uma mais-valia, uma vez que teve oportunidade de trabalhar e manusear os equipamentos e componentes por ele orçamentados nas várias propostas.

4.5.1 Instalação de Sistema de Bomba de Calor com Radiadores Pré-instalados

Como já foi referido, durante o estágio o aluno realizou vários orçamentos em que os radiadores já se encontravam instalados, não havendo, portanto, necessidade de intervir nessa parte de instalação, a não ser proceder à purga de cada radiador no arranque do novo sistema. Na maior parte das vezes, este tipo de proposta é realizado para substituir caldeiras a gasóleo, gás ou biomassa, e esta obra é um exemplo disso mesmo, tendo sido removida uma caldeira a

gasóleo (Figura 47), para dar lugar a uma bomba de calor que respondesse igualmente ao aquecimento central e à produção de águas quentes sanitárias, de forma mais económica e sustentável.



Figura 47 - Caldeira a gasóleo e depósito AQS removido

No esquema de princípio desta instalação (Figura 48) podem ver-se todos os equipamentos e componentes do sistema a instalar, assim como os circuitos hidráulicos a serem realizados pelo técnico instalador.

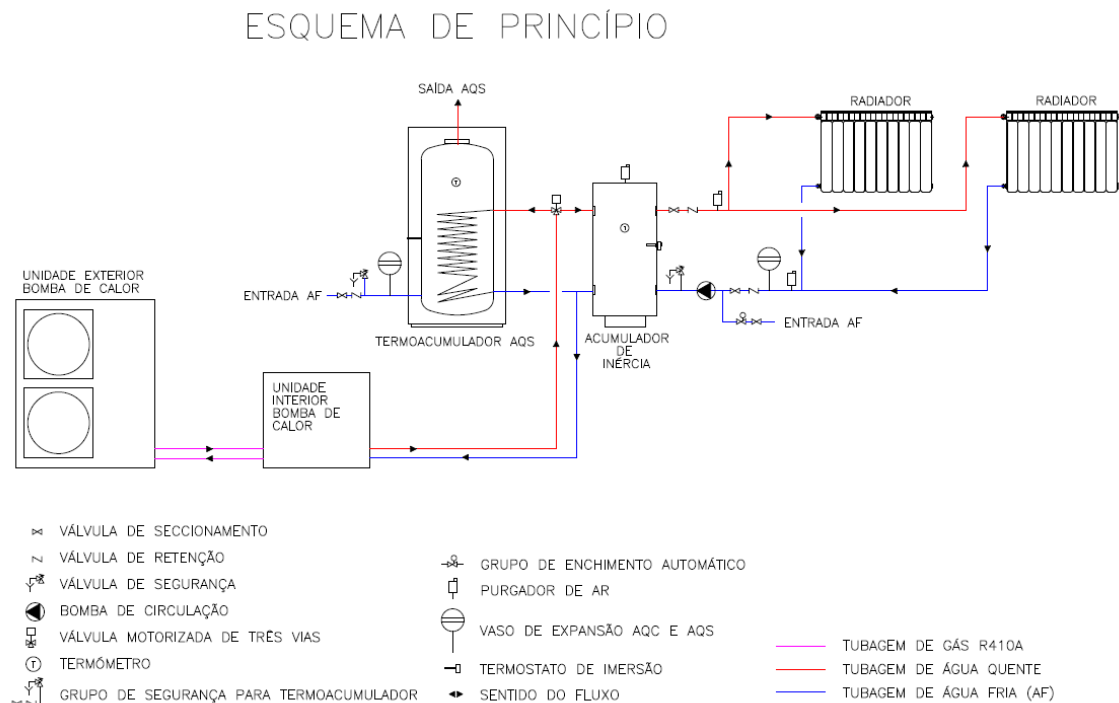


Figura 48 - Esquema de princípio da instalação

A bomba de calor a instalar tratava-se do modelo *split* Altherma R HT de alta temperatura da marca Daikin, capaz de produzir água quente com uma temperatura máxima de 80 °C com recurso a dois compressores, um deles na unidade exterior colocada ao ar livre (evaporador) e

o outro na unidade interior. Esta unidade foi instalada na zona técnica, juntamente com o termoacumulador, o acumulador de inércia, a válvula de três vias motorizada, e os restantes acessórios de segurança do sistema.

Para a fixação da unidade exterior da bomba de calor fez-se um maciço de betão, que foi depois furado em quatro pontos onde foram colocados os parafusos de aperto das sapatas da bomba de calor. Ao rosçar os parafusos, o aluno reparou que o cimento estava a ceder, não permitindo fixar desta unidade com a intensidade necessária para resistir a ventos fortes. A situação acabou por ser resolvida pelo aluno com a aplicação de bucha química.

Na zona técnica, a instalação iniciou-se com a distribuição dos componentes mais volumosos, de forma a facilitar a instalação dos restantes componentes, assim como permitir futuras intervenções de manutenção do sistema. De seguida deu-se início às ligações hidráulicas a partir da unidade interior da bomba de calor até aos depósitos (termoacumulador e acumulador de inércia) passando pela válvula motorizada de três vias (Figura 49), assim como à alimentação do termoacumulador por intermédio de um grupo de segurança (Figura 50).



Figura 49 - Instalação da válvula motorizada de três vias



Figura 50 - Instalação do grupo de segurança para termoacumulador

O enchimento do circuito de radiadores passou a ser executado com o grupo de enchimento automático (Figura 51). Até então era utilizado um método manual para a regulação da pressão no circuito realizado através de duas válvulas de corte, uma que permitia a passagem de água para o interior do circuito e a outra que permitia a sua saída, sendo a medição feita através de um manómetro que indicava a pressão no interior do circuito.



Figura 51 - Interligação de grupo de enchimento automático

No circuito de radiadores a impulsão do fluido térmico é realizada por uma bomba de circulação colocada no circuito de retorno (Figura 52) visto que, neste troço a temperatura do fluido é mais baixa, evitando assim a exposição das partes móveis da bomba de circulação a temperaturas altas que as poderiam danificar. Esta bomba de circulação é ativada através de um termostato de imersão colocado numa das ligações do acumulador de inércia, que ao detetar a temperatura pré-definida fecha um contacto elétrico. Por sua vez, quando termostato deteta uma temperatura inferior à pré-definida, o contacto elétrico abre-se e a circulação do fluido térmico é interrompida.



Figura 52 - Bomba de circulação do fluido térmico

De modo a garantir a segurança do circuito, que engloba a serpentina interna do termoacumulador AQS, o acumulador de inércia, e a toda a tubagem por onde circula o fluido térmico foi colocado um vaso de expansão de aquecimento (Figura 53), e também uma válvula de segurança pré-regulada para abrir sempre que a pressão no interior da tubagem exceder os 3 bar (Figura 52).

No topo do acumulador de inércia foi instalado um purgador de ar automático (Figura 54), permitindo a libertação do ar que se possa acumular naquele que é ponto mais alto da instalação na zona técnica.



Figura 53 - Vaso de expansão de aquecimento



Figura 54 - Purgador de ar automático no topo do acumulador de inércia

Na zona técnica, todas as tubagens destinadas à circulação de fluido térmico (mistura de água com anticongelante e anticorrosivo), ou de água quentes sanitária foram isoladas através de mangas de 20 mm de isolamento térmico, de acordo com a tabela I.07 da alínea b) do ponto 4.1. dos anexos da Portaria n.º 349-B/2013 (Tabela 1).

Tabela 1 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens [mm]

TABELA I.07

Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm)

Diâmetro (mm)	Fluido interior quente				Fluido interior frio			
	Temperatura do fluido (°C)				Temperatura do fluido (°C)			
	40 a 65 ⁽¹⁾	66 a 100	101 a 150	151 a 200	-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
D ≤ 35	20	20	30	40	40	30	20	20
35 < D ≤ 60	20	30	40	40	50	40	30	20
60 < D ≤ 90	30	30	40	50	50	40	30	30
90 < D ≤ 140	30	40	50	50	60	50	40	30
D > 140	30	40	50	60	60	50	40	30

(1) Para efeitos de isolamento das redes de distribuição de água quente sanitária (redes de sistemas secundários sem recirculação), pode-se considerar um valor não inferior a 10mm.

