



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

**Contributo dos sistemas técnicos para o  
desempenho energético de edifícios de habitação  
(Uma análise enquadrada no âmbito do REH)**

**Filipe Nuno da Silva Mendes**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Eletromecânica**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Alexandre Borges de Miranda  
Coorientador: Prof. Doutor Miguel Costa Santos Nepomuceno

**Covilhã, Fevereiro de 2018**



# Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, irmão, avó e amigos que me apoiaram incondicionalmente durante todo o trabalho.



# Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador de mestrado, Professor Doutor Alexandre Borges de Miranda, por todo o seu apoio e ajuda prestada além da disponibilidade demonstrada ao longo do trabalho, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu coorientador de mestrado, Professor Doutor Miguel C. S. Nepomuceno, por me ter ajudado constantemente durante a elaboração do trabalho, tendo sido uma ajuda crucial no desenvolvimento das áreas que me eram menos familiares referidas neste trabalho.

Agradeço à pronta disponibilização de diversos conhecidos e amigos, ao ajudarem a superar diversos entraves do trabalho, relativamente à sua formatação, tratamento de dados em excel e deteção e análise de erros.

Por último, quero ainda agradecer principalmente à minha família e amigos próximos, que durante todo o trabalho serviram como um apoio emocional crucial, estando presentes em todos os momentos de necessidade e ajudando-me a ultrapassar diversas dificuldades.



# Resumo

A presente dissertação descreve um conjunto de sistemas técnicos para climatização e produção de águas quentes sanitárias (AQS) destinados a edifícios de habitação. São ainda analisados os requisitos regulamentares definidos no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) relativamente à eficiência dos sistemas técnicos. O impacto dos sistemas técnicos no desempenho energético é avaliado através de um caso de estudo, que consiste numa moradia unifamiliar. Para essa moradia é selecionado um conjunto alargado de sistemas técnicos e o desempenho relativo dos vários sistemas é analisado à luz do REH. O estudo compara as diferentes soluções em termos das necessidades nominais anuais globais de energia primária, da classe energética, das emissões anuais de gases de efeito de estufa, do valor despendido na fatura energética anual e do custo estimado de aquisição e manutenção dos equipamentos.

# Palavras-chave

Climatização, águas quentes sanitárias, certificação energética, classe energética, emissões de CO<sub>2</sub>, fatura energética, REH.



# Abstract

The present dissertation describes a set of technical systems for climatization and domestic hot water (DHW) production for housing buildings. There is also an analysis of all the regulatory requirements defined in the Regulation of Energy Performance of Housing Buildings (REH), regarding the efficiency of technical systems. The impact of technical systems on energy performance is assessed through a case study, which consists of a single family dwelling. For this building, a wide set of technical systems is selected and their relative performance is analyzed according to REH. The study compares the different solutions in terms of annual nominal primary energy needs, energy class, annual greenhouse gas emissions, amount spent on the annual energy bill and the estimated cost of equipment acquisition and maintenance.

# Keywords

Air conditioning, hot water, energy certification, energy class, CO<sub>2</sub> emissions, energy bill, REH.



# Índice

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA .....	1
1.2. RELEVÂNCIA DA PESQUISA.....	6
1.3. OBJETIVOS .....	6
CAPÍTULO 2 - SISTEMAS TÉCNICOS PARA EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO .....	7
2.1. INTRODUÇÃO .....	7
2.2. SISTEMAS PARA PRODUÇÃO DE AQS .....	7
2.2.1. Coletor solar .....	7
2.2.2. Esquentador.....	11
2.2.3. Caldeira.....	12
2.2.3.1. Caldeira elétrica .....	13
2.2.3.2. Caldeira a gás.....	14
2.2.3.3. Caldeira a biomassa .....	15
2.3. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO.....	16
2.3.1. Bomba de calor.....	16
2.3.1.1. Bomba de calor do tipo chiller de compressão .....	18
2.3.1.2. Unidade de produção térmica Split.....	18
2.3.1.3. Unidade de produção térmica multi split.....	20
2.3.1.4. Sistema VRF .....	20
2.3.1.5. Unidade do tipo rooftop .....	22
2.3.2. Recuperador de calor .....	23
2.3.2.1. Ventilador de recuperação de calor .....	23
2.3.2.2. Recuperação de calor por roda térmica .....	24
2.3.2.3. Recuperador de placas .....	25
2.3.3. Salamandra a biomassa .....	25
2.3.4. Radiador .....	26
2.3.4.1. Resistência elétrica.....	26
2.3.4.2. Radiador hidráulico .....	27
2.3.4.3. Radiador a vapor .....	27
2.4. SÍNTESE.....	28
CAPÍTULO 3 - EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES.....	29
3.1. INTRODUÇÃO .....	29

