



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**Instalação de Bombas de Calor para
Climatização e Produção de AQS**

Autor

Augusto Carlos Almeida Pires

Orientador

Doutora Anabela Duarte Carvalho

Coimbra, fevereiro de 2023

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Instalação de Bombas de Calor para Climatização e Produção de AQS

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

Augusto Carlos Almeida Pires

Orientador

Doutora Anabela Duarte Carvalho

Supervisor na empresa Original SunEnergy, Lda

Engenheiro Filipe Laura Bragança Gomes

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, fevereiro de 2023

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à minha orientadora, Professora Doutora Anabela Carvalho, pelo incansável apoio, paciência e acessibilidade demonstradas ao longo do estágio;

Ao Engenheiro Filipe Gomes, supervisor responsável na empresa, pela atenção, pelo constante ensinamento e pela preocupação demonstrada desde o primeiro dia. Também ao engenheiro Luís Melo, companheiro do departamento de climatização, por sempre se demonstrar disponível a orientar-me;

Aos meus pais, pelo exemplo de vida que são, e que por mais que ajudassem, estavam sempre prontos a apontar o caminho correto a percorrer;

Aos meus irmãos mais velhos, Rita e Marcelo, ao Daniel e à Maria João, pelo afeto e pelos bons momentos ao longo dos anos;

À Maria Luís, pelo amor e apoio constante, mesmo perante momentos difíceis para ambos;

A todos os amigos que me acompanharam ao longo do percurso académico e à família que conheci nas instalações da SunEnergy;

O meu muito obrigado!

RESUMO

O presente documento relata a experiência obtida no âmbito da unidade curricular de Estágio Curricular, do 2º ano do Mestrado em Engenharia Mecânica, com especialização na área de Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Este estágio curricular consistiu, essencialmente, na orçamentação, dimensionamento e acompanhamento da instalação de sistemas de climatização e de sistemas para produção de águas quentes sanitárias (AQS) em edifícios.

O estágio realizou-se na Original Sunenergy, Lda, empresa especializada em sistemas de energias renováveis, mais concretamente no projeto, execução e manutenção de instalações geradoras de eletricidade (instalações fotovoltaicas) e de calor. A escolha por esta empresa deveu-se à vontade do aluno em trabalhar num setor que promova a sustentabilidade por meio da instalação de sistemas com aproveitamento de energias renováveis, uma vez que cresceu habituado a pensar na conservação do nosso planeta para as gerações futuras. Por meio deste estágio, era objetivo do aluno aprofundar conhecimentos adquiridos ao longo do seu percurso académico e adquirir conhecimentos sobre as diferentes tecnologias de climatização e de produção de AQS disponíveis no mercado. Por último, era também de grande importância para o aluno a integração no mundo trabalho.

Ao longo do relatório, é analisada a vertente comercial experienciada pelo aluno numa fase inicial do estágio, bem como o dimensionamento e a apresentação de soluções propostas aos clientes. Para os exemplos de casos práticos apresentados ao longo do documento, é também realizada uma descrição das suas instalações que foram acompanhadas pelo aluno, referindo os seus principais procedimentos.

Em suma, tratou-se de uma experiência de grande enriquecimento para o aluno, quer a nível profissional, quer a nível pessoal. Os objetivos traçados foram alcançados e foram adquiridas capacidades adicionais de trabalho e de comunicação, quer com os clientes, quer com os fornecedores, que o aluno sentia ter em falta. A aprendizagem nesta área é constante, o que leva o aluno a querer continuar a adquirir habilitações no mundo das energias renováveis.

Palavras-Chave: Energias renováveis; Sustentabilidade; Climatização; Produção de AQS; Bombas de Calor; Orçamentação.

ABSTRACT

This paper reports the experience obtained during the curricular unit of the second year of the Master in Mechanical Engineering, specialization in Design, Installation and Maintenance of Thermal Systems, of the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. This curricular internship consisted mainly in budgeting, sizing and monitoring the installation of HVAC systems and systems for production of domestic hot water (DHW) in buildings.

The internship took place at Original Sunenergy, Lda, a company specialized in renewable energy systems, more specifically in the design, implementation and maintenance of electricity-generating (photovoltaic installations) and heat generation facilities. The choice for this company was due to the student's desire to work in a sector that promotes sustainability through the installation of systems using renewable energy, since he grew up used to thinking about the conservation of our planet for future generations. Through this internship, it was the student's objective to deepen the knowledge acquired throughout his academic career and to acquire knowledge about the different air conditioning and DHW production technologies available on the market. Finally, it was also of great importance for the student to integrate into the working world.

Throughout the report, the commercial aspect experienced by the student at an early stage of the internship is analyzed, as well as the sizing and presentation of proposed solutions to customers. For the practical case examples presented throughout the document, a description is also made of the installations that were followed by the student, referring to their main procedures.

In short, this was an experience of great enrichment for the student, both professionally and personally. The objectives set were achieved and additional working and communication skills were acquired, both with customers and suppliers that the student felt were lacking. The learning in this area is constant, which leads the student to want to continue to acquire skills in the world of renewable energy.

Keywords: Renewable energy; Sustainability; Air conditioning; DHW production; Heat pumps; Budgeting.

ÍNDICE

1	Introdução	1
1.1	Objetivos do Estágio	2
1.2	Estrutura do Relatório	2
1.3	Apresentação da Empresa	2
2	Bombas de Calor	4
2.1	Princípio de Funcionamento.....	4
2.2	Funcionalidades e Diferentes Tipologias.....	5
2.3	Componentes de uma Instalação BC Ar-Água.....	7
2.3.1	Vaso de Expansão.....	7
2.3.2	Termoacumulador.....	9
2.3.3	Válvula Três Vias Motorizada	11
2.3.4	Depósito de Inércia.....	11
2.3.5	Anticongelante.....	12
2.3.6	Bomba Circuladora	13
2.3.7	Emissor Térmico.....	13
2.4	Fundo Ambiental	14
2.4.1	PAE+S – Programa de Apoio a Edifícios mais Sustentáveis.....	15
3	Trabalhos Realizados Durante o Estágio	16
3.1	Funções de Comercial	16
3.2	Exemplos de Dimensionamento e Acompanhamento de obras.....	17
3.2.1	Aquecimento Central - Radiadores.....	17
3.2.2	Bomba de Calor para AQS	31
3.2.3	Climatização de uma Moradia - Sistema de Ar condicionado.....	37
3.2.4	Aquecimento Central – Piso Radiante	43
4	Conclusão	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Logotipo da empresa (Sunenergy, 2022).	3
Figura 2: Circuito de Compressão do Vapor e seus componentes (adaptado de Çengel and Boles, 2014).	5
Figura 3: Unidade Monobloco LG THERMA V	6
Figura 4: Unidade Interior de uma Bomba de Calor AQS Split.....	7
Figura 5: Vaso de Expansão AQS (Reflex, 2021).	8
Figura 6: Coeficientes de expansão da água (Caleffi, 2016).....	8
Figura 7: Termoacumulador TherCa (Aquecinox, 2021).	10
Figura 8: Válvula 3 vias motorizada (Caleffi, 2009).	11
Figura 9: Depósito de Inércia TherCa (Aquecinox, 2021).	12
Figura 10: Anticongelante/glicol.	13
Figura 11: Bomba de Circulação (Wilo,2021).....	13
Figura 12: Radiador de alumínio CONDAL (Baxi, 2022).	14
Figura 13: Planta da moradia a trabalhar.	18
Figura 14: Equipamento produtor de calor.	19
Figura 15: Listagem de Propostas.....	20
Figura 16: Dados do sistema a dimensionar.	20
Figura 17: Caracterização da moradia e temperatura local.....	21
Figura 18: Potência térmica necessária por divisão.	21
Figura 19: Ficha Técnica radiador Condal (BAXI, 2022).	22
Figura 20: Número de elementos de radiadores por divisão.	23
Figura 21: Orçamento da Bomba de Calor e restantes componentes.....	24
Figura 22: Orçamento dos radiadores e dos restantes componentes.	24
Figura 23: Proposta apresentada ao cliente.....	25
Figura 24: Esquema de Princípio da instalação.	27
Figura 25: Colocação e instalação da Bomba de Calor.	28
Figura 26: Zona técnica.....	29
Figura 27: Calha técnica para passagem de tubagem.	30
Figura 28: Aspeto final da instalação do radiador.	30
Figura 29: Controlador da bomba de calor.	31
Figura 30: Orçamentação da bomba de calor para produção de AQS.....	33
Figura 31: Ficha técnica da bomba de calor proposta (Proteu, 2020).....	34
Figura 32: Vaso de Expansão 18L.	35
Figura 33: Grupo de Segurança (Caleffi, 2022).....	35
Figura 34: Ligações de Água Quente/Fria.....	36
Figura 35: Aspeto final da instalação.	37
Figura 36: Introdução áreas a climatizar.	40
Figura 37: Descrição das máquinas propostas.	40
Figura 38: Etiqueta energética do aparelho mono split 12000 Btu/h.	41
Figura 39: Orçamentação da instalação de AC.....	42
Figura 40: Acessórios para despressurização da tubagem.....	43
Figura 41: Instalação da placa e do tubo de circulação.	45

Figura 42: Caixa coletora e respetivo kit.	46
Figura 43: Dimensionamento dos circuitos da instalação.	46
Figura 44: Dados técnicos das bombas de calor de 12kW, 14kW e 16 kW.	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Excerto do Relatório Mensal, elaborado pelo aluno.	17
Tabela 2: Espessuras mínimas de isolamento, em mm, de acordo com a Portaria n.º 349-B/2013.	29
Tabela 3: Comparação dos investimentos iniciais e custos de manutenção dos dois sistemas.	32
Tabela 4: Excerto da ficha técnica do mural Xtreme Save (MÍDEA, 2021).	38
Tabela 5: Tabela comparativa de diferentes aparelhos.	38

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

AQS - Águas Quentes Sanitárias

AFS - Águas Frias Sanitárias

BC - Bomba de Calor

GEE - Gases com Efeito de Estufa

AQC - Água Quente para Climatização

SCOP - *Seasonal Coefficient Of Performance*

SEER - *Seasonal Energy Efficiency Ratio*

UE - União Europeia

ΔT - Diferença de Temperatura

CE - Conformidade Europeia

PAE+S - Programa de Apoio a Edifícios mais Sustentáveis

PVC - Policloreto de Vinil

AC - Ar Condicionado

IVA - Imposto sobre Valor Acrescentado

IBAN - *International Bank Account Number*

NIF - Número de Identificação Fiscal

PNEC - Plano Nacional de Energia e Clima

1 INTRODUÇÃO

Com um aumento populacional de quase de 2 bilhões desde o início do novo milênio e o aumento constante da procura de energia por parte dos diversos setores da nossa sociedade (ambos sem previsão de declínio ou mesmo estagnação), o consumo energético a nível global continua em crescimento.

Dadas as preocupações com o deterioramento das condições de vida do nosso planeta, particularmente as alterações climáticas geradas em parte pela produção de energia com recurso a combustíveis fósseis, a União Europeia (UE) definiu um conjunto de metas, quer ambientais quer energéticas, para 2020, no sentido de procurar um desenvolvimento sustentável. Assim, a estratégia da UE avançou em três frentes, mais concretamente na redução nas emissões dos gases de efeito de estufa (GEE), na melhoria da eficiência energética e no aumento da contribuição das fontes de energia renováveis no consumo final de energia, assumindo percentis de 20% para cada medida.

Mais tarde, em 2016, foi introduzido um pacote legislativo conhecido como “Energia limpa para todos os Europeus”, com o objetivo de atingir as metas propostas no Acordo de Paris, isto é, a neutralidade carbónica em 2050 (UE,2016). Neste sentido, foram definidas, a nível da UE, metas intercalares para os três objetivos para o horizonte 2030, em que cada Estado-Membro deveria apresentar à Comissão Europeia o seu próprio Plano Nacional Integrado de Energia e Clima (PNEC) para 2030. Dadas as ambiciosas metas sugeridas por Portugal, a UE aprovou o PNEC luso, onde foram definidos os seguintes objetivos para 2030: uma redução do consumo de energia primária em 35%; uma redução das emissões de gases com efeito de estufa entre 45% e 55% relativamente aos valores registados em 2005 e uma quota de 47% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final de energia (PNEC, 2020).

O contexto atual energético causado pela guerra na Ucrânia, relançou a temática da forte dependência energética da UE e dos seus estados-membros, incluindo Portugal. Esta dependência advém da Rússia ser a principal exportadora de combustíveis fósseis, como gás natural e petróleo, para a Europa. Para combater a fragilidade energética europeia, estão a ser traçadas metas e objetivos mais exigentes, a nível da poupança de energia e de um maior aproveitamento das fontes renováveis. Para isso, está prevista uma revisão do PNEC de cada estado-membro, onde se espera a implementação de metas mais ambiciosas.

Face a esta temática da energia e às preocupações ambientais por parte do aluno, foi considerado para seu desenvolvimento pessoal prioritário conhecer e adquirir conhecimentos em tecnologias, não só do presente, mas principalmente do futuro, baseadas em fontes renováveis que promovam a sustentabilidade.

Eram objetivos do aluno ter contacto com o mundo empresarial e adquirir conhecimentos sobre métodos de trabalho, equipamentos e respetiva instalação, integrar-se no mundo das energias renováveis e, principalmente, ter uma primeira experiência laboral. Assim, o aluno decidiu realizar um estágio curricular durante o segundo ano do mestrado de Engenharia Mecânica, na área de Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos.

Após uma procura por empresas que operam na área das energias renováveis ao longo dos distritos de Aveiro e Coimbra, foi elaborada uma seleção de empresas que iam ao encontro das expectativas do aluno. Mediante uma reunião de apresentação, quer da parte do aluno quer da empresa, a empresa escolhida foi a Original Sunenergy, Lda.

1.1 Objetivos do Estágio

Conforme referido anteriormente, os objetivos estabelecidos para o estágio curricular passavam pela integração no mercado de trabalho e pela consolidação e aplicação de conhecimentos adquiridos, não só ao longo da licenciatura em Engenharia Mecânica, mas principalmente no primeiro ano do respetivo mestrado. Além destes pontos, foram também definidos como objetivos e competências a adquirir: comunicação com cliente, fornecedores e fabricantes dos equipamentos, consulta de catálogos, realização de orçamentos, apresentação de soluções, instalação de equipamentos e acompanhamento de obra, bem como a assistência pós-venda.