A bomba de calor a instalar é do tipo *split*, que como referido anteriormente, é composta por uma unidade interior e uma unidade exterior. A interligação destas unidades é efetuada com recurso a tubagem de cobre isolada, uma vez que o fluido circulante entre as unidades exterior e interior é o fluido frigorigéneo R410A, sendo este fluido utilizado para transportar o calor retirado do ar ambiente pela unidade exterior até à unidade interior. Onde o fluido frigorigéneo R-134a o absorve e acaba por elevar ainda mais a sua temperatura, de modo a transferir para a água esse calor à temperatura definida pelo utilizador, estando limitado a 80 °C.

Todos os parâmetros de funcionamento da bomba de calor podem ser ajustados através do seu controlador, que neste caso foi colocado no interior da habitação, podendo assim funcionar como termostato ambiente caso o utilizador pretenda.

Para colocação deste controlador no interior na moradia (Figura 55), foi necessário passar um cabo de comunicação de dois condutores desde a zona técnica até ao local de instalação pretendido pelo cliente.

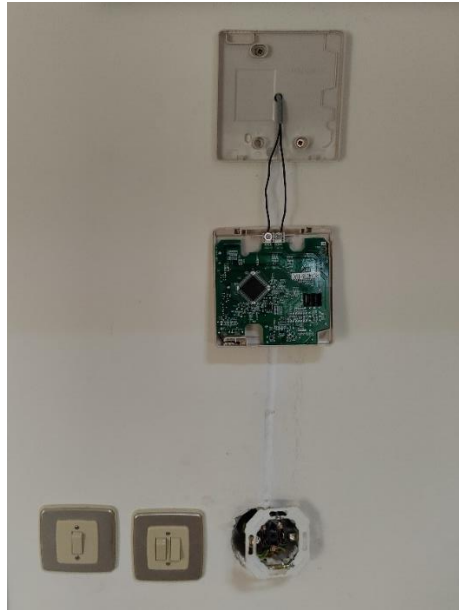


Figura 55 - Local de instalação do controlador

A proteção elétrica dos equipamentos instalados é efetuada por disjuntores, com as intensidades de corrente ajustadas, colocados num quadro elétrico instalado, normalmente, na zona técnica. Neste caso, no quadro elétrico foram instalados dois disjuntores trifásicos de 16 A, um destinado à unidade exterior e o outro à unidade interior da bomba de calor, assim como dois disjuntores monofásicos de 10 A, um para a válvula de três vias motorizada, e o outro para uma tomada que o cliente tinha naquela zona técnica. Sendo ainda visível um disjuntor trifásico de 25 A responsável pela proteção elétrica geral de todas as ligações daquele quadro (Figura 56).

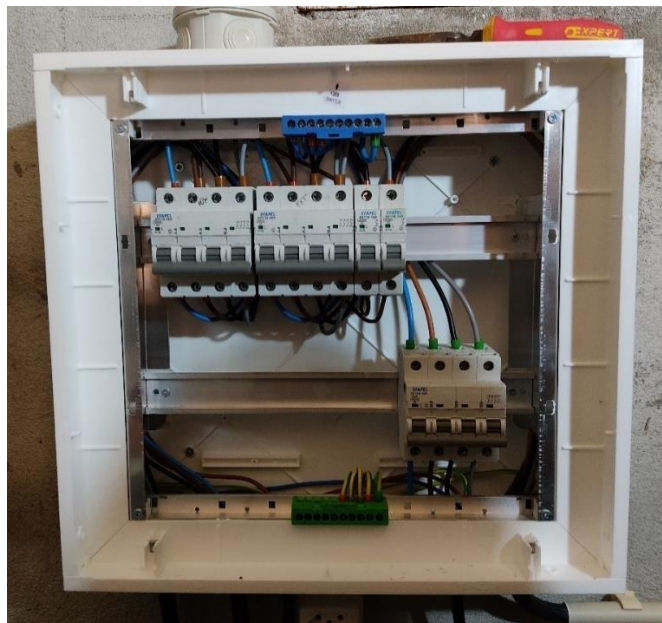


Figura 56 - Quadro elétrico instalado na zona técnica

Após concluir todos os passos descritos, faltava apenas criar o vácuo nas tubagens de cobre entre a unidade exterior e a unidade interior da bomba de calor, tendo este processo como objetivo remover todo o ar contido no interior das tubagens.

Para a criação deste vácuo são necessários os seguintes equipamentos: uma bomba de vácuo (Figura 57) e um conjunto de manómetro para sistemas de refrigeração (Figura 58).



Figura 57 - Bomba de vácuo



Figura 58 - Conjunto de manómetro

O procedimento tem início com a ligação da peça, representada na Figura 59, que ativa o pipo da válvula, permitindo a abertura do fluxo entre o interior e o exterior do circuito de fluido frigorigéneo. Em seguida, são ligadas as tubagens e a peça é ativada, a bomba de vácuo é ligada, permitindo criar o vácuo nas tubagens de cobre entre a unidade exterior e interior da bomba de calor.

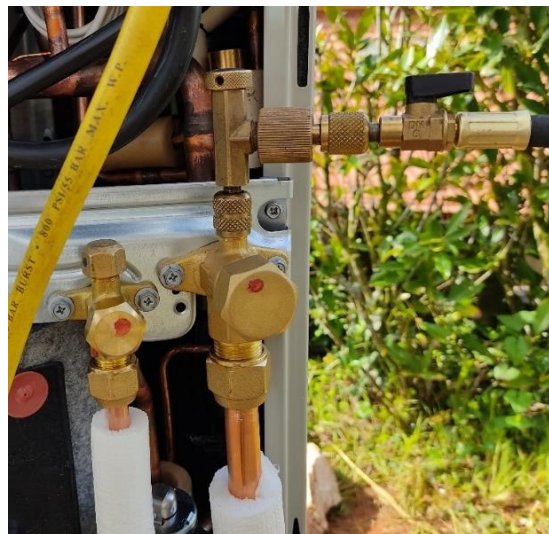


Figura 59 - Válvula de fluido frigorigéneo da unidade exterior

Após atingido o vácuo no interior das tubagens, fechou-se a tal peça, e retiraram-se todas as tubagens, estando a tubagem preparada para receber o fluido frigorigéneo até então contido no interior da tubagem da unidade exterior da bomba de calor. A libertação desse fluido foi conseguida com a abertura da válvula de corte representada na figura abaixo (Figura 60).



Figura 60 - Abertura de válvula de corte para libertação do fluido

Para finalizar a instalação, deu-se início à programação da bomba de calor através do seu controlador (Figura 61), contando com a orientação via telefone do técnico da empresa fornecedora da bomba de calor, seguiram-se os ensaios de todo o sistema instalado, com vista a assegurar que tudo estava em ótimas condições de funcionamento.



Figura 61 - Controlador da bomba de calor

4.5.2 Instalação de Sistema de Bomba de Calor de AQS

O aluno teve a oportunidade de acompanhar uma equipa técnica durante a instalação de uma bomba de calor de AQS monobloco, que como referido anteriormente, é de simples e rápida instalação.

Começou-se com a criação dois pontos de água através de uma tubagem existente, ou seja, um ponto de receção água fria e outro de entrega de água quente sanitária. De seguida foram feitos dois orifícios na parede que contacta com a envolvente exterior, um deles para instalar um tubo PVC de 160 mm para encaminhar o ar frio para o exterior, e outro para permitir a libertação

dos condensados produzidos pela bomba de calor durante o seu funcionamento. A admissão de ar é feita diretamente da própria divisão, uma vez que esta tem uma entrada de ar do exterior.