3.2.	PLANO NACIONAL DE AÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	29
3.3.	DIRETIVA 2010/31/UE.....	32
3.4.	DECRETO-LEI N.º 118/2013 DE 20 DE AGOSTO .....	35
3.5.	PORTARIA N.º 349-B/2013 DE 29 DE NOVEMBRO.....	38
3.6.	PORTARIA N.º 349-C/2013.....	47
3.7.	DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-D/2013 .....	47
3.8.	DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-H/2013 .....	48
3.9.	DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-I/2013 .....	50
3.10.	DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-J/2013 .....	52
3.11.	DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-L/2013 .....	52
3.12.	SÍNTESE.....	53
CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO .....		55
4.1.	INTRODUÇÃO .....	55
4.2.	DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO E PARÂMETROS TÉRMICOS.....	57
4.2.1.	Área útil e pé-direito médio .....	57
4.2.2.	Condições de referência de conforto térmico .....	57
4.2.3.	Classe de inércia forte .....	57
4.2.4.	Parâmetros térmicos do sistema convencional de produção de AQS .....	58
4.2.5.	Parâmetros térmicos do sistema de climatização.....	58
4.3.	VARIANTES DOS SISTEMAS TÉCNICOS A ANALISAR.....	58
4.3.1.	Sistema padrão S1 .....	58
4.3.2.	Sistema S2 .....	60
4.3.3.	Sistema S3 .....	61
4.3.4.	Sistema S4 .....	62
4.3.5.	Sistema S5 .....	63
4.3.6.	Sistema S6 .....	64
4.3.7.	Sistema S7 .....	65
4.3.8.	Sistema S8 .....	66
4.3.9.	Sistema S9 .....	68
4.3.10.	Sistema S10 .....	69
4.3.11.	Sistema S11 .....	70
4.3.12.	Sistema S12 .....	71
4.4.	CONDICIONANTES E PREMISSAS DO ESTUDO REALIZADO .....	72
4.5.	NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO.....	72

4.6.	NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA PREPARAÇÃO DE AQS .....	76
4.7.	NECESSIDADES NOMINAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA .....	76
4.8.	INDICADORES DE DESEMPENHO .....	77
4.8.1.	Classificação energética e taxa de emissão de CO <sub>2</sub> .....	77
4.8.2.	Custo de instalação e fatura energética mensal .....	80
4.8.2.1.	Sistema Padrão S1.....	80
4.8.2.2.	Sistema S2 .....	80
4.8.2.3.	Sistema S3 .....	81
4.8.2.4.	Sistema S4 .....	81
4.8.2.5.	Sistema S5 .....	81
4.8.2.6.	Sistema S6 .....	81
4.8.2.7.	Sistema S7 .....	82
4.8.2.8.	Sistema S8 .....	82
4.8.2.9.	Sistema S9 .....	82
4.8.2.10.	Sistema S10 .....	82
4.8.2.11.	Sistema S11 .....	83
4.8.2.12.	Sistema S12 .....	83
4.9.	PERÍODO DE RETORNO SIMPLES.....	83
4.9.1.	Sistema Padrão S1 .....	84
4.9.2.	Sistema S2 .....	84
4.9.3.	Sistema S3 .....	84
4.9.4.	Sistema S4.....	84
4.9.5.	Sistema S5 .....	84
4.9.6.	Sistema S6 .....	85
4.9.7.	Sistema S7 .....	85
4.9.8.	Sistema S8 .....	85
4.9.9.	Sistema S9 .....	85
4.9.10.	Sistema S10 .....	85
4.9.11.	Sistema S11 .....	86
4.9.12.	Sistema S12 .....	86
CAPÍTULO 5 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....		87
5.1.	N <sub>TC</sub> E N <sub>T</sub> .....	87
5.2.	CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA .....	88
5.3.	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> .....	89

5.4.	CUSTO DE INSTALAÇÃO E FATURA ENERGÉTICA MENSAL.....	90
5.5.	PERÍODO DE RETORNO SIMPLES.....	91
5.6.	ANÁLISE CONJUNTA DE TODOS OS FATORES .....	93
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES .....		95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		97
ANEXOS .....		105
ANEXO A - MEMÓRIA DESCRITIVA DO EDIFÍCIO EM ESTUDO .....		107
ANEXO B - PEÇAS DESENHADAS .....		121
ANEXO C - CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO E SISTEMA PADRÃO S1.....		127
ANEXO D - INDICADORES ENERGÉTICOS, INDICADORES DE DESEMPENHO E DADOS CLIMÁTICOS.....		131
ANEXO E - ANÁLISE ECONÓMICA DA MEDIDA PADRÃO E EXEMPLO PARA O SISTEMA S2 .....		135