1.2 Estrutura do Relatório

Este relatório é constituído por 4 capítulos, incluindo este capítulo de Introdução, onde também é apresentada a empresa.

No capítulo 2 são apresentados alguns conceitos relativos à tecnologia bomba de calor, que é um dos principais equipamentos instalado pela empresa em instalações de climatização e produção de AQS. Para além do seu princípio de funcionamento são também apresentados os principais constituintes de uma instalação com bomba de calor, bem como a apresentação de um dos principais programas de incentivo à sua aquisição.

Ao longo do capítulo 3 são apresentados os principais trabalhos elaborados no decorrer do estágio, desde a primeira fase, que é o contacto com o cliente, até à fase de instalação dos equipamentos.

Por fim, no capítulo 4, são apresentadas as conclusões retiradas do período de estágio.

1.3 Apresentação da Empresa

A Sunenergy, nome de marca da Original Sunenergy, Lda, sediada em Coimbra, conta com mais de 10 anos de experiência no setor das energias renováveis e é referência

a nível nacional no respetivo mercado. Fruto da atenção dada ao cliente e do bom trabalho realizado nas suas instalações, quer para entidades particulares como empresariais, a marca estendeu-se de norte a sul do território português, incluindo arquipélagos, através de 21 representantes da Sunenergy.

Apesar da faturação predominante ser oriunda da venda e instalação de sistemas fotovoltaicos para produção de eletricidade, o setor da climatização da empresa tem crescido ano após ano. Este dado tem possibilitado a promoção de soluções conjuntas, isto é, soluções de climatização e/ou AQS com sistemas fotovoltaicos.



Figura 1: Logotipo da empresa (Sunenergy, 2022).

No setor da climatização, a empresa está a entrar agora no campo industrial, sendo que já tem obras de elevada potência térmica adjudicadas, como para a Casa da Moeda com 70kW, em Lisboa. No seu vasto leque de instalações de grandes dimensões fotovoltaicas, destaca-se o projeto de autoconsumo realizado para a Omya, Soure, realizada em 2022, que conta com 1724 painéis fotovoltaicos e uma potência pico de 1MW (Sunenergy, 2022).

2 BOMBAS DE CALOR

A diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios (Diretiva (UE) 2018/844), transposta a nível nacional pelo Decreto-Lei n.º 101-D/2020, referencia as bombas de calor como uma das tecnologias com elevada eficiência para as aplicações de climatização e produção de AQS em edifícios (UE, 2018). A partir de 2009, com a publicação da Diretiva 2009/28/CE, passou a ser considerado que esta tecnologia tem aproveitamento de energia renovável, contribuindo assim para a redução de consumo de energia primária a nível dos edifícios (UE, 2009a). Por outro lado, é uma tecnologia que tem margem de crescimento, o que tem levado a que os fabricantes coloquem no mercado máquinas cada vez mais eficientes, dando assim resposta às imposições da Diretiva da conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia e sucessiva legislação (UE, 2009b).

Dada a sua elevada eficiência energética e o crescente interesse no mercado por estes equipamentos, as bombas de calor (BC) ar-água assumiram um papel de destaque a nível dos sistemas térmicos instalados pela empresa onde foi realizado o estágio. Podem ser aplicadas a nível residencial, em edifícios de serviços, hotéis, piscinas ou até mesmo em processos industriais.

Ao longo destes 8 meses, o contacto com as bombas de calor aerotérmicas foi constante, tornando-as mais uma vez, um aspeto fulcral na estrutura do presente relatório.

Ao longo deste capítulo, serão abordados aspetos como o princípio de funcionamento, os diversos tipos de bombas e respetivas funções ao nível do setor residencial.

2.1 Princípio de Funcionamento

As Bombas de Calor são aparelhos térmicos incumbidos de transferir energia de um meio, que está a uma temperatura mais baixa, para outro meio, que está a uma temperatura superior, contrariando assim a lei natural da transferência de calor. O coração de uma bomba de calor é o compressor. O método operacional rege-se pelo ciclo de compressão de vapor, constantemente utilizado em aplicações de refrigeração.

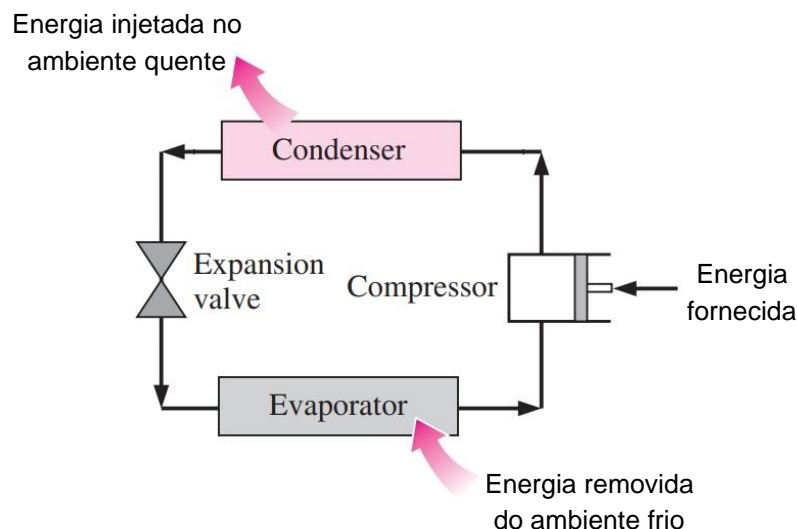


Figura 2: Circuito de Compressão do Vapor e seus componentes (adaptado de Çengel and Boles, 2014).

Os principais elementos do circuito representado na Figura 2 são o evaporador, compressor, condensador, válvula de expansão e, naturalmente, o fluido refrigerante que circula pelos vários componentes por meio de um circuito fechado.

O fluido, no estado de vapor, entra no compressor, onde a sua pressão e, conseqüentemente, temperatura aumentam. Ao passar pelo condensador, o fluido arrefece e condensa libertando calor para o meio envolvente. De seguida, o fluido passa na válvula de expansão para baixar a pressão e a temperatura. Por fim, no evaporador, o fluido absorve o calor do meio ambiente e evapora, voltando novamente para o compressor, onde o ciclo recomeça.

Tal como referido anteriormente, é através deste processo que a Bomba de Calor contraria o princípio natural do movimento de calor. No caso das Bombas de Calor aerotérmicas ar-água, o calor é extraído do ar exterior e transferido para o fluido térmico, que é o fluido que faz a distribuição de energia para a produção de AQS e/ou para a climatização de edifícios (AQC), neste caso aquecimento.

2.2 Funcionalidades e Diferentes Tipologias

Conforme já referido, as bombas de calor, além da elevada eficiência e facilidade de instalação, têm um grande atributo: a sua polivalência. Isto é, ao contrário das tradicionais soluções, como caldeiras a gás, a bomba de calor ar-água reversível pode também, além da produção de AQS e/ou do aquecimento de habitações, trabalhar como solução de arrefecimento.

Isto é possível devido à inversão do ciclo de funcionamento da bomba de calor, que é feito através de uma válvula de inversão de quatro vias. Assim, o evaporador passa a

funcionar como condensador e o condensador como evaporador, possibilitando assim, com recurso a emissores como ventiloconvetores ou piso/teto radiante, o arrefecimento das habitações.

As bombas de calor ar-água são diferenciadas consoante a sua função, isto é, se se destinam à climatização de espaços (associadas a radiadores, ventiloconvetores ou piso/teto radiante) e/ou produção de AQS. Dentro dos equipamentos de climatização, distinguem-se os equipamentos de baixa/média temperatura de trabalho (60°C) e os de alta temperatura (80°C). Outro método de classificação é a sua disposição, se é um dispositivo monobloco ou split.

No que toca à sua disposição, uma bomba de calor designa-se como monobloco quando todos os componentes referidos anteriormente se encontram reunidos em apenas um equipamento, designado de unidade exterior. Na Figura 3, podemos ver um exemplo deste tipo de equipamento, trata-se de uma bomba de calor reversível monobloco THERMA V da LG, destinada à produção de AQS e climatização de uma moradia. Os modelos monobloco são modelos mais recentes, em que é um circuito hidráulico que faz a ligação entre a unidade exterior e o equipamento que se encontra no interior, na zona técnica, o termoacumulador e/ou acumulador de inércia.



Figura 3: Unidade Monobloco LG THERMA V

Por outro lado, as bombas de calor split apresentam o mesmo *modus operandi*, contudo o equipamento no seu todo encontra-se dividido numa unidade exterior (compressor, válvula de expansão e evaporador, no modo de aquecimento) e outra unidade interior (condensador, no modo de aquecimento). A ligação entre as duas unidades é feita com recurso a uma tubagem de cobre onde circula o fluido frigorígeno.

Dentro das duas gamas de funcionalidades (AQC e AQS ou só AQS), as bombas de calor podem assumir-se como monobloco ou split. Os modelos de bomba de calor monobloco apresentam vantagens quanto à facilidade de instalação, o que leva à

redução de custos de instalação e poupam espaço no interior da habitação, uma vez que requer apenas a unidade exterior.

O caso apresentado na Figura 4 representa a unidade interior de uma bomba de calor AQS split, em que o condensador está incorporado no termoacumulador.



Figura 4: Unidade Interior de uma Bomba de Calor AQS Split.

2.3 Componentes de uma Instalação BC Ar-Água

Nesta secção, são apresentados os principais elementos constituintes de uma instalação com bomba de calor ar-água. Todos os elementos apresentados em seguida fizeram parte do dia a dia ao longo do período de estágio. Além do trabalho desenvolvido, estes elementos motivaram também conversas com fabricantes e fornecedores, no sentido de conhecer os diversos modelos existentes, as suas características técnicas e o que os distinguia.

2.3.1 Vaso de Expansão

O vaso de expansão trata-se de um recipiente metálico, geralmente de aço, com duas entradas, uma para o fluido (água com glicol ou água) e outra para o gás (azoto ou ar comprimido). No seu interior, estas duas substâncias encontram-se separadas por uma membrana de borracha. O objetivo do vaso de expansão é absorver o aumento de volume do fluido, provocado pelo seu aumento de temperatura.

As consequências da não instalação de um vaso de expansão no circuito hidráulico são, no pior dos cenários, a rutura das tubagens da instalação.



Figura 5: Vaso de Expansão AQS (Reflex, 2021).

2.3.1.1 Dimensionamento

O dimensionamento demonstrado em seguida, baseado no manual da Caleffi (Caleffi, 2016), destina-se a vasos de expansão aplicados em instalações de AQS. Este dimensionamento sofre ligeiras alterações conforme a função do equipamento, que pode variar entre instalações como a referida anteriormente, instalações de aquecimento e circuitos solares térmicos.

De modo a fazer um correto dimensionamento, é necessário saber a volumetria do termoacumulador (V_i), a temperatura da água fria de alimentação (T_1), considerada como 10°C , e a temperatura da água quente de acumulação (T_2), que pode variar consoante o *set point* definido no equipamento de produção de AQS. De acordo com estes dois valores, é calculado o volume de expansão.

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 6: Coeficientes de expansão da água (Caleffi, 2016).

De acordo com a Figura 6, é retirado um valor de coeficiente de expansão da água à temperatura inicial e final (e_i e e_f , respetivamente) e, recorrendo aos valores anteriores, procede-se ao cálculo do volume de expansão, E , em litros (L), aplicando a Equação 1.

$$E = Vi * (e_f - e_i) \quad (1)$$

Após realizar este cálculo, é necessário determinar alguns dados da instalação, tal como pressão absoluta na rede de alimentação de água (Pa) e a pressão absoluta de trabalho (Pe).

Para efeitos de cálculo, a pressão absoluta de alimentação é tida como a pressão máxima de alimentação, ou seja 3,5 bar, com o acréscimo da pressão atmosférica de 1 bar. Quanto à pressão absoluta de trabalho, também é acrescida a pressão atmosférica à pressão de descarga da válvula de segurança, que é de 7 bar, à qual ainda são retirados 10%, que impedem a abertura da válvula. Assim, a Pe é determinada a partir da Equação 2:

$$P_e = 0,9 \times P_{VS} + 1 \quad (2)$$

Para finalizar, o volume do vaso de expansão a calcular (Vn), em litros (L), é calculado a partir da Equação 3:

$$Vn = \frac{E}{1 - \frac{Pa}{Pe}} \quad (3)$$

Aplicando ao caso de estudo que vai ser apresentado na secção 3.2.2, em que foram consideradas temperaturas iniciais e finais de 5°C e 75°C respetivamente, as diversas variáveis são substituídas pelos devidos valores, obtendo-se um volume do vaso de expansão de 13,76L. Com base neste valor, deve-se escolher o vaso de expansão apresentado no catálogo do fornecedor com um volume superior ao calculado:

$$Vn = \frac{200 \times (0,0258 - 0,000)}{1 - \frac{3,5 + 1}{0,9 \times 6 + 1}} = 13,76L$$

2.3.2 Termoacumulador

O termoacumulador, Figura 7, é um equipamento construído com variados tipos de aço, e encarrega-se de produzir e/ou armazenar AQS. Para diminuir as perdas de calor, o acumulador é revestido com um material isolante. O material varia consoante o modelo de termoacumulador, bem como a sua espessura, que varia consoante capacidade do termoacumulador. O exemplo apresentado na Figura 7, com 200L de capacidade, é revestido com 50 mm de espuma de poliuretano e uma fina camada externa de polipropileno.

Devido à estratificação da água, a alimentação de AQS, ou seja, a saída da água quente, é feita através de um canal na zona superior do equipamento, enquanto a alimentação com água fria sanitária (AFS) é realizada na zona inferior. Entre estas duas tubagens, geralmente encontra-se a ligação para o permutador, local por onde passa o fluido transmissor de calor para a água armazenada. Assim como o volume e o material de construção, o número de permutadores também pode variar.

Geralmente, como fonte de calor ou auxílio à mesma, existe uma resistência elétrica. Em casos em que a resistência se encontra apenas como auxiliar, por exemplo a uma bomba de calor, esta só é ativada em casos em que a necessidade de AQS é superior à água quente acumulada.

Para prolongar a vida útil dos depósitos, estes equipamentos normalmente são equipados com um ânodo de magnésio/zinco, muitas vezes conhecido como ânodo de sacrifício. Este ânodo irá conferir uma proteção catódica ao depósito, sendo assim corroído no seu lugar. A inspeção periódica deste ânodo é um pormenor importante que é comunicado ao cliente no momento da aquisição do equipamento e deverá ser realizada semestralmente. Normalmente, acumuladores constituídos por bronze não necessitam da aplicação de um ânodo de sacrifício.