Após realizadas todas as ligações hidráulicas, procedeu-se à ligação da bomba de calor a uma tomada elétrica da habitação, tendo sido concluída a instalação com o teste e ajuste dos parâmetros de funcionamento da bomba de calor (Figura 62).



Figura 62 - Bomba de calor de AQS instalada

4.5.3 Instalação de Sistema Solar Térmico Forçado

No decorrer do estágio, o aluno colaborou na instalação dos coletores solares térmicos de um sistema solar térmico forçado, adjudicado à empresa juntamente com um recuperador de calor de aquecimento central a lenha que dissiparia a sua energia térmica transmitida para a água através de radiadores de alumínio.

O sistema solar térmico instalado é composto por dois coletores, e um termoacumulador com uma acumulação de 300 litros, com duas serpentinas, permitindo assim o apoio do recuperador de calor na produção de águas quentes sanitárias, quando a radiação solar for insuficiente.

Para a fixação dos coletores solares térmicos na cobertura, uma vez que esta é em telha cerâmica apoiada em vigas de betão, recorreu-se à fixação de duas barra metálica às vigas (Figura 63), de modo a conseguir fixações sólidas e resistentes às condições meteorológicas mais adversas. Os varões roscados virados para cima permitiram criar seis pontos de fixação, distribuídos de forma igual pelas duas barras. Os coletores solares foram posteriormente encaixados na barra inferior, e fixados à barra superior com o aplique visível na Figura 64.



Figura 63 - Fixação para as barras



Figura 64 - Fixação dos coletores solares

Após instalados os dois coletores solares, foram realizadas as perfurações nas telhas para a passagem das tubagens para o interior da cobertura (Figura 65), de forma a fazer chegar estas à zona técnica onde se encontrava instalado o termoacumulador e o grupo de circulação do sistema solar térmico (Figura 66).



Figura 65 - Instalação dos coletores solares térmicos finalizada



Figura 66 - Zona técnica à data da visita do aluno

A restante instalação acabou por ser terminada, mais tarde, já sem o acompanhamento do aluno.

4.6 Desenho de Telas Finais

Durante o estágio, o aluno realizou o desenho das telas finais de duas obras realizadas pela empresa. Nesta secção apresentam-se as telas finais desenhadas pelo aluno relacionadas com uma empreitada de instalação de painéis solares térmicos.

Para a elaboração do desenho das telas finais, o aluno reuniu com os técnicos instaladores da empresa responsáveis pela realização daquela obra, que transmitiram as informações necessárias através de levantamentos esquemáticos complementados com registos fotográficos do local, mostrando cada pormenor e o seu detalhe.

Recorrendo ao software de desenho disponibilizado pela empresa (ZWCAD), o aluno fez as alterações necessárias ao projeto inicial, de modo que o conteúdo do desenho passasse a mostrar aquilo que tinha sido instalado, e da forma que foi instalado.

Em seguida, apresenta-se um exemplo, começando por mostrar o desenho inicial (Figura 67), onde se pode ver o traçado tubagem desde o exterior do edifício até ao interior da zona técnica.

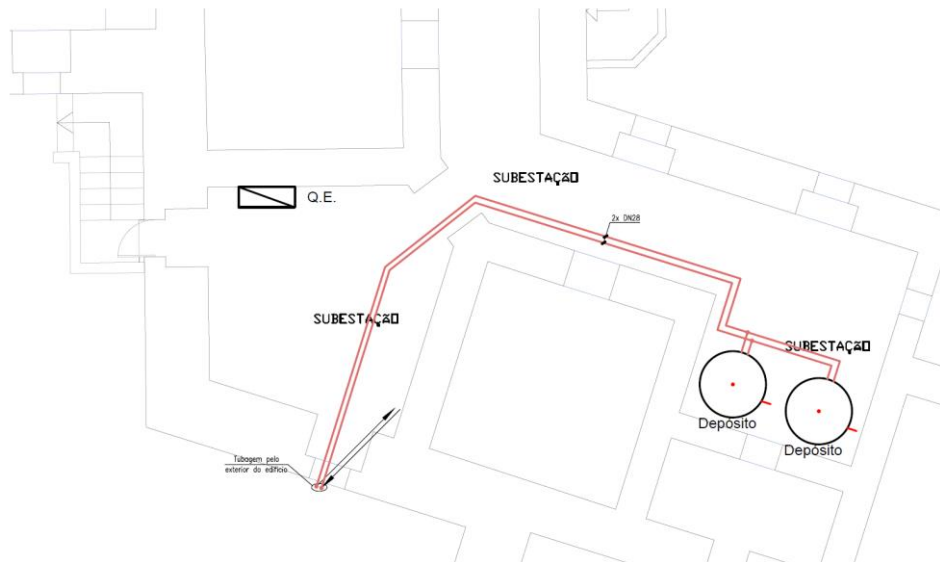


Figura 67 - Projeto inicial da instalação

Com a alteração do local de descida das tubagens vindas dos coletores solares térmicos instalados na cobertura, também o local de passagem das tubagens na cave sofreu algumas alterações, o que levou à realização de alterações dos desenhos iniciais. Na Figura 68, pode ver-se o traçado final das tubagens, assim como a alteração da posição dos dois termoacumuladores relativamente à posição inicialmente definida (Figura 67).

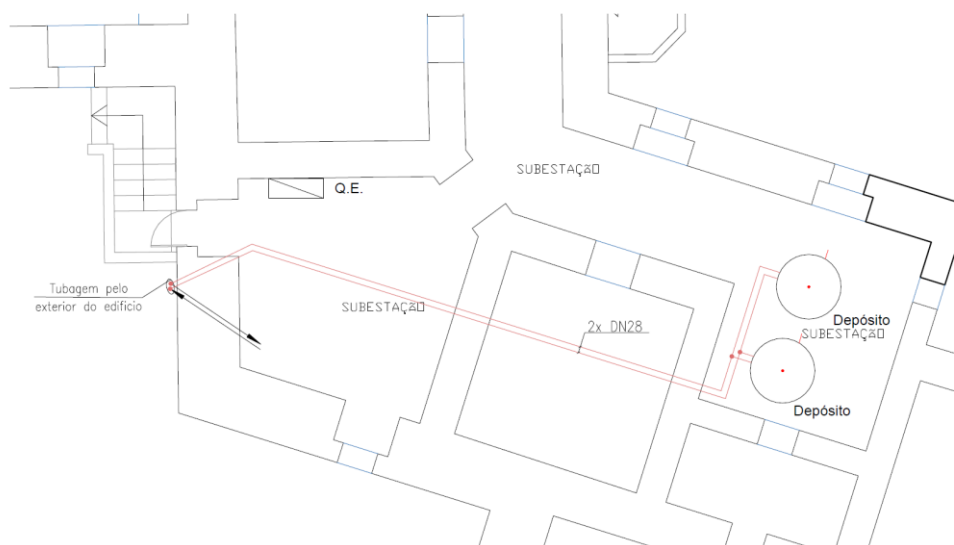


Figura 68 - Tela final da instalação

4.7 Manutenção de Sistemas Solares Térmicos

Para além do fornecimento e instalação de sistemas térmicos, a empresa preocupa-se também em manter cada sistema instalado em boas condições de funcionamento com o passar dos anos, para isso disponibiliza serviços de manutenção preventiva e/ou corretiva, de modo a aferir periodicamente o estado de operacionalidade destes sistemas.

Neste capítulo, o aluno descreve a sua experiência nesta área de negócio da empresa, contando a sua contribuição na melhoria da organização da sua gestão, assim como a sua colaboração na realização da manutenção de um sistema solar térmico.

4.7.1 Gestão das Manutenções

O aluno foi desafiado a assumir a gestão das manutenções dos sistemas de climatização e de produção de águas quentes sanitárias até então instalados pela empresa. A proposta foi bem recebida pelo aluno, pelo que este desafio teve início com a reformulação de todo o processo de organização das manutenções, tendo sido dada ao aluno liberdade para criar e implementar um sistema de gestão fiável e fidedigno, de modo a não deixar para trás nenhum cliente e, por conseguinte, nenhum sistema.

A reformulação começou com a criação de uma folha Excel (Figura 69, que se apresenta, em parte, desfocada por razões de confidencialidade) que, de forma simples, organizada e intuitiva permite-se a integração e consulta de toda a informação relacionada com cada cliente, e com a manutenção do seu sistema por qualquer funcionário da empresa.

Quando interpretada da esquerda para a direita, a folha Excel começa por mostrar todas as informações relacionadas com cada cliente (um por cada linha), começando pelas informações pessoais (nome, morada e contacto) e passando depois para as informações do sistema instalado (tipologia de sistema principal, tipologia de sistema de apoio, quando existente, breve descrição do mesmo e data de instalação).

Gestão de Manutenções Solar Térmico - Climatização				Criado por: Luís Melo . 04/01/2021			
PHC	Nome	Localidade	Contacto	Sistema	Sist. Apoio	Descrição/Marca	Data Instalação
				STC	--	BAXI 300L	15/03/2017
				STF	--	30x Baxi SOL 250+3000L	27/04/2017
				STC	--	BaxiRoca STS 300	Não por nós
				STF	--	Baxi Solar Easy ECO 300L	12/05/2017
				STF	--	OPENPLUS 200L	Não por nós
				STC	MS	OPENPLUS 200L	25/08/2017
				BC AQS	ST DB	Daikin 500L	14/10/2017
				--	--		2017
				BC AQS	--	Aquafer 300L	02/02/2018
				BC AQS	--	Aquafer 300L	19/04/2018
				BC AQS	--	Aquafer 500L	25/05/2018
				STF	--	Baxi Solar Easy 200L	12/07/2018
				STC	--	Ofa 300L	10/09/2018
				--	--		2018
				STF	--	Ofa 300L	20/02/2017
				STF	--	Acum. Solar Easy 300	24/03/2017

Figura 69 - Tabela de dados

Uma vez que esta folha foi pensada para conter os registos de todas as manutenções, as colunas seguintes estão atribuídas uma a cada ano, a começar no ano seguinte à instalação do sistema até ao ano corrente, sendo o cruzamento da linha relativa a cada cliente com a coluna do ano

em que a manutenção foi realizada deve ser preenchida com a data de realização da mesma naquele ano (Figura 70).

Data Instalação	2018	2019	2020	2021	2022
02/01/2017		10/01/2019			
28/01/2017		30/01/2019			
15/03/2017					
27/04/2017	12/12/2018	05/03/2019		22/06/2021	
Não por nós			10/09/2020		
12/05/2021					
Não por nós				29/03/2021	
25/08/2021	27/09/2018			14/05/2021	
14/10/2021			20/10/2020		
2017					
02/02/2018		25/05/2021		24/08/2021	
19/04/2018					
25/05/2018				30/05/2021	
12/07/2018		24/10/2019			
10/09/2018			01/10/2020		

Figura 70 - Tabela de manutenções realizadas

Para o preenchimento inicial desta folha fez-se um levantamento exaustivo entre os planos de manutenções existentes em papel e os levantamentos idênticos em formato digital anteriormente realizados.

Houve a necessidade de adaptar a folha de cálculo, de forma a conseguir gerir todo o processo desde o contacto ao cliente até à comunicação ao departamento responsável pela execução das manutenções. Passando pela criação ou atualização do plano de manutenção, deixando ainda um espaço reservado para algumas observações.

Deste modo, o aluno conseguiu criar uma ferramenta de gestão das manutenções relacionadas com a vertente de climatização e produção de águas quentes sanitárias bastante completa.

Mais tarde, o aluno carregou todos os registos contidos nesta folha de gestão de manutenções para o software de gestão utilizado pela empresa, passando a ter acesso à vantagem apresentada por esta ferramenta, isto é, definindo um intervalo de tempo, ela apresenta as manutenções a realizar nesse período. Para isto, aquando do registo da realização de uma manutenção, é inserida no programa a informação de quando será a próxima manutenção, normalmente um ano depois, deste modo é possível saber quais as manutenções a realizar em cada mês do ano, bastando ao colaborador responsável por essa gestão introduzir o intervalo temporal que pretende.


Para o registo das manutenções no software de gestão de empresa é necessário criar um código de manutenção para cada cliente. De forma a permitir a interligação do software com a folha criada pelo aluno, este adicionou-lhe uma coluna, onde é guardado esse código na linha dedicada ao respetivo cliente.

4.7.2 Planos de Manutenção

Os planos de manutenção são documentos de orientação e registo das verificações efetuadas em cada manutenção pelos técnicos da empresa, devendo este documento no final ser assinado pelo mesmo, assim como pelo cliente.

Estes documentos têm uma secção comum a todos, onde são indicadas as informações do cliente, do técnico da empresa responsável e do sistema instalado. As restantes secções são ajustadas a cada tipologia de sistema, contendo uma lista com as verificações necessárias a

realizar em cada componente e/ou acessório do sistema, seguindo-se uma *check-list* com todos os pontos evidenciados, permitindo ao técnico indicar o estado de cada um, existindo ainda espaço para o registo de alguns valores medidos durante a manutenção (Figura 71).


Plano de Manutenção Sistema Solar Térmico

CHECK LIST MANUTENÇÃO PREVENTIVA							
COLECTORES SOLARES							
Estrutura		2021	2022	2023	2024	2025	2026
Cobertura (vidro)							
Juntas							
Absorvedor							
Tubagem							
Caixa							
CIRCUITO HIDRÁULICO PRIMARIO							
Tubagem							
Isolamento							
Fluido Termico							
Purgadores							
Bomba de Circulação							
Válvula de Segurança							
Vaso de Expansão							
Caudalímetro							
Sondas de Temperatura							
CIRCUITO HIDRÁULICO SECUNDARIO							
Tubagem							
Isolamento							
Acumulador							
Válvula de Segurança							
Vaso de expansão							
Misturadora							
Válvulas de Corte							
CONTROLO DE COMPONENTES ELÉCTRICOS							
Controlador Diferencial							
Resistência Eléctrica							
Interruptores							
REGISTO DE GRANDEZAS							
Pressão do Circuito Primário							
Pressão do Vaso de Expansão (primário)							
Pressão do Vaso de Expansão (AQS)							
pH Fluido Termico							
Concentração do Fluido Termico							
Visto do Cliente							
Data	O Instalador	O Cliente					

Figura 71 - *Check-list* do plano de manutenção

4.7.3 Realização de uma Manutenção Preventiva

Nesta secção é descrita a colaboração do aluno na realização de uma manutenção de um sistema solar térmico, onde para além de aprender a realizar as ações de verificação/intervenção descritas no plano de manutenção preventiva criado pela empresa (Figura 72), teve oportunidade de aprender alguns métodos de resolução de problemas destes sistemas.