Figura 7: Termoacumulador TherCa (Aquecinox, 2021).

Existem também modelos em que o acumulador serve como uma bateria de água quente de aquecimento com um permutador que a atravessa, de dimensões superiores ao que foi referido anteriormente, onde entra AFS e sai AQS. Resumidamente, ao invés do termoacumulador acumular AQS para ser utilizada, a água de utilização é aquecida instantaneamente através da circulação pelo permutador, que se encontra banhado pela água aquecida. A este tipo de depósitos, que pelo seu método de funcionamento previne o aparecimento de bactérias como a legionella, é dado o nome de acumulador higiénico.

2.3.3 Válvula de Três Vias Motorizada

A válvula de três vias motorizada (Figura 8) é um dispositivo empregue em instalações com função de produção de AQS e climatização (aquecimento/arrefecimento).

Construída habitualmente em cobre, esta válvula tem como função direccionar o fluido térmico em direção ao depósito do sistema que irá abastecer. Isto é, o fluido térmico ou é encaminhado para o termoacumulador para a produção de AQS, ou para o depósito de inércia (secção 2.3.4) para cumprir a sua função de climatização. Em instalações compostas por uma bomba de calor, a prioridade do sistema será sempre o abastecimento das AQS no termoacumulador. Com recurso à sonda de temperatura, a bomba de calor saberá quando é que a temperatura das AQS atingiu o valor definido pelo utilizador e enviará um sinal elétrico para que a válvula altere a sua posição e comece a abastecer o depósito de inércia, que se encontra associado ao circuito de distribuição de água para climatização.



Figura 8: Válvula 3 vias motorizada (Caleffi, 2009).

2.3.4 Depósito de Inércia

O depósito de inércia (Figura 9), muitas vezes conhecido como volante térmico, é um acumulador de energia térmica. É um equipamento que não é necessário numa instalação de uma bomba de calor, contudo, é sempre instalado, uma vez que promove o aumento da vida útil da bomba de calor. Isto acontece porque com a instalação deste acumulador, a bomba não necessita de estar constantemente num processo de arranque/paragem para o emissor térmico climatizar o espaço desejado. Assim, a bomba de calor opera apenas para repor a temperatura deste acumulador.

Além de aumentar a vida útil da bomba de calor, o depósito de inércia garante também uma poupança em consumos elétricos, uma vez que a bomba de calor vai trabalhar menos tempo.



Figura 9: Depósito de Inércia TherCa (Aquecinox, 2021).

A partir deste acumulador, o fluido térmico nele acumulado circula até ao emissor térmico, com recurso a uma bomba de circulação.

2.3.5 Anticongelante

Uma vez que a bomba de calor na função de climatização necessita sempre de uma unidade exterior, é importante garantir que o líquido no interior do circuito não congele. A aplicação do anticongelante limita-se às instalações compostas por bomba de calor monobloco. As bombas de calor split não necessitam da aplicação deste líquido uma vez que nas tubagens entre o exterior e o interior circula fluido frigorígeno.

Assim, de modo a aumentar o intervalo entre a temperatura de ebulição e de solidificação, é adicionado anticongelante. A adição deste líquido também conhecido como glicol, à água do circuito garante que na tubagem exterior esta água com glicol – fluido térmico – não irá congelar.

A quantidade de glicol a ser adicionada ao circuito varia conforme a localização da instalação. Para determinar esta quantidade são consultados os dados climáticos do local, de modo que o fluido térmico alcance uma temperatura de solidificação inferior à temperatura mínima do local.



Figura 10: Anticongelante/glicol.

2.3.6 Bomba Circuladora

As bombas circuladoras, ou bombas de circulação (Figura 11), são equipamentos instalados nos circuitos de climatização com o intuito de movimentar o fluido térmico. Estas bombas de circulação destacam-se por diversos motivos, como a fácil instalação, a ausência de ruído e por serem bastantes económicas, uma vez que apresentam baixos consumos energéticos.

A seleção da bomba circuladora ideal advém da conjugação da curva característica da bomba, com as condições de trabalho a que irá estar sujeita.

Para um correto funcionamento e boa preservação do equipamento, o fluido térmico deverá estar limpo, sem partículas sólidas. De modo a manter o circuito ausente de impurezas e evitar que estas prejudiquem a bomba, é instalado um filtro magnético de sujidade.



Figura 11: Bomba de Circulação (Wilo,2021).

2.3.7 Emissor Térmico

Uma vez que a bomba de calor se trata apenas do equipamento produtor de energia térmica, é necessário outro equipamento que liberte essa energia para o meio a climatizar. Os emissores térmicos mais usuais para a emissão de energia com base a água são o piso radiante, o ventiloconvetor e o radiador, sendo que este último consiste numa bateria de elementos metálicos como apresentado na Figura 12. Uma

vez que o custo de material e de instalação dos radiadores é bastante inferior ao piso radiante, este é encontrado na maioria das habitações do nosso país. Além da vertente financeira, os radiadores apresentam uma maior compatibilidade com as tradicionais fontes de calor, como caldeiras a gás ou gasóleo, uma vez que trabalham com temperaturas mais elevadas (80°C). Assim, este último ponto acaba por ser o maior impulsionador para a utilização dos radiadores.

As bombas de calor aplicam-se, habitualmente, a soluções de aquecimento a baixa temperatura e a arrefecimento, como pavimento/teto radiante e ventiloconvetores. Contudo, ao longo do período de estágio, a sua associação foi feita maioritariamente aos radiadores. Isto porque no contexto energético atual e atendendo aos incentivos existentes (secção 2.4) que promovem a troca dos equipamentos a combustíveis fósseis por bombas de calor, o cliente já tinha os emissores térmicos instalados, ou seja, os radiadores. Nestes casos, são aplicadas bombas de calor de alta temperatura, uma vez que a sua temperatura de trabalho é a que mais se aproxima da temperatura trabalho das caldeiras referidas anteriormente.

O dimensionamento dos radiadores e respetivo número de elementos utilizados numa instalação de climatização será demonstrado posteriormente, na secção 3.2.1.2, acompanhado de um exemplo prático.

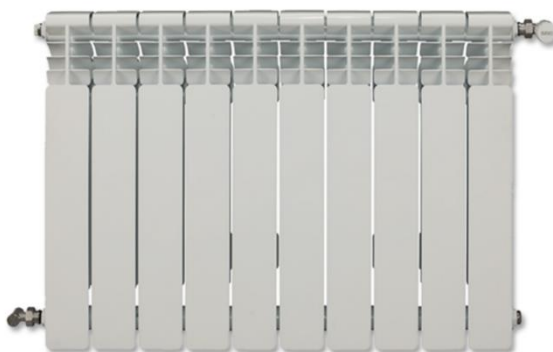


Figura 12: Radiador de alumínio CONDAL (Baxi, 2022).

2.4 Fundo Ambiental

O Fundo Ambiental foi criado com base no Decreto-Lei nº42-A/2016 para que agrupasse um conjunto de programas idênticos já existentes, mais concretamente o Fundo Português de Carbono, o Fundo de Intervenção Ambiental, o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos e o Fundo para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade. O DL referido anteriormente entrou em vigor a 1 de janeiro de 2017 e impôs as regras da gestão, atribuição, acompanhamento e execução dos incentivos.

O Fundo Ambiental tem como finalidade financiar projetos que mitiguem as alterações climáticas, removam o carbono do mercado, permitam a transição para uma economia circular e que promovam a sustentabilidade e a eficiência energética.

2.4.1 PAE+S – Programa de Apoio a Edifícios mais Sustentáveis

Publicado a 21 de junho de 2021, o Despacho 6070-A/2021 aprovou o regulamento da atribuição de incentivos relativos à 2ª Fase do Programa de Apoio a Edifícios Mais Sustentáveis. O referido programa fez parte do dia a dia do aluno durante os 8 meses de estágio, uma vez que, enquanto comercial, estava incumbido de explicar os regulamentos aos clientes interessados. Apesar de deixar a área comercial da empresa, o contacto com o programa permaneceu, visto que era necessário esclarecer questões referentes aos regulamentos diretamente com o Fundo Ambiental ou até ajudar clientes na realização das candidaturas.

A 1ª Fase deste programa teve início a 7 de setembro de 2020 e teve uma dotação inicial de 4,5 milhões de euros. O mesmo encerrou a 31 de dezembro, depois de ver a sua dotação reforçada por via do esgotamento da dotação inicial.

Dada a elevada adesão à 1ª Fase do Programa, a 2ª Fase teve uma dotação inicial de 30 milhões de euros. Este valor visava financiar investimentos de pessoas singulares que promovessem a descarbonização, a eficiência energética e a reabilitação de edifícios de habitação. Para investimentos feitos na área dos sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento e/ou de AQS (Tipologia 3), apenas se encontravam elegíveis edifícios de habitação construídos até 1 de julho de 2021.

A taxa de comparticipação era idêntica para as 6 diferentes tipologias de investimento e situava-se nos 85%, IVA não incluído. Para o mercado em que a empresa estava inserida, isto é, as bombas de calor, o limite da comparticipação era de 2500€. Considerando o investimento nas restantes tipologias, cada candidato podia ser reembolsado, no máximo, em 7500€.

Para efetuar a candidatura, além de documentação pessoal como NIF, IBAN e certificado de não dívida perante a Autoridade Tributária e Aduaneira e perante a Segurança Social, era necessária informação técnica. A última era constituída pela Caderneta Predial Urbana do edifício, faturas e respetivos recibos e evidências fotográficas da instalação dos equipamentos. Por fim, eram necessários documentos relativos aos equipamentos e que variavam de acordo com a tipologia da intervenção. Para a tipologia 3, era necessário a declaração de conformidade CE, a etiqueta energética (com classificação igual ou superior a A+), a ficha técnica do equipamento e o certificado da empresa/técnico instalador para o manuseamento de gases fluorados.

3 TRABALHOS REALIZADOS DURANTE O ESTÁGIO

Neste capítulo, serão abordadas algumas das instalações de AQS e Climatização com maior relevância que foram acompanhadas ao longo dos 8 meses de estágio curricular. Algumas das obras foram acompanhadas desde a fase de orçamentação até à fase de instalação, sendo por isso apresentados os vários procedimentos utilizados durante as várias fases.

Dado que parte deste período de estágio também foi passado na área comercial, de forma a ter contacto com o cliente, esta fase será também referida aquando da apresentação das instalações na parte inicial.

3.1 Funções de Comercial

Numa fase inicial do período de estágio, o aluno integrou o departamento comercial da empresa e assumiu as funções correspondentes. Esta foi uma fase importante, no sentido de conhecer todos os equipamentos vendidos e instalados pela empresa em termos das suas especificidades e pormenores de instalação. Além do ponto de vista técnico, a nível pessoal foi também bastante enriquecedor, dado que foram desenvolvidos e melhorados atributos como a interação com o cliente e a capacidade de comunicação.

Enquanto gestor comercial, o aluno recebia clientes que estabeleciam contacto com a empresa, quer deslocando-se até à empresa ou telefonando para a mesma. Após uma breve discussão, era apresentada ao cliente uma solução para as necessidades que o mesmo gostaria de satisfazer. Após a elaboração de uma proposta e do envio da mesma ao cliente, cabia ao aluno gerir e fazer um acompanhamento cuidadoso da situação. Em caso de intenção de adjudicação, o gestor comercial deveria realizar uma visita técnica de modo a confirmar todos os pressupostos que foram considerados na realização da proposta. Nessa mesma visita, juntamente com o cliente, são definidos os locais de instalação e é feita uma pequena explicação de como a mesma seria efetuada. Ao longo deste período, foram acompanhados e geridos pelo aluno mais de 180 clientes.

Dada a importância do contacto inicial entre o gestor comercial e o cliente, em que a empresa é dada a conhecer ao cliente, assim como as suas soluções, esta fase será também discutida aquando da apresentação das diversas instalações.

Tabela 1: Excerto do Relatório Mensal, elaborado pelo aluno.

LOCAL	NOME PARTICULAR	PHC	CONTACTO	PONTO SITUAÇÃO	TIPO OBRA	kWp	I(SIVA)	OBSERVAÇÕES
Adémia de Baixo					Kit FV+BC AQS 200L	1,26	4 227,64 €	
Verde, S. Martinho de Ar				Proposta Enviada (07/03)	Kit FV + BC AQS // AC	3,78	5 853,66 €	
Algar, Coimbra				Proposta Enviada (16/02)	BC Rad+AQS / FV	1,8	2 032,52 €	
Banhos Secos, Coimbra				Proposta Enviada (25/02)	BC AQS 300L + STF		4 390,24 €	Pinto-967872788 Fazer declaração c/ descrição da Bomba p/ FV
Nezarel, S. Comba Dão				Propostas Enviadas (16/02)				Avançou por empresa que ia fazer instalação FV
Coimbra				Proposta enviada (04/04)	BC Rad+AQS/FV		9 268,29 €	
Albergaria				Proposta enviada (23/02)	BC Piso Rad.+AQS / FV		7 804,88 €	A decidir (20/04)
Coimbra					BC AQC			A discutir soluções com o marido. Entrará em contacto (07/02) Casa em c
Coimbra				Proposta Enviada (10/02)				Querida Fundo Ambiental
Miranda do Corvo				email de recolha de dados enviado (10/02)	FV			
Coimbra				Proposta Enviada (11/03)	FV			Desacordo no método de pagamento
Coimbra				Proposta Enviada (14/02)	FV			Arranjou instalação mais cedo
Coimbra				email com divulgação de opções enviado (15/02)	? (AQS)			Casa em Construção A analisar (25/02)
Ceira				email de recolha de dados enviado (16/02)	Kit FV + BC AQS			
Coimbra				Proposta Enviada (07/03)	BC p/ Rad.+AQS // FV	2,52	17 479,67 €	Visita técnica efetuada a 21/03
Condeixa-a-Nova				email de Recolha de dados enviado (17/02)	FV // AC			Não atendeu (25/02)
Aveiro				Proposta Enviada (14/03)	p/ Piso Rad.+AQS // BC p/ Rad.+AQS			Casa em construção, ainda está a decidir (20/04)
Castelo Viegas				Proposta Enviada (07/03)	AC // BC AQS 300L			Ainda não estudou propostas (24/03)
Mealhada				Proposta Enviada (25/02)	BC AQS 200L		2 439,02 €	Preferiu método de pagamento às prestações (mensalidades)
Ansião				Proposta Enviada (22/03)	BC+PR+AQS			Casa em fase de projeto. Ainda a decidir se avança com a construção (1
S. Martinho do Bispo				Proposta Enviada (07/03)	BC AQS 300L Daikin Split		2 886,18 €	
Figueira da Foz				Proposta Enviada (08/04)	AC // BC AQS 300L		8 292,68 €	
Formoselha				Enviar email de recolha de dados (02/03)	BC AQC			
Águeda				Proposta Enviada (22/03)	FV // BC AQC			
Aveiro				Proposta Enviada (22/03)	BC AQS 300L + STF			
Carvalhais de Cima				Proposta Enviada (11/03)	Kit 3 FV + BC AQS	1,89	4 878,05 €	Não atende (24/03)
Brissos				Proposta Enviada (11/03)	BC AQS 300L		2 642,28 €	Aterragem a nível de emprego. Tiveram de cancelar
Ceira				Proposta Enviada (11/03)	BC AQS 200L			Não quis investir devido à guerra
Cadaval Grande				Proposta Enviada (28/03)	STF 300L (2 serpentinas)			
Parizés, Oia				Proposta Enviada (21/03)	BC AQS 300L		2 926,83 €	
Coimbra				Proposta Enviada (4/04)	AC		3 902,44 €	2x que ã atende (28/04)
S. Martinho do Bispo				email de recolha de dados enviado (11/03)				
Tamengos				Proposta Enviada (15/03)	BC AQS 200L			Em stand-by (28/04)
Figueira da Foz				Proposta Enviada (18/04)	BC p/ RAD+AQS // FV // BC AQS			A decidir (28/04)
Figueira da Foz				Proposta Enviada (22/03)	BC AQS 300L		2 601,63 €	SE ADJUDICAR FV, LEVAR PAULO À OBRA PARA ALTERAR SISTEMA