Plano de Manutenção Preventiva				
Circuito	Componente	Frequência (Meses)	Verificação / Intervenção	
CIRCUITO PRIMÁRIO	COLECTORES SOLARES	Estrutura	12	Verificar e corrigir uniões, aperto dos parafusos e indícios de corrosão.
		Cobertura (vidro)	12	Limpeza com água (realizar esta operação em horas de baixa insolação). Inspeção visual (em caso de anomalia propor correcção adequada). Verificar a existência de condensações acentuadas.
		Juntas	12	Inspeção visual (aderência, deformações e degradação).
		Absorvedor	12	Inspeção visual para detecção de alterações no tratamento selectivo (colector selectivo) ou pintura negra (colector não selectivo) comparativamente ao seu aspecto original (em caso de anomalia propor correcção adequada).
		Tubagem	12	Inspeção visual para a detecção de fugas .
		Caixa	12	Inspeção visual para a detecção de deformações e/ou degradação.
	CIRCUITO HIDRÁULICO	Tubagem	12	Inspeção visual para detecção de fugas e sinais de corrosão. Comprovar estanquicidade verificando a pressão indicada pelo manómetro.
		Isolamento	12	Inspeção visual para verificar estado de conservação e ausência de humidade.
		Fluído de Circulação	12	Verificar se a temperatura de congelamento da solução se adequa ao local, sistema ou indicação do fabricante do produto. Verificar o pH, indicando o seu estado de degradação (pH<7 poderá implicar substituição).
		Purgadores	12	Limpar e confirmar o correcto funcionamento dos purgadores automáticos. Efectuar a purga de ar da instalação.
		Bomba de Circulação	12	Verificar a estanquicidade e a ausência de Ruidos.
		Permutador	12	Verificar a eficácia. Limpar caso se verifique a existência de obstrução significativa. (normalmente em cada 60 meses)
		Válvula de Segurança	12	Accionar para evitar incrustação ou calcificação. Verificar pressão (no mínimo em cada 60 meses).
		Vaso de Expansão	12	Verificar a pressão. Registo do valor medido. Inspeção visual para detecção de pontos de corrosão.
		Caudalímetro	12	Verificar valor do caudal. Registar o valor de ajuste.
		Sondas de Temperatura	12	Verificar correcta colocação. Verificar e confirmar as leituras das sondas.

Figura 72 - Plano de manutenção preventiva relativo ao circuito primário do STF

A intervenção de manutenção preventiva descrita realizou-se a um sistema solar térmico forçado composto por um coletor solar térmico e um termoacumulador de 200 litros, com o apoio de uma resistência elétrica acoplada.

Esta manutenção teve início com a retirada da capa do grupo de circulação do sistema, tendo sido, de imediato, possível verificar que o caudalímetro se encontrava regulado para um valor exagerado de caudal (Figura 73), o que provoca a diminuição da eficiência da troca de calor no coletor solar térmico resultando num aquecimento mais lento da água de consumo acumulada no termoacumulador. O valor recomendado por coletor solar é definido pelo fabricante, sendo neste caso de 2,5 litros por minuto. Esta verificação foi de encontro às queixas da cliente, que havia indicado que o sistema apenas pré-aquecia a água quente sanitária.



Figura 73 - Caudalímetro do sistema

Entre as várias verificações necessárias às válvulas, tubagens e restantes componentes da instalação, destaca-se também a verificação da pressão no interior dos vasos de expansão e do estado do ânodo de magnésio, a medição do valor de pH do fluido térmico (mistura de água com glicol), assim como a temperatura de congelação da mistura.

A medição do pH indicou que a solução já se encontrava com características ácidas ($\text{pH} < 7$) (Figura 74), havendo por isso necessidade de proceder à sua troca. Através das ligações do caudalímetro foi drenado todo o líquido existente nas tubagens, tendo sido posteriormente limpa toda a tubagens com recurso a água corrente, antes de ser colocada nova mistura de líquido anticongelante (glicol) dissolvido em água, com a ajuda de uma unidade de enchimento e descarga elétrica (Figura 75).



Figura 74 - Medição do valor de pH



Figura 75 - Unidade de enchimento e descarga elétrica

Após esta operação voltou a ser medido o valor do pH (Figura 76), e uma vez que este já se encontrava na vertente alcalina (pH > 7), foi também medida a temperatura de congelação da nova mistura (Figura 77) com a ajuda de um refratómetro⁷, tendo sido registados estes valores no plano de manutenção.



Figura 76 - Valor de pH após a troca

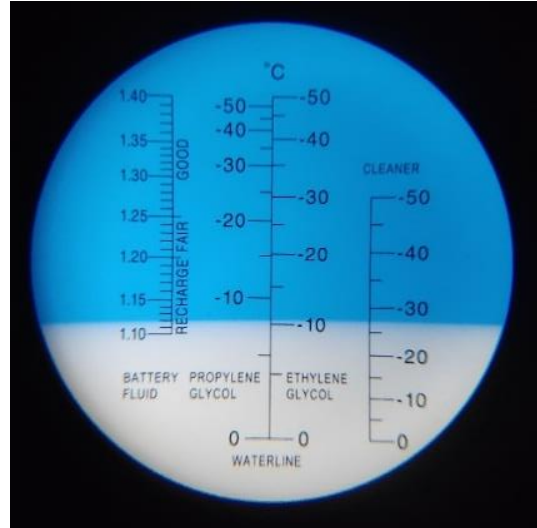


Figura 77 - Vista a partir do refratómetro

Seguiu-se a abertura da flange na parte superior do termoacumulador com o objetivo de verificar o estado do ânodo de magnésio (Figura 78).



Figura 78 - Ânodo de magnésio do termoacumulador

Apesar de serem visíveis pontos de corrosão, o mesmo ainda se encontrava com umas dimensões consideráveis, pelo que acabou por não ser trocado.

Por fim, procedeu-se ao registo das verificações efetuadas e dos dados recolhidos no plano de manutenção.

⁷ Refratómetro: instrumento utilizado para indicar a temperatura de congelação do fluido térmico (mistura de água com propileno glicol ou etileno glicol).

5. COMPARAÇÃO DE DUAS TECNOLOGIAS PARA AQS

Nesta secção, apresenta-se um estudo comparativo, realizado pelo aluno, entre duas tecnologias utilizadas para a produção de águas quentes sanitárias, empregando os conhecimentos adquiridos durante o primeiro ano de mestrado, assim como durante o seu estágio na empresa.

O objetivo deste estudo é entender as vantagens e desvantagens de cada tecnologia, no sentido de descobrir aquela que tem maior índice de aproveitamento de energia renovável, assim como aquela que impõe ao utilizador menores custo de operação/manutenção a longo prazo.

Neste estudo são comparadas duas tecnologias, que desempenham a sua função recorrendo a uma percentagem de energia renovável, ou seja, um sistema solar térmico forçado e uma bomba de calor destinadas, exclusivamente, à produção de águas quentes sanitárias.

5.1 Verificação dos Requisitos Mínimos de Energia Renovável para AQS

Considerando a legislação em vigor à data (Decreto-Lei n.º 118/2013), recorreu-se ao software SCE.ER, tendo sido pré-definidas algumas considerações relativas ao local de instalação dos sistemas e à tipologia da habitação. Neste seguimento, o estudo considera a satisfação das necessidades de AQS de uma moradia T3, situada na localidade de Santo António dos Olivais, no distrito de Coimbra, a 166 metros de altitude, onde o albedo e as características do horizonte são as ilustradas na Figura 79.

Definição de novos locais

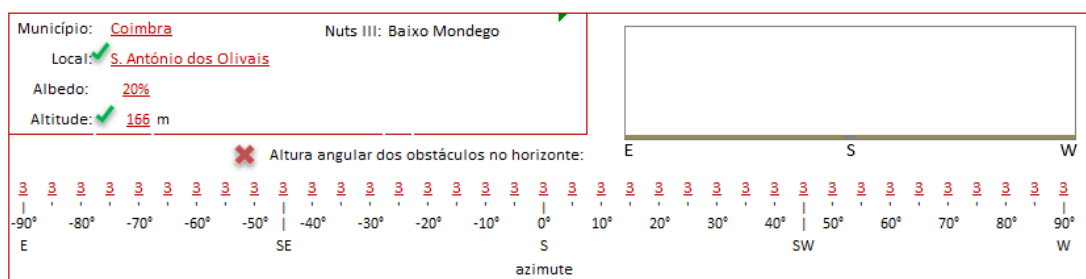


Figura 79 - Características do local

O cálculo começou com a determinação das necessidades de AQS da moradia, tendo como base a tipologia da mesma, uma vez que se tratava de uma moradia T3, o software indica por defeito 4 habitantes, e apresenta um consumo médio diário de AQS de 160 litros (Figura 80).