3.2 Exemplos de Dimensionamento e Acompanhamento de obras

3.2.1 Aquecimento Central - Radiadores

As propostas das soluções técnicas apresentadas pela empresa aos clientes têm usualmente como ponto de partida o contacto realizado pelos potenciais clientes. Após esse contacto, em que o cliente refere as suas necessidades e preferências, cabe ao gestor comercial da empresa perceber, analisar e avaliar qual a opção que melhor corresponde a essas necessidades. Para o efeito, o gestor deve recolher um conjunto de dados como se apresenta de seguida.

3.2.1.1 Recolha e Análise de Dados

O caso apresentado neste subcapítulo refere-se a uma moradia antiga sem qualquer tipo de climatização e com produção de AQS com recurso a um antigo esquentador a gás natural, que era utilizada apenas 3 ou 4 semanas por ano. Com o intuito de transformar esta habitação na sua habitação permanente, o cliente solicitou que lhe fosse apresentada uma solução para aquecimento ambiente e para a substituição do sistema existente para a produção de AQS.

Os primeiros dados a solicitar ao cliente são: saber se já existe alguma pré-instalação de aquecimento central, se a envolvente do edifício tem isolamento térmico, qual a potência elétrica contratada, se a instalação elétrica é monofásica ou trifásica, assim como outros dados técnicos tais como as plantas da moradia.

Com os dados recolhidos, e de acordo com as preferências do cliente, o departamento de engenharia decidiu que a instalação a orçamentar seria constituída por uma solução combinada para aquecimento e produção de AQS através de uma Bomba de Calor Vaillant aroTHERM plus associada a radiadores. Esta foi a opção mais viável a sugerir ao cliente, uma vez que este não pretendia equipamentos que originassem

fluxos de ar. O equipamento de alta temperatura (75°C) foi escolhido devido ao mau isolamento da habitação e devido ao tamanho da instalação (considerado de grande dimensão dado o número de elementos de radiador a alimentar). Nesta solução combinada que permite o aquecimento central e produção de AQS, instalaram-se dois depósitos de acumulação. Estes mesmos depósitos, o termoacumulador e o depósito de inércia, foram mencionados e apresentados nas secções 2.3.2 e 2.3.4, respetivamente.

Tal como referido anteriormente, apenas é realizada a visita técnica após o envio da proposta e demonstrado o interesse por parte do cliente, sendo que as propostas apresentadas normalmente são realizadas com base em documentos solicitados e enviados pelo cliente. Isto deve-se ao facto de não ser viável realizar estas mesmas visitas a todos os pedidos de cotação recebidos. Contudo, neste caso de estudo a visita é apresentada como ponto inicial do processo de instalação, de modo a dar a conhecer as características da moradia. Durante a visita são confirmados todos os dados recebidos e todos os pressupostos considerados. No local, são também avaliadas as condições de instalação dos equipamentos e definidos os locais dos mesmos.

Dada a idade do edifício, as plantas entregues pelo cliente apresentavam algumas incoerências e este foi o primeiro aspeto a trabalhar na visita técnica, com a sua retificação na própria planta, como se pode verificar na Figura 13.

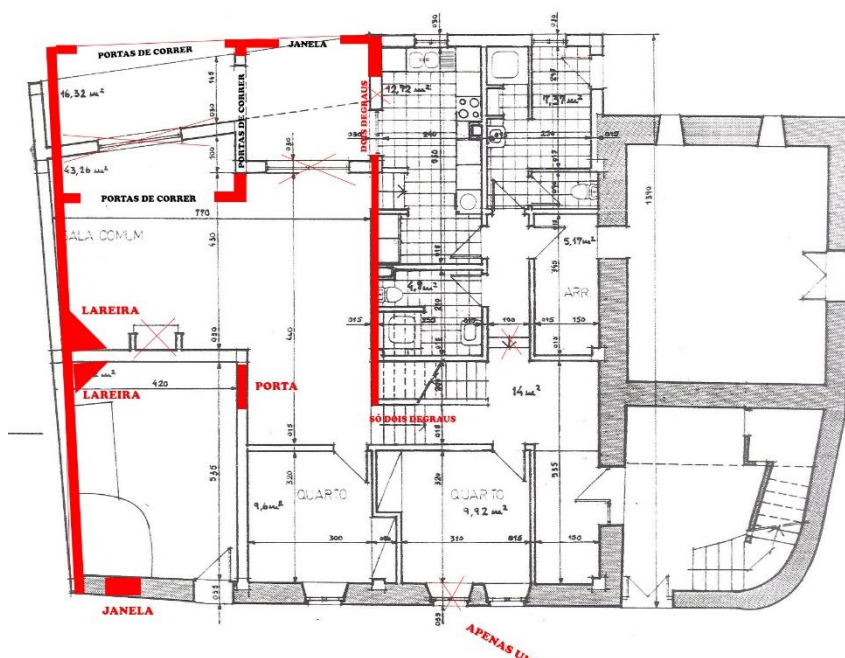


Figura 13: Planta da moradia a trabalhar.

Ao longo da visita, outro pressuposto a confirmar, foi o equipamento existente no local, neste caso um esquentador (Figura 14), unicamente responsável pela produção de AQS.



Figura 14: Equipamento produtor de calor.

Uma vez no local, foi possível acordar com o cliente os locais de instalação dos principais equipamentos constituintes do sistema, mais concretamente a unidade monobloco da bomba de calor, o termoacumulador, o depósito de inércia e os respetivos vasos de expansão, bem como a localização dos radiadores nas diversas divisões. Analisadas as opções em mão conjugadas com a vontade do cliente, foi definido um local exterior para a unidade da bomba de calor e um local mais resguardado para os restantes equipamentos, para diminuir perdas térmicas.

3.2.1.2 Dimensionamento e Elaboração de Proposta

Ao longo do período de estágio, o dimensionamento de instalações e a consequente orçamentação fez parte do dia a dia, sendo elas destinadas a produção de AQS, a aquecimento central ou ambas as situações, que é o caso.

O primeiro passo resume-se ao registo do cliente na base de dados da empresa, organizada através do software *PHC*. Com o número atribuído ao cliente, o mesmo é registado na *Listagem de Propostas*, que consiste numa folha de Excel onde são registadas as diversas soluções técnicas propostas e onde são inseridos dados tais como: o número de *PHC* atribuído ao cliente, o nome do cliente e respetiva morada, solução propostas e as datas de pedido e de entrega da proposta (dado requisitado pelo departamento de qualidade da empresa). Através do registo nesta listagem, demonstrado na Figura 15, é gerada uma referência para a proposta a apresentar ao cliente.

Ref. Proposta	Responsável	Tipo Cliente	PHC	Nome / Designação	Localidade	Sistema	Valor Proposta	Data pedido	Data resposta	Tempo
CBR_CLM_22_01										
CBR_CLM_22_02										
CBR_CLM_22_03										
CBR_CLM_22_04										
CBR_CLM_22_05										
CBR_CLM_22_06										
CBR_CLM_22_07										
CBR_CLM_22_08										
CBR_CLM_22_09										
CBR_CLM_22_10										
CBR_CLM_22_11										
CBR_CLM_22_12										
CBR_CLM_22_13										
CBR_CLM_22_14										
CBR_CLM_22_15_REV01										
CBR_CLM_22_16_REV00										
CBR_CLM_22_17										
CBR_CLM_22_18										
CBR_CLM_22_19										
CBR_CLM_22_20										
CBR_CLM_22_21										
CBR_CLM_22_22										
CBR_CLM_22_23										
CBR_CLM_22_24										
CBR_CLM_22_25										
CBR_CLM_22_26										

Figura 15: Listagem de Propostas

Os dados referentes a cada cliente foram ocultados por questões de privacidade, contudo, os parâmetros a preencher estão nítidos, assim como a referência criada, no sentido de poder ser feita uma avaliação à figura. Concretizada esta etapa, avançamos para a fase de orçamentação.

A orçamentação é elaborada através de uma ferramenta de cálculo criada pela empresa que se baseia num ficheiro de cálculo Excel, constituído por diversas folhas, onde cada folha possui uma etapa diferente do processo de dimensionamento e orçamentação. Conforme o tipo de solução a dimensionar, as folhas modificam-se.

A primeira folha trata-se da apresentação da empresa juntamente com os dados retirados da referência criada anteriormente. São introduzidos também dados relativos ao cliente, nomeadamente o nome e a localidade.

Na mesma folha, serão também introduzidos dados relativos ao sistema pretendido e às características que a instalação irá apresentar, mais concretamente a potência térmica e o rendimento do equipamento, neste caso, a potência térmica da bomba de calor e respetiva eficiência, ou seja, o seu SCOP (*Seasonal Coefficient of Performance*). Ambos os valores são retirados da ficha técnica do equipamento.

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA (APLICÁVEL APENAS A PROPOSTA COM MEMÓRIA DESCRITIVA)

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.)	3,00	
Rendimento da Fonte de Calor (Arref.)		
Meses de Inverno	6	meses
Meses de Verão	6	meses
Potência necessária (Aq.)	14,30	kW
Potência necessária (Arref.)		kW
Nº de horas em funcionamento	4	h
Litros de água aquecida (AQS)	0	L/Ano
	<input checked="" type="checkbox"/> Tem termoacumulador?	

Figura 16: Dados do sistema a dimensionar.

Tal como podemos ver na Figura 16, o sistema de aquecimento central pretendido resume-se a uma bomba de calor e radiadores, tal como já referido anteriormente. Na folha de cálculo, estes dois dados são editáveis, podendo ser escolhida a opção de aquecimento central por bomba de calor e piso radiante, por exemplo.

Concluída a fase inicial de introdução de dados, muda-se de folha e avança-se para o cálculo das potências térmicas.

De acordo com a Figura 17, começa-se por definir a tipologia de moradia a trabalhar, o seu isolamento e a temperatura ambiente exterior. Este caso trata-se de uma moradia com isolamento regular, isto é, alvenaria dupla e janelas com caixilharia com corte térmico e vidro duplo. A localização, neste caso Penacova, é importante no sentido de definir a temperatura mínima exterior.

Tipologia Edifício: Moradia

Tipo Isolamento: Isolamento Regular

Temp. Exterior: 3 °C

Figura 17: Caracterização da moradia e temperatura local.

De acordo com os dados indicados, são definidas as variáveis F1, F2 e F3, que correspondem, respetivamente, a uma potência térmica de referência por unidade de área por tipo de divisão (que varia consoante a tipologia de edifício), à qualidade do isolamento e a um coeficiente dependente da temperatura exterior.

Com a introdução das tipologias de cada divisão e respetivas áreas, é calculado um valor para a potência térmica exigida em cada espaço que irá ser climatizado. Através do cálculo (Equação 4) é obtida uma potência em kcal/h, que deverá ser convertida em kW.

$$Potência [kcal/h] = Área * F1 * F2 * F3 \quad (4)$$

A conversão para kW é dada pela Equação 5:

$$Potência [kW] = Pot. [kcal/h] / 860 \quad (5)$$

DADOS GERAIS / RADIADORES / PISO RADIANTE					POTÊNCIA (VC E AC)			
	Divisão	Área [m ²]	F1	F2	F3	Divisão	Pot. [Kcal/h]	Pot. [kW]
1	Quarto	9,60	86	1,2	0,85	Quarto 1	842	0,98
2	Quarto	9,92	86	1,2	0,85	Quarto2	870	1,01
3	Hall	19,45	72	1,2	0,85	Hall	1 428	1,66
4	Sala	56,10	95	1,2	0,85	Sala Comum	5 436	6,32
5	Cozinha	12,72	81	1,2	0,85	Cozinha	1 051	1,22
6	Banho Ext.	9,50	90	1,2	0,85	Balneário	872	1,01
7	Banho Ext.	4,80	90	1,2	0,85	I.S.	441	0,51
8	Corredor	8,45	46	1,2	0,85	Corredor	396	0,46
9	Quarto	17,85	86	1,2	0,85	Quarto 3	1 566	1,82
10	Quarto	25,00	86	1,2	0,85	Suíte	2 193	2,55
11	Banho Ext.	9,39	90	1,2	0,85	I.S. 1º Piso	862	1,00
12	Quarto	10,46	86	1,2	0,85	Quarto 4	918	1,07
13	Quarto	11,00	86	1,2	0,85	Quarto 5	965	1,12
14	Quarto	5,20	86	1,2	0,85	Quarto 6	456	0,53
15	Quarto	5,20	86	1,2	0,85	Quarto 7	456	0,53
16	Sala	14,10	95	1,2	0,85	Sala Comum 1º Piso	1 366	1,59

Figura 18: Potência térmica necessária por divisão.

Concluída esta etapa, passamos à fase do dimensionamento do número de elementos de radiador por divisão, que deverá ter por base a temperatura de trabalho máxima atingida pela bomba de calor. Assim, o dimensionamento começa pela definição da bomba de calor a utilizar. Como já referido, a bomba escolhida foi uma Bomba de Calor Vaillant aroTHERM plus, escolhida pelos motivos enumerados anteriormente.

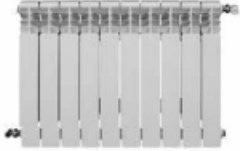
De modo a determinar a potência por elemento, é necessário calcular o diferencial térmico, de acordo com a norma EN 442 (2014), que é dado pela média entre a temperatura de entrada (Te) e de saída (Ts) da água do radiador subtraída pela temperatura ambiente desejada dos espaços interiores (Tamb), conforme a Equação 6.

$$\Delta T = \frac{T_e + T_s}{2} - T_{amb} \quad (6)$$

Substituindo as temperaturas pelos devidos valores, obtém-se um diferencial térmico de 50°C:

$$\Delta T = \frac{75 + 65}{2} - 20 = 50^\circ C$$

Após este cálculo, é consultada a ficha técnica do radiador, apresentada na Figura 19, para averiguar a potência por elemento. O tipo de radiador utilizado, por norma na empresa, é o modelo Condal 70, da BAXI.



		Condal				
		45	60	70	80	
Pressão máx. trabalho	bar	20	20	20	20	
Temperatura máx. trabalho	°C	110	110	110	110	
Cotas	Altura (A)	423	574	675	775	
	Entre eixos (B)	350	500	600	700	
	Largura (C)	80	80	80	80	
	Profundidade (D)	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
Exponente "n" curva característica (1)		1,3	1,3	1,31	1,31	

Figura 19: Ficha Técnica radiador Condal (BAXI, 2022).

Inserida esta potência calorífica na folha de cálculo, automaticamente é calculado o número de elementos necessários, de modo a satisfazer as necessidades de aquecimento do respetivo compartimento. Depois deste passo, é definido o número de elementos a instalar necessários para atingir a potência requerida pela divisão. No

caso desta instalação, não houve restrições quanto ao número de elementos, uma vez que a mesma não possuía pré instalação de aquecimento central. Nos casos em que a pré instalação do sistema de aquecimento centralizado já está feita, temos limitações no número de radiadores a instalar por divisão e no respetivo número de elementos devido ao espaço destinado para o radiador.

Nº	Divisão	Área [m2]	Nº Elementos 0,6*área	Nº Elementos Propostos	Nº Radiadores	Potência N° Elementos	Potência [kcal/h]	WC Totalheiro	Divisão
1	Quarto	9,6	8	8	1	904,03	891,65		Quarto 1
2	Quarto	9,92	9	9	1	1017,04	921,37		Quarto2
3	Hall	19,45	14	14	1	1582,06	1512,43		Hall
4	Sala	56,1	51	50	3	5650,20	5755,86		Sala Comum
5	Cozinha	12,72	10	10	1	1130,04	1112,75		Cozinha
6	Banho Ext.	9,5	9		1	0,00	923,40	1	Balneário
7	Banho Ext.	4,8	5		1	0,00	466,56	1	I.S.
8	Corredor	8,45	4	4	1	452,02	419,80		Corredor
9	Quarto	17,85	15	15	1	1695,06	1657,91		Quarto 3
10	Quarto	25	21	16	1	1808,06	2322,00		Suíte
11	Banho Ext.	9,39	9		1	0,00	912,71	1	I.S. 1º Piso
12	Quarto	10,46	9	9	1	1017,04	971,52		Quarto 4
13	Quarto	11	10	10	1	1130,04	1021,68		Quarto 5
14	Quarto	5,2	5	5	1	565,02	482,98		Quarto 6
15	Quarto	5,2	5	5	1	565,02	482,98		Quarto 7
16	Sala	14,1	13	12	1	1356,05	1446,66		Sala Comum 1º Piso
17	0	0	0			0,00	0,00		0
18	0	0	0			0,00	0,00		0
19	0	0	0			0,00	0,00		0
Total				167	18		21302,24	3	
		228,74	197	149	15	18871,668	kcal/h	943,5834	l/h
						21,95	kW		
					68%	14,92	kW		

Figura 20: Número de elementos de radiadores por divisão.


Calculada a potência total necessária para alimentar a moradia, os 21.95 kW indicados na Figura 20, é necessário escolher a bomba de calor a propor ao cliente. Dentro do modelo aroTHERM plus, da Vaillant, é escolhida a bomba de calor com maior potência térmica, 15kW.

Na Figura 20, é evidenciado o pormenor de a bomba corresponder a apenas 68% das necessidades térmicas da moradia. Havia sempre a possibilidade de propor duas bombas de calor, contudo o investimento inicial seria bastante superior. Nestes casos, a situação é exposta ao cliente e é recomendado que faça uma gestão das divisões e dos seus respetivos radiadores, no sentido de, em primeiro lugar, serem aquecidas as divisões com maior relevância/utilização.

Concluídas as fases de dimensionamento da instalação de aquecimento central, finaliza-se a elaboração da proposta com a sua orçamentação. Além da bomba de calor e dos radiadores, neste orçamento estão também contemplados os diversos equipamentos auxiliares descritos na secção 2.3, e todos os acessórios necessários, bem como os custos de instalação.


Uma das atividades desenvolvidas ao longo do estágio durante o processo de orçamentação, foi a vivência e a interação com os representantes das diversas marcas fornecedoras de equipamentos. Através deles, eram requisitados os preços com que a empresa iria trabalhar na elaboração do orçamento.

Na Figura 21 e na Figura 22, estão representadas as tabelas descritivas dos principais equipamentos propostos para esta instalação, onde é elaborado o orçamento a apresentar ao cliente. Embora a bomba de calor e respetivos acessórios, e os



SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO AQUECIMENTO CENTRAL E AQS

Com Bomba de Calor



PROPOSTO A

NOME
Aso Duarte

LOCALIDADE
Silvínholo


PROPOSTO POR

Sunenergy Coimbra
+351 239 100 150

REFERÊNCIA
CBR_CLM_S2_T4_REV00

DATA
6 de julho de 2022


IMP1051.04




CONTEÚDOS

1.	DESCRICÃO	3
2.	CONDIÇÕES DE PROJETO	4
2.1.	Dados de projeto	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

Página 3/8





1. DESCRIÇÃO

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

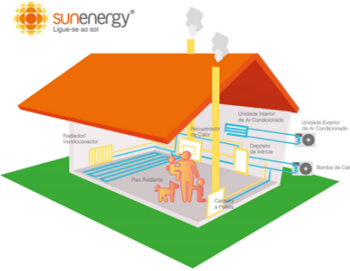
UNIDADE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA - BOMBA DE CALOR

Permite fazer a climatização (aquecimento apenas ou aquecimento e arrefecimento) de uma casa e a produção de águas quentes sanitárias (AQS). Equipamento limpo, uma vez que funciona a energia elétrica, 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 distribuição de energia ou, alternativamente, é encaminhada para o depósito das AQS para ser posteriormente distribuída pelas torneiras de água quente.


SISTEMA DE DIFUSÃO DE ENERGIA - RADIADORES


Permite fazer a difusão do calorífico produzido pela fonte de calorífico, 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 mangueiros e junta de estanqueidade. Os elementos são fabricados por injeção à pressão da liga de alumínio previamente fundida.



Página 5/8





2. CONDIÇÕES DE PROJETO

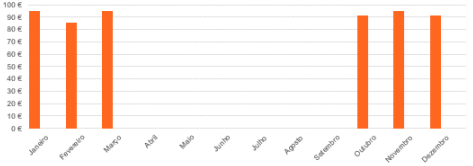
2.1. Dados de projeto

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

RENDIMENTO DA FONTE DE CALOR (AQ.)	POTÊNCIA NECESSÁRIA (ARREF.)
3,00	14,3 kW
RENDIMENTO DA FONTE DE CALOR (ARREF.)	Nº DE HORAS EM FUNCIONAMENTO
4,1	0,16 h/dia
MESES DE INVERNO	LITROS DE ÁGUA AQUECIDA (AQS)
6 meses	0,16 h/dia
MESES DE VERÃO	CUSTO ENERGIA (AQ.)
6 meses	0,16 h/dia
POTÊNCIA NECESSÁRIA (AQ.)	CUSTO ENERGIA (ARREF.)
14,3 kW	0,16 h/dia

2.2. Simulação do consumo

■ Inverno - Bomba de Calor
 ■ Verão - Bomba de Calor



CUSTO ANUAL DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO BOMBA DE CALOR

552,87 €

Página 7/8




Figura 23: Proposta apresentada ao cliente.

sunenergy

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 pelos nossos técnicos, 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 efetuar as reparações necessárias para restabelecer o correto funcionamento da instalação, sem qualquer custo para o cliente, salvo nos seguintes casos:

- a) Acidentes devido ao uso negligente, impróprio ou inadequado da instalação.
- b) Alterações ou tentativas de reparação realizadas por pessoal não autorizado.
- c) Ações 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, granizo, etc.

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 estendida contra falhas e avarias imputáveis aos respetivos 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/demontagem associados à operação em causa.

Página 108

sunenergy

4. PROPOSTA (PARTE 1)

DESCRIÇÃO DE EQUIPAMENTOS | BOMBA DE CALOR

QT.	DESCRIÇÃO
1	Bomba de Calor Vaillant ecoTHERM plus 14,3 kW Alta Temperatura Monofásica
1	Termostatoador Inco 200L
1	Acumulador de Inércia V2 Inco ROL 8 Litros/40
1	Circulador YOMOS PARA R25/7,5
1	Válvula Motorizada de 3 Vias
1	Vaso de Expansão ABIG 25L
1	Válvula de Exaustão Automática V2
1	Purgador Ar Automático V2/2,5 bar
1	Válvula de Segurança 1/2x3/8at FF
2	Anticongelante Glicol 50L
1	Vaso de Expansão ABIG 25L
1	Grupo de Segurança pt/Termostatoador
1	Tubagens e Acessórios

1 Projeto, Instalação e Atrasos da Obra

ESTA PROPOSTA EXCLUI - Trabalhos de Construção Civil

Página 109

sunenergy

4. PROPOSTA (PARTE 2)

DESCRIÇÃO DE EQUIPAMENTOS | RADIADORES

QT.	DESCRIÇÃO
102	Emissor Radiador Aluminio Real Confort 10
18	Kit Universal Tampão Radiador Zircado
36	Supporto Radiador Curvo Zircado
18	União de Fichas 200 1/2 Eq. Roca
15	Válvula pt Radiador Termostática V2 Eq. Roca
3	Válvula pt Radiador Termostática V2 Eq. Roca
36	União de Compressão 200 1/2 1/5
36	Posteira Cromada pt Radiador 15 x 1/2
36	Espelho Cromado pt Posteira Radiador V2 x 15mm
3	Talheiro ZETA T 1600x1600 Branco Preto
1	Tubagens e Acessórios

1 Projeto, Instalação e Atrasos da Obra

ESTA PROPOSTA EXCLUI - Trabalhos de Construção Civil

VALOR LÍQUIDO (€ IVA)	VALOR FINAL (€ IVA)
17 479,67 €	21 500,00 €

DIVISÃO	Nº ELEMENTOS	Nº RADIADORES
Quarto 1	8	1
Quarto 2	9	1
Hall	12	1
Sala Comum	47	3
Cocina	9	1
Banheiro	Toalheiro	1
LS	Toalheiro	1
Corredor	5	1
Quarto 3	14	1
Suite	16	1
Quarto 4	9	1
LS 1º Piso	Toalheiro	1
Quarto 5	9	1
Quarto 6	5	1
Quarto 7	5	1
Sala Comum	12	1

Página 110

sunenergy

4.1. Validade da proposta

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

4.2. Condições de pagamento

50% do valor final com a validação da proposta.	50% com a conclusão da instalação.
---	--

4.3. Prazo para instalação em obra

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

REVISÃO VERIFICAÇÃO VALIDAÇÃO ASSINATURA

Página 111

Figura 23 (Continuação): Proposta apresentada ao cliente.

3.2.1.3 Esquema de Princípio da Instalação

Antes do início da obra, é elaborado o esquema de princípio da instalação, que após a conclusão da mesma, deverá ser entregue ao cliente. Em casos em que já existe um sistema combinado de aquecimento central e produção de AQS, o Esquema de Princípio, tal como o apresentado na Figura 24, é bastante útil para orientação e planeamento de obra de quem irá intervir posteriormente. Por isso, é norma da empresa fornecer ao cliente um esquema de princípio quando é instalado um sistema combinado. Para as instalações de maiores dimensões, como instalações empresariais, é realizado um projeto térmico, onde são identificados os diâmetros de todas as tubagens e acessórios utilizados.

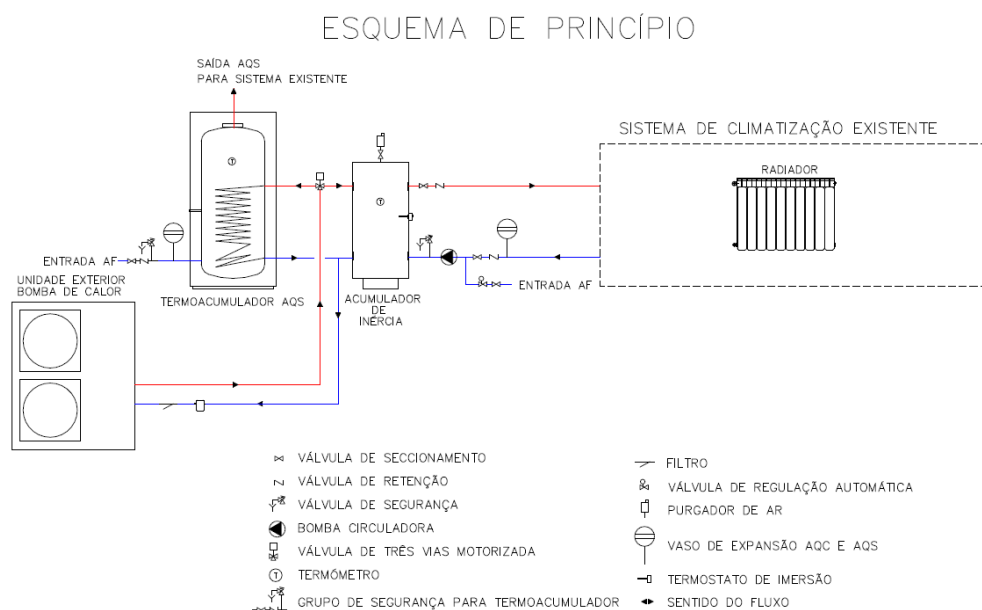


Figura 24: Esquema de Princípio da instalação.