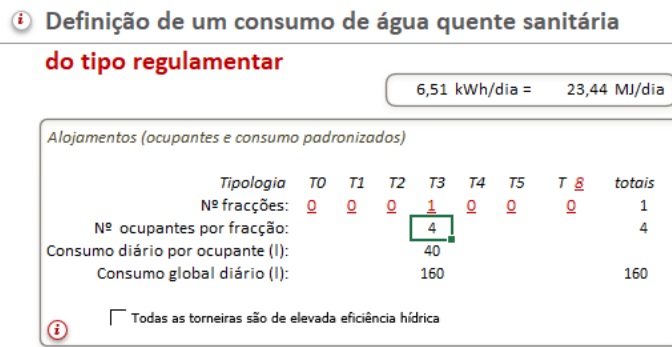


Figura 80 - Padrão de consumos de AQS

Acima deste valor, a capacidade dos termoacumuladores mais comum e compatível para os dois sistemas escolhidos é próxima de 200 litros. Optou-se por uma bomba de calor de AQS monobloco da marca Proteu e um sistema solar térmico forçado da marca Ofa apoiado por uma resistência elétrica, ambos com a capacidade de acumulação referida.

Escolheu-se um sistema solar térmico forçado, em detrimento de um sistema solar térmico termosifão, de modo a garantir as mesmas condições para o estudo em questão, uma vez que o termoacumulador do termosifão fica exposto às condições atmosféricas levando a perdas térmicas mais elevadas, colocando o sistema solar térmico em desvantagem.

Para a tipologia de moradia referida, na Figura 81, que ilustra parte do relatório emitido pelo software SCE.ER, são indicadas as necessidades anuais de energia útil para produção de AQS (2376 kWh), assim como a quantidade de energia mínima de origem renovável (1467 kWh) determinada com base no sistema solar térmico padrão, conforme definido no Decreto-Lei n.º 118/2013 para edifícios de habitação.

Instalação em S. António dos Olivais (Coimbra)		Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)	
4 coletores Padrão REH		Energia útil solicitada: 2 376 kWh	
» painel de	2,60 m ² (inclinação 35° e azimute 0°)	- satisfeitas por origem solar	1 467 kWh 62%
» depósito de	200 l, modelo típico (200 L)	- satisfeitas pelo apoio	909 kWh 38%

Figura 81 - Relatório SCE.ER com a utilização dos coletores padrão REH

O sistema solar térmico forçado escolhido é composto por um coletor solar, que vai ser montado numa estrutura fixa com uma inclinação de 35°, e um termoacumulador de 194 litros de acumulação com uma resistência elétrica acoplada. Introduzindo as características destes componentes no software SCE.ER, obtêm-se os valores apresentados no relatório abaixo (Figura 82), que comprovam que o sistema solar térmico escolhido cumpre os requisitos mínimos relativos ao aproveitamento de energia renovável, sendo superior aos 1467 kWh requeridos.

Instalação em S. António dos Olivais (Coimbra)		Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)	
1 coletores OFASUN 2512		Energia útil solicitada: 2 376 kWh	
» painel de	2,23 m ² (inclinação 35° e azimute 0°)	- satisfeitas por origem solar	1 614 kWh 68%
» depósito de	194 l, modelo VS/VP/VS 200 2SKL	- satisfeitas pelo apoio	762 kWh 32%

Figura 82 - Relatório SCE.ER com a utilização dos coletores solares escolhidos

Relativamente à bomba de calor de AQS, foi realizada uma análise para determinar se a marca/modelo escolhido teria um aproveitamento de energia renovável equivalente ou superior ao sistema solar térmico padrão.

De acordo com o Despacho n.º 14985/2015, uma bomba de calor só tem aproveitamento de energia renovável caso o seu SPF (*Seasonal Performance Factor*) seja superior a $1,15 \cdot (1/\eta)$, em que η representa a eficiência de produção de eletricidade. Segundo a decisão da Comissão de 1 de março de 2013, o η pode ser considerado igual a 45,5%, levando a um SPF mínimo de 2,5 (UE, 2013c).

Ao consultar a ficha de produto da BC AQS escolhida (Figura 83), é possível perceber que os valores de eficiência energética (COP dia) foram determinados segundo a norma EN 16147, considerando a instalação no interior do edifício. De acordo com o Despacho n.º 14985/2015, pode-se considerar que o SPF é igual ao COP dia, ou seja, o SPF da BC escolhida é de 3,57 que é superior ao SPF mínimo exigido (Figura 83).

ErP (EN16147)*	200	300
Perfil de carga declarado	L	XL
Classe de eficiência energética do aquecimento de água	A+	A+
Eficiência energética do aquecimento de água	152%	149%
Coefficiente de performance COP dia	3,57	3,61
Consumo diário de energia (Qelec)	3,263 kWh	5,278 kWh
Consumo anual eletricidade p/ produção de A.Q.S (AEC)	673 kWh	1122 kWh
Nível de potência sonora (LWA)	58 dB	58 dB
Quantidade máxima de água retrada a 40°C	253 L	335 L

*Temp. ar de entrada (bolbo seco/bolbo húmido) = 20°C/15°C; Temp. água de entrada = 10°C; Temp. água final = 54°C.
As bombas de calor Proteu® Tamisa Premium, contêm gases fluorados com efeito estufa (R134a), num circuito hermeticamente fechado

Figura 83 - Ficha de produto da bomba de calor de AQS (Proteu, 2021)

Para este estudo foi ainda necessário conhecer o Q_{usable} , descrito como a soma de energia anual útil das tiragens de água para sistemas de produção de AQS, sendo expresso em kWh de acordo com o perfil de carga declarado definido pela norma EN 16147 (Tabela 2).

Tabela 2 - Valor de Q_{ref} para cada perfil de carga declarado (UE, 2013b)

Perfil de Carga	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
Q_{ref} (kWh/dia)	0,345	2,1	2,1	2,1	5,845	11,655	19,07	24,53	46,76	93,52

O Q_{usable} é obtido através da multiplicação do Q_{ref} diário pelo número de dias de um ano (Equação 7).

$$Q_{usable} = Q_{ref} * 365 \quad (7)$$

A bomba de calor de AQS escolhida tem um perfil de carga declarado “L” (Figura 83), pelo que através da Equação 7 obtém-se um Q_{usable} de, aproximadamente, 4254 kWh/ano. No entanto, segundo a legislação, quando o valor calculado é superior ao valor das necessidades

anuais de energia útil para produção de AQS, para efeitos de cálculo deve-se considerar este último, que neste caso é 2376 kWh por ano.

Introduzindo estes valores no software SCE.ER, é possível determinar a quantidade de energia renovável (E_{ren} [kWh]) que a bomba de calor utiliza. Como se pode verificar pela Figura 84, o valor é de 1710 kWh que é superior ao mínimo exigido de 1467 kWh, logo a BC AQS escolhida pode ser utilizada para a produção de AQS nesta situação.

Figura 84 - Aproveitamento de energia renovável da bomba de calor de AQS

Na tabela seguinte (Tabela 3) são ilustrados os resultados onde se pode ver que ambos os sistemas em estudo respondem aos requisitos mínimos para a produção de águas quentes sanitárias.

Tabela 3 - Resumo dos valores calculados

Equipamento	Energia útil necessária para satisfazer as necessidades de AQS [kWh/ano]	Requisitos mínimos anuais de AQS provenientes de energia renovável [kWh/ano]	Energia fornecida por fonte renovável pelo equipamento [kWh/ano]
Solar Térmico Forçado (Ofa)	2376	1467	1614
Bomba de Calor de AQS (Proteu)			1710

5.2 Análise Económica

Para a realização da análise económica foram considerados os preços praticados à data pela empresa. O investimento inicial engloba o custo dos equipamentos e os custos de instalação. O investimento inicial para a bomba de calor de AQS é de 2800 € (Figura 85) e para o sistema solar térmico forçado é de 3000 € (Figura 86).