Quanto ao esquema apresentado, podemos constatar as ligações efetuadas entre os diversos equipamentos da instalação.

Uma vez que a bomba de calor instalada é uma unidade monobloco, a circulação entre a mesma e os depósitos de acumulação é feita através da mistura de água e glicol. Este fluido térmico circula através da tubagem por meio de uma bomba de circulação incorporada na própria bomba de calor. Ao chegar à válvula de 3 vias, esta irá orientar o fluido térmico até ao termoacumulador, para aquecer a AFS através do permutador, ou até ao depósito de inércia. A regulação da válvula de 3 vias é feita através do controlador da bomba de calor que, por meio de sensores de temperatura nos depósitos, irá dar sempre prioridade à conservação da temperatura ideal das AQS.

Para que a AQC circule pela instalação e, conseqüentemente, pelos radiadores, é colocada uma bomba de circulação no retorno do fluido térmico ao depósito de inércia. No mesmo esquema, estão representadas as ligações dos vasos de expansão. O vaso de expansão do termoacumulador deve ser instalado na entrada da AFS, enquanto o vaso de expansão do depósito de inércia deve ser instalado no retorno do fluido térmico ao depósito, antes da bomba de circulação.

3.2.1.4 Acompanhamento de Obra

Após a adjudicação da obra, fez parte do quotidiano do aluno fazer um acompanhamento constante da obra, tendo tido a oportunidade de acompanhar as várias fases da instalação, desde a colocação da bomba de calor no local pré-definido até à conclusão da obra no seu todo.

Como referido, o primeiro passo resumiu-se à colocação da bomba de calor no local acordado com o cliente aquando da visita técnica, assim como o depósito de inércia e o termoacumulador na respetiva zona técnica.



Figura 25: Colocação e instalação da Bomba de Calor.

Realizada esta instalação, são feitas as ligações aos pontos de água fria da rede da casa, assim como a injeção da água quente, ambas para as AQS. A par destas ligações, é feita a instalação dos vasos de expansão, conforme apresentado na Figura 24.



Figura 26: Zona técnica.

Concluídas estas ligações iniciais, dá-se início ao trajeto percorrido pelas tubagens do aquecimento central ao longo da moradia até aos vários radiadores.

Ao longo de todo o percurso, o tubo multicamada é isolado com um tubo sintético criado especialmente para instalações de aquecimento, que reduz as perdas de energia e que permite também reduzir as vibrações que, por conseguinte, evita a propagação de ruído – isolamento K-Flex. A espessura do isolamento a aplicar é definida de acordo com a Tabela I.07 do anexo da Portaria n.º 349-B/2013 (Tabela 2). Neste caso, foram utilizados diâmetros de 20mm, 25mm e 32mm. Tendo em conta a temperatura de trabalho de 75°C, foi utilizada uma espessura de isolamento de 20mm.

Tabela 2: Espessuras mínimas de isolamento, em mm, de acordo com a Portaria n.º 349-B/2013.

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
$D \leq 35$	20	20	30	40	40	30	20	20
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40	50	40	30	20
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50	50	40	30	30
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50	60	50	40	30
$D > 140$	30	40	50	60	60	50	40	30

Uma vez que o cliente não pretendia fazer rasgos na parede para conduzir a tubagem ao longo da moradia, foi colocada uma calha, conforme a Figura 27, ao longo da instalação de modo a reduzir o impacto visual da tubagem.



Figura 27: Calha técnica para passagem de tubagem.

Na Figura 28 é apresentado o aspeto final da instalação de um radiador, após a conclusão da obra.



Figura 28: Aspeto final da instalação do radiador.

Com a finalização da obra, a bomba de calor é programada através do seu controlador, Figura 29, com a orientação de um técnico certificado da empresa Ofamat, que forneceu o equipamento. Com a ajuda do técnico e consoante as preferências do cliente, são definidos parâmetros relativos à temperatura desejada para AQS e de AQC, horários de funcionamento e modos de operação da bomba de calor (produção de AQC, produção de AQS, ou ambos). O mesmo técnico fiscaliza toda a obra, para conferir que estão garantidas todas as condições para um correto funcionamento da bomba de calor, concedendo a possibilidade dos equipamentos da instalação de usufruírem da garantia, caso seja necessário.



Figura 29: Controlador da bomba de calor.

3.2.2 Bomba de Calor para AQS

Tipicamente, a produção de AQS nos edifícios portugueses é realizada a partir da queima de combustíveis fósseis, através de caldeiras ou esquentadores. Os esquentadores são a solução mais procurada para AQS por quem tem fornecimento de gás, principalmente quando associados a um fornecimento contínuo de gás natural canalizado. Contudo, estes equipamentos têm vindo, gradualmente, a cair em desuso por dois motivos: o clima inconstante em torno dos combustíveis fósseis, forçando o conseqüente aumento de preços (com o gás natural a apresentar um preço de 0,135€/kWh) aliado ao aparecimento de equipamentos mais eficientes e com aproveitamento de energia renovável – a bomba de calor para produção de AQS.

Uma vez que a tendência atual passa pela eletrificação total dos edifícios, a aposta nestes equipamentos é cada vez mais evidente. Para além dos motivos apresentados anteriormente, uma das vantagens das bombas de calor é o facto de não necessitarem de alimentação através de uma rede de distribuição como a do gás natural e, uma vez que não há combustão, não existem gases de combustão resultantes do funcionamento do equipamento. Logo, as bombas de calor são equipamentos mais seguros, uma vez que não existe a possibilidade de fugas de gases. Por questões de segurança, de acordo com a Portaria nº349-D/2013, a bomba de calor, por se tratar de um sistema de acumulação, tem de apresentar mecanismos para prevenir o

desenvolvimento de legionella. Assim, periodicamente, a bomba de calor está programada para elevar a temperatura da água acumulada até 70°C.

Por via do programa do Fundo Ambiental, referido anteriormente na secção 2.4, e pelos motivos descritos anteriormente, as solicitações de bombas de calor para produção de AQS foram recorrentes e parte do dia a dia do período de estágio. As bombas de calor são uma alternativa válida aos painéis solares térmicos para produção de AQS, visto que têm aproveitamento de energia renovável. O sistema solar térmico precisa de um sistema de apoio para as alturas em que a energia solar não é suficiente, contrariamente à bomba de calor, que por si só consegue satisfazer continuamente as necessidades de AQS. Outra desvantagem do sistema solar térmico trata-se da componente financeira. Para efeitos de comparação de custos entre as duas tecnologias, foi considerado um sistema solar térmico de circulação forçada. Neste sistema, à semelhança do sistema com bomba de calor, o termoacumulador fica instalado no interior, levando a perdas térmicas significativamente menores quando comparado com o sistema solar térmico compacto de termossifão, em que o termoacumulador fica exposto às condições climatéricas exteriores. Com base nos preços praticados pela empresa onde foi realizado o estágio, são apresentados na Tabela 3 os valores de investimento inicial para a instalação de cada um dos sistemas e os respetivos custos anuais de manutenção:

Tabela 3: Comparação dos investimentos iniciais e custos de manutenção dos dois sistemas.

	Bomba de Calor	Sistema Solar térmico
Investimento Inicial (€)	3100€	3400€
Manutenção Anual (€)	200€	250€
Total (€)	3300€	3650€

Com base nos valores de custos apresentados na Tabela 3, pode-se concluir que a bomba de calor para produção de AQS é uma solução vantajosa para o cliente, para além da sua instalação ser mais fácil e mais rápida comparativamente ao sistema solar térmico de convecção forçada.

Ao longo deste subcapítulo, é demonstrado como é feito o dimensionamento de uma bomba de calor para produção de AQS, assim como os dados que deverão ser recolhidos e os procedimentos de instalação do equipamento.

3.2.2.1 Dados a Recolher

No caso deste tipo de equipamentos, é importante recolher o número de pessoas da habitação, sendo que está estipulado um consumo diário fixo de 40L por pessoa, de acordo com o Despacho 15793-I/2013. Importante referir que este número de habitantes varia conforme a equação 7, retirada dos Indicadores de Desempenho Energético, fornecidos pelo Sistema de Certificação Energética dos Edifícios:

elaborado um correto orçamento. Assim, na visita, cabe ao gestor comercial avaliar a distância entre a zona técnica e o ponto de alimentação/injeção de água.

Todos os componentes carecem de consulta das últimas tabelas de preço dos fornecedores.

Na Figura 31, podemos consultar os dados técnicos referentes ao modelo de bomba de calor AQS proposto ao cliente. A bomba escolhida é da Proteu, modelo Tamisa Premium, por via do seu preço de mercado, que permite entregar ao cliente uma proposta competitiva.

Características Técnicas		Tamisa Premium 200
Material do Acumulador		Inox 444
Altura	mm	1750
Diâmetro	mm	590
COP (EN 16147:2017)		3.57
Potência Térmica	kW	1.8
Potência Elétrica Absorvida	kW	0.46
Corrente Absorvida	A	2.0
Potência Resistência Elétrica SOS	kW	1.5
Potência Máxima Absorvida	kW	2.05
Corrente Máxima Absorvida	A	8.92
Tensão/Frequência Elétrica		230V - 50Hz
Tipo de Compressor		Rotativo
Fluido Refrigerante		R134a
Quantidade de Fluido Refrigerante	g	1000
Baixa Pressão do Fluido Refrigerante	MPa	1.3
Alta Pressão do Fluido Refrigerante	MPa	2.1
Pressão de Serviço	Bar	6
Pressão de Ensaio	Bar	9
Ligações Hidráulicas		3/4"
Temp. Máx. Saídas da Água	°C	60
Temp. Máx. Serviço (Bomba de Calor)	°C	55
Diâmetro das Conduções	mm	150
Comprimento Máximo das Conduções	m	8
Potência Sonora	dB(A)	45
Volume de Ar	m ³ /h	350
Pressão do Ar	Pa	40
Número de Utilizadores		2-3
Peso Líquido	kg	85
Peso de Transporte	kg	96

Figura 31: Ficha técnica da bomba de calor proposta (Proteu, 2020).

3.2.2.3 Acessórios Instalados

De modo a proporcionar um correto funcionamento da bomba de calor, devem ser instalados equipamentos como vaso de expansão e o grupo de segurança para o termoacumulador. O dimensionamento do correto vaso de expansão encontra-se descrito na secção 2.3.1.1. Face ao resultado apresentado, é escolhido no catálogo do fornecedor, o modelo que apresente um volume igual ou superior ao calculado e, por isso, foi escolhido um vaso de expansão de 18L.



Figura 32: Vaso de Expansão 18L.

O grupo de segurança apresentado na Figura 33 é fabricado pela Caleffi e é escolhido pelo facto de agrupar as funções de corte, retenção e segurança num só conjunto.



Figura 33: Grupo de Segurança (Caleffi, 2022).

3.2.2.4 Acompanhamento de Obra

Após a apresentação da proposta e a adjudicação da mesma por parte do cliente, procede-se à instalação da bomba de calor. Tal como referido na secção 3.2.2, este processo é bastante rápido e simples, sendo que o equipamento deve ser instalado num local perto de uma caixa coletora ou de um ponto de água fria/quente. No presente caso a bomba de calor ficou perto do antigo esquentador, equipamento que foi removido aquando da instalação, de modo a aproveitar as ligações existentes, conforme se pode conferir na Figura 34.



Figura 34: Ligações de Água Quente/Fria

Além da necessidade de ligação a uma tomada elétrica de alimentação, outro requisito de instalação é instalar a bomba de calor num espaço interior. Embora não seja obrigatório, é recomendado pelos fornecedores para que a bomba apresente um correto funcionamento, de forma a evitar congelamento do fluido refrigerante e conseqüentemente falhas no arranque do equipamento.

Conforme explicado na secção 2.1, a bomba de calor capta calor do ar ambiente e rejeita ar frio. Recomenda-se, embora não seja obrigatório, que esta rejeição seja feita para outra divisão ou para o exterior com recurso a uma conduta de PVC idealmente com 160mm de diâmetro (Figura 35). Ao fazer a instalação, há cuidados a ter com a tubagem de rejeição de ar, mais concretamente quanto ao comprimento e desnível máximo da tubagem, de modo que a perda de carga não interfira com a rejeição de ar e conseqüentemente com o correto funcionamento da bomba de calor.



Figura 35: Aspeto final da instalação.

3.2.3 Climatização de uma Moradia - Sistema de Ar condicionado

Além da bomba de calor com a finalidade de climatização de espaços, é dado aos clientes a opção da instalação de aparelhos de ar condicionado (AC). Contrariamente ao sistema de ventiloconvetores, alimentados pela bomba de calor ar-água e que operam com um circuito hidráulico, os aparelhos de AC fazem a transmissão de energia diretamente do fluido de trabalho para o ar a climatizar. Este dado, conjugado com o facto de a instalação de AC não conter elementos como bombas circuladoras, faz com que a instalação deste tipo de sistemas seja mais simples e mais barata.

A sua aplicação para casos de aquecimento central tem de ser corretamente avaliada. Em pequena escala, que é o caso, o AC tem vantagem, uma vez que pode ser utilizado para climatizar seleccionadas divisões. Assim, dado que pode ser instalado apenas nas áreas desejadas, o investimento inicial é menor, comparativamente à aquisição de um sistema hidráulico via bomba de calor.

3.2.3.1 Tipos de Ar Condicionado

Assim como as bombas de calor, os aparelhos de ar condicionado podem ser classificados como mono split e multi split. No primeiro caso, cada unidade de climatização interior possui a sua própria unidade exterior e são aparelhos utilizados

em casos onde se queira apenas climatizar uma divisão em específico. No caso dos aparelhos multi split, encontra-se diversas unidades interiores (no máximo, seis) a ser alimentadas por uma única unidade exterior. Normalmente opta-se por estes equipamentos quando se quer climatizar diversas divisões que se encontrem relativamente próximas. Isto porque, caso o comprimento da tubagem seja superior ao permitido pelo fabricante, a perda de carga poderá comprometer o correto funcionamento do equipamento. Além disso, são indicadas nas fichas técnicas distâncias máximas a ter em conta na instalação destes aparelhos, quer em desnível como em comprimento da tubagem. Estes detalhes podem ser conferidos no excerto da ficha técnica do modelo mural Xtreme Save, da MÍDEA, representado na Tabela 4.

Tabela 4: Excerto da ficha técnica do mural Xtreme Save (MÍDEA, 2021).

Circuito Frigorífico					
Diâmetro de tubagem	L. líquido	mm (polg.)	Ø 6.35 (1/4")	Ø 6.35 (1/4")	Ø 6.35 (1/4")
	L. aspiração	mm (polg.)	Ø 9.52 (3/8")	Ø 9.52 (3/8")	Ø 12.7 (1/2")
Tubo drenagem		mm	Ø 16	Ø 16	Ø 16
Comprimento máximo de tubagem		m	25	25	30
Desnível máximo entre unidades		m	10	10	20
Protecção	A		16	16	16
Carga adicional	g		5> 12g-m U.I.	5> 12g-m U.I.	5> 12g-m U.I.
Alimentação/Localização	mm		3x2.5 U.E.	3x2.5 U.E.	3x2.5 U.E.
Cabo inter-unidades	mm		5x2.5	5x2.5	5x2.5
Limites de funcionamento	°C		-15 ~ 50; -15 ~ 24	-15 ~ 50; -15 ~ 24	-15 ~ 50; -15 ~ 24
Quantidade de carga de gás de fábrica	kg		0,62	0,62	1,1
Controlo remoto			Infravermelhos Arctic Fox RG10A(B2S)/BGEF	Infravermelhos Arctic Fox RG10A(B2S)/BGEF	Infravermelhos Arctic Fox RG10A(B2S)/BGEF

Foram estudadas soluções de outras marcas com que a empresa e o aluno trabalham habitualmente na instalação de aparelhos de AC, sendo elas Daikin e Mitsubishi. Esta pequena análise teve como objetivo comparar características entre os aparelhos, tais como o desnível/comprimento da tubagem e eficiências.

Tabela 5: Tabela comparativa de diferentes aparelhos.

Marca	Modelo	Potência [kW//Btu/h]	Comprimento Máximo [m]	Desnível Máximo [m]	SCOP	SEER
Midea	Xtreme Save	3,5//12000	25	10	6	8,5
Daikin	Perfera	3,5//12000	20	10	5,1	8,65
Mitsubishi	MSZ-AP	3,5//12000	20	12	4,55	4,01

Para manter a análise equilibrada, foram comparados 3 aparelhos com a mesma capacidade/potência térmica. As unidades da potência térmica variam de marca para marca, sendo ainda muito usual esta ser dada em Btu/h. A correspondência entre Btu/h e watts é dada pela Equação 8.

$$Pot. [Btu/h] = Pot. [W] * 3,412 \quad (8)$$

Entre as três marcas e respetivos modelos apresentados na Tabela 5, confirmamos que as distâncias não variam muito, alternando entre os 20 e os 25 metros de comprimento máximo. Quanto ao desnível, a diferença também é mínima, sendo que apenas a Mitsubishi apresenta um ligeiro acréscimo de 2 metros. A principal diferença entre estes aparelhos são as suas eficiências sazonais, quer em modo de arrefecimento, SEER (*Seasonal Energy Efficiency Ratio*), quer no modo de aquecimento, SCOP.

3.2.3.2 Dados a Recolher

Em instalações de AC, os principais elementos a recolher para que seja proposto um correto orçamento ao cliente são, em primeiro lugar a planta da moradia e, em seguida, as divisões que se pretendem climatizar. Para as várias divisões a climatizar, é necessário obter a área, o tipo de isolamento, a orientação solar e o tipo de vãos envidraçados, para que se possa calcular corretamente a potência térmica necessária por divisão. Além destes dados, é necessário saber e mais tarde confirmar no local, se existe uma pré-instalação de aquecimento central própria para estes equipamentos e, em caso afirmativo, se as tubagens existentes possuem os diâmetros indicados para as máquinas selecionadas. Caso o cliente não possua pré instalação, cabe ao gestor comercial avaliar o comprimento da tubagem em cobre que será necessário para ligar a unidade exterior à unidade interior.

3.2.3.3 Dimensionamento e Orçamentação

O primeiro pormenor a ter em conta no estudo da instalação a propor é a proximidade das divisões que o cliente pretende climatizar, isto porque, como referido anteriormente, cada máquina apresenta um comprimento máximo de tubagem de cobre para a passagem do fluido frigorígeno. Caso a distância entre divisões seja superior ao valor máximo admissível, deve-se optar por máquinas de AC do tipo mono split para as divisões mais distantes. O presente caso trata-se de uma instalação com os dois tipos de solução.

Pode-se confirmar pela Figura 36 que a introdução dos dados na folha de dimensionamento da empresa, no caso de se tratar de um sistema de AC, é idêntica ao processo referido na secção 3.2.1.2, aquando do dimensionamento da bomba de calor para aquecimento central e produção de AQS. O caso apresentado trata-se de uma moradia localizada na Figueira da Foz.

Tipologia Edifício:	Moradia
Tipo Isolamento:	Bom Isolamento
Temp. Exterior:	2 °C

DADOS GERAIS / RADIADORES / PISO RADIANTE							
	Divisão	Área [m ²]	F1	F2	F3	Divisão	Pot. [Kcal/h]
1	Quarto	31,30	86	1	0,9	Suíte	2 423
2	Sala	46,80	95	1	0,9	Sala	4 001
3	Quarto	14,90	86	1	0,9	Quarto 1	1 153
4	Quarto	18,60	86	1	0,9	Quarto 2	1 440

Figura 36: Introdução áreas a climatizar.

Calculada a potência térmica necessária, com base na tipologia do edifício, no tipo de isolamento e na temperatura exterior, e após conversão de kcal/h em kW, são escolhidas as máquinas dentro do leque de opções que são apresentadas pelos fornecedores com que a empresa costuma trabalhar.

Habitualmente, em instalações de AC, o modelo de aparelho proposto é o Xtreme Save, da Midea. A escolha deste modelo justifica-se por apresentar um SCOP e SEER superiores quando comparados com as outras marcas, como apresentado previamente na Tabela 5. Apesar do modelo Perfera, da Daikin, apresentar valores de eficiência similares, são máquinas mais caras. No entanto, foram apresentados ao cliente os dois orçamentos com as duas marcas. Por questões de preço, o cliente optou pelos aparelhos da Midea e, por isso, são estes os equipamentos que constam no orçamento da instalação apresentados na Figura 37.

Com recurso aos catálogos da marca, são escolhidos os modelos que têm capacidade para satisfazer as necessidades térmicas das divisões a climatizar.

AR CONDICIONADO (AC)		
Unidade Interior	Unidade Exterior	Descrição Un. Interior p/ Memória Descritiva
MSAGBU-12HFN8-QRD6GW-HIWF		Midea Monosplit Mural Xtreme Save 12000 Btu/h
MSAGCU-18HRFNX-QRD0GW-HIWF		Midea Mural Xtreme Save 18000 Btu/h
MSAGBU-09HRFN8-QRD1GW(GA)-HIWF	M30A-27HFN8-Q	Midea Mural Xtreme Save 9000 Btu/h
MSAGBU-09HRFN8-QRD1GW(GA)-HIWF		Midea Mural Xtreme Save 9000 Btu/h

Figura 37: Descrição das máquinas propostas.

Para esta habitação optou-se por instalar uma máquina de AC multi split que vai alimentar três unidades interiores e uma máquina AC mono split para a divisão mais distantes. Na Figura 38 é apresentada a etiqueta energética do aparelho mono split proposto, que mais tarde é entregue ao cliente. O programa Label Pack A+ (2022) e as Diretivas do Ecodesign e da Etiquetagem Energética obrigaram, a partir de 2015, que todas as novas instalações de aquecimento ambiente e produção de AQS tenham uma etiqueta energética.

Na etiqueta deste equipamento de AC é apresentada a sua eficiência no modo de aquecimento (SCOP) e no modo de arrefecimento (SEER), visto tratar-se de um

equipamento reversível. O SCOP, referente à função de aquecimento, varia conforme a zona climática da Europa em que o equipamento vai ser instalado. A Europa está dividida em 3 zonas climáticas, como se pode constatar pelo mapa que se encontra representado na etiqueta. Na zona climática mais quente, o equipamento vai apresentar uma eficiência superior, visto que a diferença de a temperatura entre o meio de onde se extrai energia (fonte fria) e o meio onde se liberta energia (fonte quente) é menor, sendo requerido menos trabalho para se atingir a temperatura de conforto. Além da classificação energética, é indicado o respetivo consumo anual para garantir condições de conforto ao cliente, face à região em que se encontra.

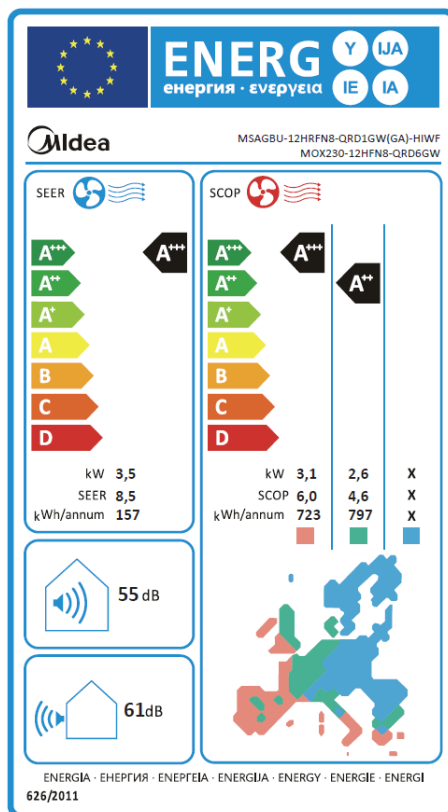


Figura 38: Etiqueta energética do aparelho mono split 12000 Btu/h.

Realizado o dimensionamento e escolhidos os equipamentos, é realizada a parte de orçamentação do sistema, conforme pode ser consultado na Figura 39.

PROPOSTA AR CONDICIONADO #1			Margem	48%
Designação	Qt.	Preço	Valor	Margem
Ar Condicionado Midea Unid. Interior MSAGCU-18HRFNX-QRD0GW-HIWF	1			
Ar Condicionado Midea Unid. Interior MSAGBU-09HRFN8-QRD1GW(GA)-HIWF	2			
Ar Condicionado Midea Unid. Exterior M3OA-27HFN8-Q	1			
Ar Condicionado Midea Monosplit MSAGBU-12HFN8-QRD6GW-HIWF	1			
Tubo Cobre Isolado p/ Ar Condicionado 1/4	42			
Tubo Cobre Isolado p/ Ar Condicionado 3/8	30			
Tubo Cobre Isolado p/ Ar Condicionado 1/2	12			
Tubo Esgoto 18mm p/ Ar Condicionado	48			
Par Poleias Médias 400x500	2			
Cabo Elétrico Alimentação Unid. Exterior 3 x 2,5	23			
Cabo Elétrico Intermáquinas 5 x 1,5	42			
Calha p/ Tubagem Ar Condicionado 80 x 40	48			
			- €	0,00 €
			- €	0,00 €
			- €	0,00 €
			- €	0,00 €
Projeto, Instalação e Arranque da Obra	1	1 454,70 €	2 152,90 €	698,21 €
		Custos		
			5 528,46 €	1 792,93 €
			1 271,54 €	
			6 800,00 €	

Figura 39: Orçamentação da instalação de AC.

Além destes equipamentos, são também considerados os restantes elementos necessários para a instalação, como a tubagem de cobre, com diâmetros de 1/4" (líquido) e 3/8" (aspiração), os cabos de alimentação elétrica tanto para unidade exterior como para as unidades interiores, o tubo de esgoto, para drenar os condensados, e a calha, para esconder a passagem de tubagens no interior da habitação. Para esta fase, é muito importante a correta estimativa realizada durante a visita técnica, mencionada em 3.2.3.2. de modo a apresentar um orçamento realista ao cliente.

3.2.3.4 Despressurização da Tubagem

Um dos procedimentos que deve ser realizado para o sistema de AC esteja pronto a funcionar é a criação de vácuo para remover todo o ar atmosférico que está no interior da tubagem de cobre. Habitualmente, este processo vem descrito no manual do equipamento, que acompanha a equipa ao longo da instalação. Para remover este ar, são necessários uma bomba de vácuo e um conjunto de manómetros, equipamentos representados na Figura 40. Apesar da figura corresponder a uma instalação de uma bomba de calor de alta temperatura split, o processo de despressurização é idêntico para instalações de AC.



Figura 40: Acessórios para despressurização da tubagem.

O procedimento para a remoção do ar interior começa pela ligação da mangueira de carregamento do manómetro à entrada de serviço da válvula de baixa pressão da unidade exterior. Por sua vez, outra mangueira de carregamento fará a ligação do manómetro à bomba de vácuo. Antes de ligar a bomba de vácuo, que irá operar até atingir os -10^5Pa , deverá ser aberta a válvula de baixa pressão e mantida a de alta pressão fechada. Alcançado o referido valor, é fechado o lado da baixa pressão e desliga-se a bomba de vácuo. Caso não exista nenhuma oscilação de pressão durante 5 minutos, é aberta a válvula de alta pressão, libertando o gás (R32, neste caso).

3.2.4 Aquecimento Central – Piso Radiante

Neste subcapítulo, é apresentado um terceiro sistema de climatização com que a empresa trabalha, o piso radiante. Devido à complexidade da instalação deste sistema para arrefecimento, a empresa apenas instala sistemas para aquecimento.

Um sistema de piso radiante trata-se de um vasto sistema de tubagens distribuído por todo o pavimento da casa. Consequentemente, a sua instalação é recomendada somente quando a moradia se encontra em fase de construção. Outro cenário em que a instalação deste sistema é aplicável é em casos de remodelações profundas.

O pavimento radiante é um emissor térmico mais recente no mercado do que os radiadores e apresenta diversas vantagens, tais como: o conforto térmico, tanto causado pela sensação de calor nos pés como pela distribuição uniforme de calor, o não ocupar área útil das divisões e um menor consumo de energia (por operar a temperaturas mais baixas). Porém, nem tudo são vantagens. O elevado preço de aquisição é ainda um grande entrave à instalação destes sistemas.

Tal como foi identificado na secção 2.3.7, o piso radiante trata-se de um emissor térmico e, por isso, precisa de uma fonte de calor. Mais uma vez, a fonte de calor escolhida a trabalhar com este emissor é uma bomba de calor, contudo desta vez de média temperatura monobloco.