1. PROPOSTA

SISTEMA AQS - BOMBA DE CALOR DE AQS		
Quant.	Descrição	Preço s/ IVA
1	Bomba de Calor de AQS Proteu 200L	
1	Vaso de Expansão de AQS 12L	
1	Grupo de Segurança p/ Termoacumulador	
1	Tubagens e Acessórios	
1	Projeto, Instalação e Arranque da Obra	
Sub. Total :		2 276,42 €
IVA 23% :		523,58 €
Total :		2 800,00 €

Figura 85 - Proposta de orçamento da bomba de calor de AQS

Instalação Solar Térmica Para AQS



5. PROPOSTA

Qt.	Descrição	Preço S/IVA	Preço C/IVA
Sistema OFA Ofa 200/1/Plano		2 439,02 €	3 000,00 €
1	Coletor Ofa modelo Ofasun 2512		
1	Estrutura de suporte tipo 45º para 1 coletor		
1	Acumulador Ofa 200L Inox de 2 serpentinas		
1	Controlador Solar Ofa modelo Helios Midi		
1	Grupo hidráulico SRD-M8		
1	Vaso de expansão solar de 18 litros		
5	Litros de glicol		
1	Vaso de expansão AQS de 12 litros		
1	Acessórios e Material variado		
1	Projeto, instalação, inspeção e arranque da obra		
Totais:		2 439,02 €	3 000,00 €

Figura 86 - Proposta de orçamento do sistema solar térmico

Para o cálculo dos custos energéticos foi considerado o custo da energia elétrica associado à tarifa simples, fornecida pelo comercializador de último recurso (CUR), de 0,1466 €/kWh + IVA (0,1803 €/kWh) (ERSE, 2020), assim como um rendimento de 100% para a resistência elétrica do termoacumulador do sistema solar térmico (SCE, 2020).

No custo de operação do sistema solar térmico considerou-se a quantidade de energia a satisfazer pelo apoio, 762 kWh/ano (Figura 82), multiplicada pelo custo do kWh, o que corresponde a um custo de operação anual de cerca de 137 euros. Ao qual se tem de adicionar

o custo da manutenção preventiva anual (200 €) e o custo relativo à troca do ânodo de magnésio do termoacumulador (50 €). Pode-se então concluir que o custo de operação e manutenção do sistema solar térmico é de 387 euros por ano.

No caso da bomba de calor de AQS, o cálculo da energia elétrica consumida foi realizado, de acordo com a Equação 8, considerando as necessidades anuais de energia útil para produção de AQS de 2376 kWh e um COP dia de 3,57, correspondendo a uma energia elétrica consumida de aproximadamente 666 kWh/ano.

$$Energia\ elétrica = \frac{Energia\ térmica}{COP\ dia} \quad (8)$$

Esta quantidade de energia elétrica tem um custo de aproximadamente 120 euros por ano. A este valor deve-se somar os custos da manutenção preventiva (170 €) e da troca do ânodo de magnésio (50 €), levando a um custo anual de operação e de manutenção da bomba de calor de cerca de 340 euros por ano.

Na Tabela 4 apresentam-se, de forma resumida, os valores calculados nesta secção.

Tabela 4 - Custos anuais de operação e manutenção dos sistemas

Equipamento	Investimento Inicial [€]	Energia elétrica consumida [kWh/ano]	Custo da energia elétrica [€/ano]	Custo da manutenção [€/ano]	Custo total anual [€/ano]
Solar Térmico Forçado (Ofa)	3000	762	137	200 + 50	387
Bomba de Calor de AQS (Proteu)	2800	666	120	170 + 50	340

Neste caso, somente pela análise do investimento inicial e dos custos anuais das duas soluções, é possível tirar conclusões. Quer o investimento inicial, quer os custos anuais de operação e manutenção do sistema AQS com bomba de calor são inferiores aos do sistema solar térmico forçado. Concluiu-se por isso que a bomba de calor é a solução mais vantajosa em termos económicos para o utilizador.

Essa vantagem é ainda maior, visto que não foram contabilizados os custos de energia associados à bomba de circulação e ao controlador solar necessários para o funcionamento do sistema solar térmico forçado.

Havendo um menor consumo anual de energia elétrica, devido a um maior aproveitamento de energia renovável, com sistema de BC para AQS, existe uma redução de consumo de energia primária e conseqüente redução de emissões de GEE.

Optou-se por analisar também um sistema solar térmico do tipo termossifão com um volume próximo de 200 litros. Apresenta-se na Figura 87 parte do relatório emitido pelo software SCE.ER.

Instalação em S. António dos Olivais (Coimbra)	Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)		
Kit OFASUN TSM 200	Energia útil solicitada:	2 376 kWh	
» coletor: 2,24 m ² (inclinação 35° e azimute 0°)	- satisfeitas por origem solar	1 110 kWh	47%
» depósito: 180 litros	- satisfeitas pelo apoio	1 266 kWh	53%

Figura 87 - Relatório SCE.ER para a utilização do kit termossifão Ofa

Como se pode ver a quantidade de energia satisfeita por origem solar de um destes kits não satisfaz os requisitos mínimos para substituir os coletores solares térmicos padrão (1467 kWh) (Figura 81), pelo que, de acordo com o Decreto-Lei n.º 118/2013, para esta tipologia seriam necessários dois kits, o que aumentaria significativamente o valor do investimento inicial, tendo em conta que cada um custaria 2500 euros, pelo que a bomba de calor de AQS escolhida continua a ser solução mais vantajosa em termos económicos.

6. CONCLUSÃO

O setor da energia é um dos setores de atividade que mais contribui para a emissão de GEE, responsáveis pelo aquecimento global do planeta, sendo por isso, extremamente importante promover e instalar sistemas energéticos mais eficientes e com aproveitamento de energias renováveis para satisfazer as necessidades do consumidor. Em Portugal, a satisfação das necessidades de aquecimento e arrefecimento, assim como a produção de águas quentes sanitárias (AQS) contribuem para que o setor dos edifícios seja responsável por cerca de 30 % do consumo de energia final.

No âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, o aluno optou pela realização do estágio curricular na empresa NRG - Sistemas de Energias Renováveis, Lda (Sunenergy), procurando consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no decorrer da sua formação académica, assim como de obter competências ligadas ao dimensionamento e à instalação de sistemas de climatização e AQS com o aproveitamento de fontes de energias renováveis, nomeadamente o Sol e o ar.

Ao longo do estágio, os estudos de soluções para a climatização de habitações e/ou produção de AQS, e a respetiva orçamentação, fizeram parte do dia-a-dia do aluno. Para a realização desses estudos, o aluno contactou com os clientes com o objetivo de encontrar a melhor solução a propor para cada caso, isto porque na maior parte das vezes, o cliente pretendia a substituição do sistema existente por outro mais económico e eficiente. Havia por isso a necessidade de entender o que estava instalado e de que forma, de modo a poder orçar os componentes necessários para a instalação do novo sistema. A realização das propostas de orçamento, obrigaram o aluno a contactar com os fornecedores, acabando por conhecer melhor os produtos fornecidos por cada um, assim como estando a par das novidades e dos preços mais recentes do mercado.

Devido ao contexto de pandemia associada à doença COVID-19 e à obrigatoriedade de teletrabalho nos primeiros meses do ano, o aluno não teve oportunidade de realizar os acompanhamentos de obra inicialmente planeados. Contudo, apesar dos constrangimentos, foi possível realizar alguns. Destes acompanhamentos de obra, destacou-se a importância do contacto com os equipamentos e componentes dos sistemas, e do melhor entendimento relativamente à forma como devem ser instalados e interligados. Esta oportunidade foi vista pelo aluno como uma mais-valia para a melhoria da parte de orçamentação, ajudando também a idealizar melhor os sistemas a propor aos clientes.