3.2.4.1 Dados a Recolher

Assim como no exemplo demonstrado em 3.2.1, visto que para além da climatização o cliente também pretende um sistema de produção de AQS, é necessário recolher os mesmos dados, nomeadamente, o tipo de instalação elétrica, a potência contratada do cliente e, no caso de ser necessário, saber se o cliente está disponível para a aumentar. São necessários também dados relativamente à moradia, como a planta e o tipo de isolamento (que pode variar entre sem isolamento, isolamento regular ou bom). Com recurso à planta, são também estimados o número de habitantes para determinar a capacidade do termoacumulador para as AQS.

Por norma, são excluídas do dimensionamento divisões como garagens, anexos, arrumos, dispensas ou casas de banho sociais. Porém, este detalhe também deverá ser confirmado com o cliente.

3.2.4.2 Dimensionamento e Orçamentação

Recorrendo à ferramenta de cálculo da empresa, começa-se a seguir os mesmos passos descritos na secção 3.2.1.2, até se definir a tipologia de cada divisão a climatizar, numa tabela idêntica à demonstrada na Figura 18. Nesta folha, é também introduzida a área e o perímetro da divisão correspondente. Em alguns casos as plantas entregues pelos clientes apresentam apenas as áreas, outras apenas as medidas e, em casos extremos, nenhuma das anteriores. Assim, no software ZWCAD, é introduzido o ficheiro PDF correspondente à planta e ajustada a escala, para que sejam retirados e anotados os parâmetros referidos anteriormente.

Em seguida, é calculada a carga térmica necessária por divisão e, por somatório das divisões consideradas, obtém-se a potência térmica total necessária de forma a poder escolher a bomba de calor que mais se adequa à situação. Na mesma folha, é também analisado o número de caixas coletoras, o número de circuitos de tubagem e o seu comprimento.

Geralmente, é instalada uma caixa coletora por piso da moradia. Cada caixa pode acolher entre 2 a 12 circuitos, sendo que os mesmos não devem ter um comprimento superior a 115 metros. Este limite é imposto para que a transmissão de calor do circuito não seja comprometida. O comprimento do circuito varia consoante a área da divisão, a distância entre circuito e o coletor e a distância entre tubagem, definida como 20 centímetros. O cálculo do comprimento é realizado aplicando a Equação 9:

$$\text{Comprimento Circuito} = \frac{\text{Área}}{\text{Passo}} + 2 * \text{Distância Coletor/Circuito} \quad (9)$$

Realizado o dimensionamento, segue-se a orçamentação dos componentes necessários. A ferramenta de cálculo possui uma tabela que precede o orçamento, onde estão listados os componentes da instalação e onde devem ser indicadas as quantidades a representar no orçamento. Nesta tabela, encontram-se componentes como o tubo de circulação de fluido térmico, que se encontra envolvido em pequenas tiras de velcro, para facilitar a sua fixação. Segue-se a placa para fixação da tubagem, que deverá revestir o pavimento da moradia. A conjugação dos dois componentes resulta numa instalação como apresentado na Figura 41.



Figura 41: Instalação da placa e do tubo de circulação.

Além destes, são quantificados também os kits coletores que já incluem os caudalímetros, bem como a caixa e respetiva tampa, tal como apresentado na Figura 42. Por fim, estão listados os controladores que serão utilizados para regulação de temperatura em cada divisão, com recurso às cabeças eletrotérmicas (encarregadas da abertura de cada circuito), a unidade base e um módulo SMATRIX. Estes dois últimos componentes estão encarregues do controlo das cabeças eletrotérmicas através de um sinal vindo dos termostatos.



Figura 42: Caixa coletora e respetivo kit.

Quantificado o material necessário, é realizada a orçamentação deste material. Antes da orçamentação da bomba de calor, é necessário dimensionar a mesma, consoante a carga térmica descrita anteriormente e apresentada na Figura 43.

Nº de Caixas	Nº de Circuitos	Divisão	Área [m ²]	Carga Térmica [kcal/h]	Carga Térmica [W]	Carga Térmica [W/m ²]	Carga Térmica [70 W/m ²]	Passo do Circuito [m]	Distância Circuito/Coletor [m]
1	1	Hall	8,28	536,54	624,00	75,36	579,60	0,20	1,00
	2	Sala	31,44	2688,12	3126,28	99,44	2200,80	0,20	1,50
	1	Cozinha	14,64	1067,26	1241,22	84,78	1024,80	0,20	3,50
1	1	Corredor	12,38	512,53	596,07	48,15	866,60	0,20	4,50
	1	Corredor	13,64	564,70	656,74	48,15	954,80	0,20	1,00
	1	Quarto	13,70	1060,38	1233,22	90,02	959,00	0,20	1,00
	1	Banho Ext.	9,50	769,50	894,93	94,20	665,00	0,20	5,00
	1	Quarto	13,70	1060,38	1233,22	90,02	959,00	0,20	6,00
	1	Corredor	7,64	316,30	367,85	48,15	534,80	0,20	6,20
	1	Banho Ext.	3,20	259,20	301,45	94,20	224,00	0,20	11,70
	1	Quarto	10,89	842,89	980,28	90,02	762,30	0,20	12,10
	1	Quarto	7,45	0,00	0,00	0,00	521,50	0,20	9,90
	TOTAL	2	13	146,46		11255,27	862,48	10252,20	
					11,26 kW		10,25 kW		
						100%	10,25 kW		

Figura 43: Dimensionamento dos circuitos da instalação.

Como se pode verificar, o sistema necessita de 10.25 kW para ser alimentado na sua totalidade. Uma vez que se trata de um sistema de piso radiante, a temperatura do fluido térmico irá rondar os 35°C. Por isso, é dimensionada uma bomba de calor de média temperatura. Para tais casos, a empresa habitualmente trabalha com a bomba de calor THERMA V, da LG e, para este caso, das diversas gamas disponíveis entre 4kW e 16kW, optou-se pela de 12kW. Caso tivesse sido dimensionada uma bomba de calor de 9kW, o cliente ficaria igualmente satisfeito com um custo inferior. No entanto, o cliente referiu que pretende ampliar a moradia no futuro e, de forma a dar resposta às futuras necessidades, optou-se por uma bomba de calor com potência térmica de 12kW.

Na Figura 44, são apresentados alguns dados técnicos, nomeadamente as potências térmicas e elétricas do modelo indicado.

Product Specification

Description		Unit	HM121M.U33	HM141M.U33	HM161M.U33	
Nominal Capacity	Heating	LWT 35°C at OAT 7°C	kW	12.00	14.00	16.00
		LWT 55°C at OAT 7°C	kW	12.00	12.00	12.00
		LWT 35°C at OAT 2°C	kW	11.00	12.00	13.80
	Cooling	LWT 18°C at OAT 35°C	kW	14.00	14.00	16.00
		LWT 7°C at OAT 35°C	kW	14.00	14.00	16.00
Nominal Power Input	Heating	LWT 35°C at OAT 7°C	kW	2.61	3.11	4.00
		LWT 55°C at OAT 7°C	kW	4.29	4.29	4.29
		LWT 35°C at OAT 2°C	kW	3.13	3.42	3.94
	Cooling	LWT 18°C at OAT 35°C	kW	3.04	3.26	4.00
		LWT 7°C at OAT 35°C	kW	5.19	5.38	6.40

Figura 44: Dados técnicos das bombas de calor de 12kW, 14kW e 16 kW.

Por fim, para terminar a proposta a apresentar ao cliente, são adicionados ao orçamento, o termoacumulador, o depósito de inércia, os dois vasos de expansão, a válvula motorizada de 3 vias e os acessórios necessários.

4 CONCLUSÃO

A promoção, o desenvolvimento e a instalação de sistemas energéticos mais eficientes e com aproveitamento de energias renováveis, deve cada vez mais ser uma realidade, visto que o setor da energia é um dos principais causadores das alterações climáticas por via da emissão de gases com efeito de estufa (GEE), associada maioritariamente à queima de combustíveis fósseis. Nesse aspeto, Portugal encontra-se em evolução uma vez que, de acordo com a edição de 2022 da Energia em Números (ADENE, 2022), o consumo de energia primária sem usos não-energéticos reduziu 35%. Não só na eficiência energética, mas também nas emissões de GEE, Portugal apresenta um crescimento rumo a um futuro mais sustentável, com a crescente promoção das energias renováveis para substituição dos combustíveis fósseis. A título de exemplo, refere-se o fecho das centrais termoelétricas a carvão, que contribuíram para uma redução das emissões de GEE em 5,9 Mt CO₂e entre 2019 e 2020.

Como se a garantia de qualidade de vida para as gerações futuras não fosse um motivo suficientemente forte para um abandono paulatino dos combustíveis fósseis, surge o contexto político-energético atual. Com a guerra na Ucrânia, a UE deparou-se com uma alta dependência energética face ao petróleo e gás natural vindos da Rússia. Quanto a Portugal, a dependência energética do exterior, em 2020, era de 65,8% classificando-se em décimo primeiro na lista de países da UE. Esta grande dependência da UE face à Rússia, e a consciencialização das consequências da mesma, relançaram ainda mais a necessidade da eletrificação total dos edifícios, com o máximo de recurso às energias renováveis, quer em Portugal quer na Europa. É no sentido da eletrificação e do aumento da eficiência energética dos edifícios que surgem os programas de incentivo à aquisição de equipamentos mais eficientes, como o PAE+S ou o Programa Eficiência Energética em Edifícios de Serviços.

Ao longo do período de estágio, foi possível conhecer, estudar, trabalhar e instalar equipamentos que promovem a eficiência energética dos edifícios, por apresentarem eficiências superiores e/ou aproveitarem energias renováveis. Por via do mercado de trabalho da empresa, o aumento de eficiência foi sempre sugerido aos clientes através da aquisição de uma instalação de painéis fotovoltaicos para a produção de energia elétrica e a aquisição de bombas de calor, para a produção de AQS e/ou aquecimento central.

Ao realizar uma avaliação global ao período de estágio na Sunenergy, o aluno sente que os objetivos traçados foram cumpridos. Durante esse período, o mesmo começou por ocupar um cargo comercial, estabelecendo contacto com clientes. Mais tarde, após adquirir competências para retirar e compreender os dados necessários de uma visita técnica, para que a instalação dos equipamentos fosse realizada sem complicações, integrou o departamento de climatização da empresa. Após a

mudança, começou a orçamentar e acompanhar as obras do respetivo departamento e estabeleceu contacto com fornecedores e fabricantes dos equipamentos, de modo a conhecer as especificidades técnicas de cada um deles. Dentro das atividades desenvolvidas, o acompanhamento de obra foi a experiência que acabou por permitir ao aluno uma melhor compreensão dos sistemas instalados e respetivos componentes, desde a fonte de calor até ao emissor.

Assim, o aluno teve o contacto desejado com o mercado de trabalho e respetivos desafios e acaba o estágio curricular do mestrado de Engenharia Mecânica com a sensação de um grande crescimento pessoal e profissional. Apesar de ainda ter convivido com restrições associadas à doença COVID-19, o aluno teve toda a possibilidade de consolidar e enriquecer conceitos, métodos de trabalho e conhecimentos adquiridos ao longo da sua formação académica.

Como conclusão final, o aluno considera-se mais competente na área das energias renováveis, e considera que o estágio curricular é uma experiência bastante enriquecedora e um bom início para a vida profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE (2022). Observatório da Energia, ADENE e DGEG – *Energia em Números*, Lisboa.

Aquecinox (2021). Catálogo Técnico 06.2021. Aquecinox Lda, Barcelos.

BAXI (2022a). Catálogo Tabela BAXI Climatização (2022)/1. BAXI – Sistemas de Aquecimento, Lisboa.

BAXI (2022b). <https://www.baxi.pt/produtos/energia-solar/complementos/liquido-solar>, Baxi – Sistemas de Aquecimento, Unipessoal, Lda (página internet oficial), Lisboa.

Caleffi (2009). Catálogo técnico 01132/09 BR. CALEFFI Brasil, São Paulo.

Caleffi (2010). Catálogo técnico 01019/10 P. CALEFFI Portugal, Maia.

Caleffi (2016). O Dimensionamento de Instalações Hidrossanitárias (Parte 2/2). CALEFFI Portugal, Maia.

CE (2022). https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets_pt, Comissão Europeia (página internet oficial).

Çengel, Y. A. and Boles, M. A. (2014). *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill.

Decreto-Lei nº28/2021. Assegura a execução do Regulamento (UE) 2017/1369, que estabelece um regime de etiquetagem energética.

Decreto-Lei nº42-A/2016. Cria o Fundo Ambiental, estabelecendo as regras para a respetiva atribuição, gestão, acompanhamento e execução e extingue o Fundo Português de Carbono, o Fundo de Intervenção Ambiental, o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos e o Fundo para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade.

Despacho nº 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.

Despacho nº 6070-A/2021. Aprova o regulamento de atribuição de incentivos da 2.ª fase do Programa de Apoio a Edifícios Mais Sustentáveis.

Despacho nº 8745/2020. Regulamento de Atribuição de Incentivos - Programa de Apoio a Edifícios Mais Sustentáveis.

EN 14511-1 (2022). Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps for space heating and cooling and process chillers, with electrically driven compressors.

EN 442 (2014). Radiators and convectors – Part 1: Technical specifications and requirements.

Label Pack (2022). <http://www.label-pack-a-plus.eu/Portugal/>, Label Pack A+ (página internet oficial), Bruxelas.

Macolis (2022). <https://www.macolis.pt/>, Macolis (página internet oficial), Leiria.

Midea (2022). Catálogo 22/23 Ar Condicionado. SGT Energia e Climatização SA, Cacém.

PNEC (2020). Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020 - Aprova o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030).

Portaria nº 349-D/2013. Estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.

Portaria nº349-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). Ficha técnica Tamisa Premium bomba de calor aqs. Proteu, Figueira da Foz.

Reflex (12-2021). 9127849 Expansion Vessels. Reflex – Thinking solutions, Ahlen.

SunEnergy (2022). <https://www.sunenergy.pt/>, SunEnergy (página internet oficial), Coimbra

UE (2009a). Diretiva 2009/28/CE - relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subseqüentemente revoga as Diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE.

UE (2009b). 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.

UE (2016). Acordo de Paris. Jornal Oficial da União Europeia.

UE (2018). Diretiva 2018/844 - que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética.

Wilo (2021). Wilo-Yonos PICO1.0 – Manual de instalação e funcionamento. Wilo SE, Dortmund.