Após alguns meses na empresa, o aluno ficou responsável pela gestão das manutenções dos sistemas solares térmicos instalados até então pela empresa. Tratou-se de uma tarefa desafiante, atendendo ao volume de informação a ser processada e à necessidade de interligação com o software de gestão da empresa para criar os devidos alertas para a realização das manutenções, que foi finalizada e que correspondeu às expectativas da empresa.

No presente relatório, decidiu-se apresentar uma solução proposta e respetivo orçamento por cada tipologia de projeto, dentro daquelas que o aluno mais realizou durante o estágio. O mesmo aconteceu com os acompanhamentos de obra, e com a gestão das manutenções.

Para complementar o relatório, o aluno decidiu elaborar um estudo comparativo entre duas tecnologias de produção de AQS com o aproveitamento de energias renováveis. A utilização do software SCE.ER permitiu determinar a quantidade de energia fornecida através das FER para cada equipamento. Após verificar o cumprimento dos valores mínimos de aproveitamento de FER exigidos pela legislação para a função de AQS e para a tipologia de habitação escolhida, e considerando os preços à data praticados pela empresa, assim como o custo de energia elétrica, conclui-se que a instalação de uma bomba de calor de AQS é mais vantajosa para o cliente do que um sistema solar térmico forçado, uma vez que tem menor custo de investimento e menores custos de operação anuais.

A realização deste estágio respondeu aos objetivos inicialmente definidos, tendo permitido ao aluno adquirir e aprofundar conhecimentos e competências relacionadas com a área das energias renováveis, que vieram complementar a sua formação académica. Acabou também por adquirir novas competências nas áreas da orçamentação, da gestão da manutenção e da comunicação com os vários intervenientes. Em conclusão, todas as atividades realizadas ao longo deste estágio curricular tornaram-se enriquecedoras, e um excelente ponto de partida para a formação profissional do aluno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAXI (2021a). <https://www.baxi.pt/produtos/energia-solar/complementos/liquido-solar>. BAXI - Sistemas de Aquecimento (página internet oficial), Lisboa.
- BAXI (2021b). Catálogo Tabela BAXI Climatização, Versão (2021)/2. BAXI - Sistemas de Aquecimento, Lisboa.
- Caleffi (2009). Catálogo técnico Caleffi nº 01132/09 BR. Empresa Caleffi Brasil, São Paulo.
- Caleffi (2010). Catálogo técnico Caleffi nº 01019/10 P. Empresa Caleffi Portugal, Maia.
- Caleffi (2015). Catálogo técnico Caleffi nº 01061/15.1 NA. Empresa Caleffi América do Norte, *Milwaukee*.
- Caleffi (2016). O dimensionamento de instalações hidrossanitárias – Vasos de expansão e termoacumulador – Parte 2/2. Empresa Caleffi Portugal, Maia.
- Caleffi (2019). Catálogo técnico Caleffi nº 01079/19 PT. Empresa Caleffi Portugal, Maia.
- CE (2009). Diretiva 2009/125/CE - relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia.
- Çengel, Y. A. and Boles, M. A. (2014). *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill.
- Decreto-Lei n.º 118/2013. Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.
- Despacho n.º 8745/2020. Regulamento de Atribuição de Incentivos - Programa de Apoio a Edifícios Mais Sustentáveis.
- Despacho n.º 14985/2015. Metodologia a usar para determinar os valores (*Qusable*) e do *Seasonal Performance Factor* (SPF) utilizados na metodologia de cálculo da contribuição da energia renovável obtida a partir de bombas de calor.
- Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013. Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária.
- DGEG (2021). <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>. Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) (página internet oficial), Lisboa.
- EN 442 (2015). *Radiators and convectors - Part 1: Technical specifications and requirements*.

- EN 14511. *Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling. European Standard EN 14511:2018 supersedes EN 14511:2011.*
- EN 16147. *Heat pumps with electrically driven compressors - Testing, performance rating and requirements for marking of domestic hot water units. European Standard EN 16147:2017 supersedes EN 16147:2011.*
- EPAL (2015). Ficha informativa sobre a Legionella. EPAL - Empresa Pública das Águas Livres, Lisboa.
- ERSE (2020). Tarifas e preços para energia elétrica e outros serviços em 2021. Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), Lisboa.
- LabelPack (2021). <http://www.label-pack-a-plus.eu/ferramenta-lpa-para-sistemas/>. Label Pack A+ (página internet oficial), Bruxelas.
- OLI (2021). <https://www.oli-world.com/pt/produtos/oliclima/sistemas-solares-termicos/grupo-circulacao-solar-/k7300p/>. Empresa OLI - Sistemas Sanitários (página internet oficial), Aveiro.
- PNEC (2030). Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020 que aprova o Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030). Diário da República n.º 133/2020, Série I de 2020-07-10, páginas 2 - 158.
- Portaria n.º 349-B/2013. Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.
- Proteu (2021). Declaração de conformidade bomba de calor de AQS Proteu Tamisa Premium. Empresa Proteu, Figueira da Foz.
- RNC (2050). Resolução do Conselho de Ministros n.107/2019 que aprova o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050). Diário da República n.º 123/2019, Série I de 2019-07-01, páginas 3208 - 3299.
- SCE (2020). Cálculo de Indicadores de Desempenho Energético (REH). Guia SCE - Indicadores de Desempenho Energético (REH), Versão 1. Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), Lisboa.
- Solzaima (2021). <https://www.solzaima.pt/sobre-a-solzaima>. Empresa Solzaima (página internet oficial), Águeda.
- UE (2010). Diretiva 2010/30/UE - relativa à indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos.
- UE (2011). Regulamento delegado (UE) N.º 626/2011 - que complementa a Diretiva 2010/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita à rotulagem energética dos aparelhos de ar condicionado.

- UE (2013a). Regulamento delegado (UE) N.º 811/2013 - que complementa a Diretiva 2010/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita à rotulagem energética dos aquecedores de ambiente, aquecedores combinados, sistemas mistos de aquecedor de ambiente, dispositivo de controlo de temperatura e dispositivo solar e sistemas mistos de aquecedor combinado, dispositivo de controlo de temperatura e dispositivo solar.
- UE (2013b). Regulamento delegado (UE) N.º 812/2013 - que complementa a Diretiva 2010/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita à rotulagem energética dos aquecedores de água, reservatórios de água quente e sistemas mistos de aquecedor de água e dispositivo solar.
- UE (2013c). Decisão da Comissão de 1 de março de 2013 que estabelece as orientações para os Estados-Membros no cálculo da energia renovável obtida a partir de bombas de calor de diferentes tecnologias, em conformidade com o artigo 5.º da Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho.
- UE (2018). Regulamento (UE) 2018/1999 - relativo à Governação da União da Energia e da Ação Climática, que altera os Regulamentos (CE) n.º 663/2009 e (CE) n.º 715/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, as Diretivas 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE e 2013/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, as Diretivas 2009/119/CE e (UE) 2015/652 do Conselho, e revoga o Regulamento (UE) n.º 525/2013 do Parlamento Europeu e do Conselho.
- Uponor (2021a). <https://www.uponor.com/pt-pt/catalogo-de-produto/climatizacao-invisivel/climatizacao-invisivel/uponor-klett/uponor-klett-comfort-pipe-plus>. Empresa Uponor (página internet oficial), Vila Nova de Gaia.
- Uponor (2021b). <https://www.uponor.com/pt-pt/catalogo-de-produto/climatizacao-invisivel/climatizacao-invisivel/uponor-klett/uponor-klett-painel-rola-extra>. Empresa Uponor (página internet oficial), Vila Nova de Gaia.
- Videira (2021a). Catálogo técnico Videira - Termoacumuladores Inox para Energia Solar *Optimum*. Empresa Videira, Paredes.
- Videira (2021b). https://www.macolis.pt/pt/detalhe-produto/-118166?hierarchy_id=93291. Empresa Macolis (página internet oficial), Coimbra.
- Wilo (2021). *Datasheet Yonos PARA RS **/7.5 RKA*. Empresa Wilo, França.