# Lista de Figuras

Figura 1-1 - Consumo de energia em edifícios residenciais na UE

Figura 1-2 - Abastecimento de energia primária

Figura 1-3 - Níveis médios de consumo final para aquecimento (kWh/(m<sup>2</sup>a)) de residências unifamiliares por ano de construção

Figura 1-4 - Preços de eletricidade e do gás natural, por componente, no sector doméstico e no sector industrial em Portugal, em 2008 e 2012

Figura 2-1 - Esquematização das direções do fluido no funcionamento de um coletor solar

Figura 2-2 - Pormenor dos constituintes de um coletor solar comum

Figura 2-3 - Esquematização de um coletor solar de circuito fechado

Figura 2-4 - Esquematização de um coletor solar de circuito fechado

Figura 2-5 - Gráfico do alcance de eficiência e temperatura dos principais coletores solares (radiação: 1000 W/m<sup>2</sup>)

Figura 2-6 - Funcionamento de um esquentador a gás convencional

Figura 2-7 - Funcionamento e componentes de uma caldeira elétrica

Figura 2-8 - Componentes de uma caldeira a gás

Figura 2-9 - Aspeto físico de uma caldeira a biomassa

Figura 2-10 - Diferentes modos de funcionamento da bomba de calor no inverno e no verão. Em que: 1- compressor; 2- condensador; 3- evaporador; 4- ventilador de ar; 5- válvula inversora

Figura 2-11 - Configuração generalizada do funcionamento de uma bomba de calor

Figura 2-12 - Esquematização do funcionamento de um chiller

Figura 2-13 - Simplificação dos componentes principais de uma unidade split

Figura 2-14 - Simplificação de uma unidade multi split

Figura 2-15 - Esquematização de um sistema VRF

Figura 2-16 - Diagrama esquemático de um sistema multi split VRF com três unidades internas e duas unidades externas

Figura 2-17 - Componentes de uma unidade rooftop típica

Figura 2-18 - Ciclo de refrigeração de uma unidade rooftop em modo de arrefecimento

Figura 2-19 - Funcionamento de um ventilador de recuperação de calor

Figura 2-20 - Funcionamento de um ventilador de recuperação de calor por roda térmica

Figura 2-21 - Funcionamento de um recuperador de placas

Figura 3-1 - Consumo de energia primária (tep) em 2013 por distrito

Figura 3-2 - Síntese global dos impactos do PNAEE 2016

Figura 4-1 - Planta do piso 0 da habitação em estudo

Figura 4-2 - Planta do piso 1 da habitação em estudo

Figura 4-3 - Planta da cobertura da habitação em estudo

Figura 5-1 - Valores de  $N_{tc}$  e  $N_t$  para cada um dos sistemas

Figura 5-2 - Classificação energética de cada sistema baseada na relação entre  $N_{tc}$  e  $N_t$ .

Figura 5-3 - Emissões de  $CO_2$  em  $tonCO_2/ano$

Figura 5-4 - Custos de instalação para cada sistema, em euros €.

Figura 5-5 - Faturas energéticas anuais divididas por aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS, em euros por ano (€/ano)

Figura 5-6 - Período de retorno simples, em anos

# Lista de Tabelas

Tabela 1-1 - Evolução do consumo de energia elétrica por tipo de consumo (kWh)

Tabela 2-1 - Tipos de coletores e características correspondentes

Tabela 3-1 - Consumo de energia primária em tep por distritos

Tabela 3-2 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm)

Tabela 3-3 - Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios

Tabela 3-4 - Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos

Tabela 3-5 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica

Tabela 3-6 - Classificação do desempenho de unidades split, multi split, VRF e compactas, com permuta ar-ar

Tabela 3-7 - Classificação do desempenho de unidades split, multi split e compactas, com permuta ar-água

Tabela 3-8 - Classificação do desempenho de unidades do tipo Rooftop

Tabela 3-9 - Classificação do desempenho de unidades do tipo chiller bomba de calor de compressão

Tabela 3-10 - Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras

Tabela 3-11 - Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores

Tabela 3-12 - Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores  $Q_{pr}$ , [kWh/24h]

Tabela 3-13 - Valores de eficiência de termoacumuladores em função de  $Q_{pr}$

Tabela 3-14 - Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa

Tabela 3-15 - Fontes de energia e respetivos fatores de conversão

Tabela 3-16 - Intervalos de valor de  $R_{NE}$  para a determinação da classe energética em pré certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação

Tabela 4-1 - Especificações do sistema S1

Tabela 4-2 - Especificações do sistema S2

Tabela 4-3 - Especificações do sistema S3

Tabela 4-4 - Especificações do sistema S4

Tabela 4-5 - Especificações do sistema S5

Tabela 4-6 - Especificações do sistema S6

Tabela 4-7 - Especificações do sistema S7

Tabela 4-8 - Especificações do sistema S8

Tabela 4-9 - Especificações do sistema S9

Tabela 4-10 - Especificações do sistema S10

Tabela 4-11 - Especificações do sistema S11

Tabela 4-12 - Especificações do sistema S12

Tabela 4-13 - Valores obtidos de  $N_{tc}$  e  $N_t$  para cada sistema

Tabela 4-14 - Intervalos de  $R_{Nt}$  correspondentes a cada classe energética

Tabela 4-15 - Valores relativos à classificação energética e emissões de  $CO_2$  para cada sistema

Tabela 5-1 - Tabela de análise por cor de cada sistema

# Lista de Siglas, Acrónimos e Abreviaturas

ADENE	Agência para a energia
AQS	Águas quentes sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COP	Coefficient of performance (Coeficiente de performance)
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EER	Energy efficiency ratio (Relação de eficiência energética)
EPA	United States Environmental Protection Agency
GEE	Gases de efeito de estufa
HRV	Ventilador de recuperação de calor
IEE	Indicador de eficiência energética
I.S.	Instalações Sanitárias
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
Ni	Valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento
Nt	Valor máximo admissível para as necessidades nominais anuais de energia primária
Ntc	Necessidades nominais anuais de energia primária
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento
Nv	Valor máximo admissível de energia útil para arrefecimento
PNAEE	Plano nacional de ação para a eficiência energética
RCA	Quantidade de carga de refrigerante
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
SCE	Sistema de certificação energética dos Edifícios
tep	Toneladas equivalentes de petróleo
UE	União Europeia
VRF	Fluxo de refrigerante variável
NZEB	Nearly zero energy building



# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1. Enquadramento do tema

A eficiência energética torna-se, atualmente, o assunto com cada vez mais importância tanto a nível nacional como a nível internacional. Num momento em que a aposta em energias renováveis se torna cada vez maior e em que o consumo e sustentabilidade energética são temas centrais, a escolha de equipamentos a usar em edifícios de habitação é crucial.

Apesar dos esforços da União Europeia para o aumento da utilização de energias renováveis, existe ainda uma problemática adjacente, o facto de que a energia final (recebida pelo consumidor) acarreta perdas elevadas e rendimentos baixos. Abaixo apresenta-se um gráfico que ilustra o consumo de energia a nível residencial na UE (figura 1-1).

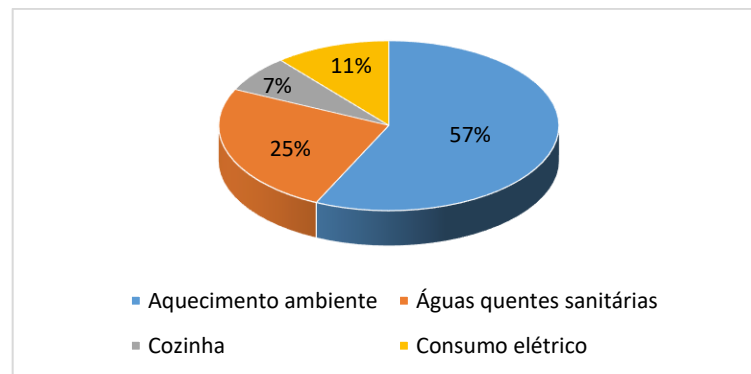


Figura 1-1 - Consumo de energia em edifícios residenciais na UE [1]

Como podemos verificar, cerca de 82% da energia consumida em edifícios residenciais na União Europeia é utilizada para águas quentes sanitárias (25%) e aquecimento ambiente (57%) [1]. Dado que existe um consumo total de 12 311 421 kWh em edifícios residenciais (dados relativos a 2013 [2]) conclui-se que cerca de 10 GWh são exclusivamente dedicados a aquecimento ambiente e águas quentes sanitárias.

Uma das melhores respostas que pode ser dada a esta situação seria a implementação de tecnologias para produção de energia térmica a partir de fontes renováveis diretamente nos edifícios consumidores, reduzindo consideravelmente as perdas energéticas, havendo um consumo direto de energia térmica. Este consumo direto apresenta grandes benefícios comparativamente ao sistema utilizado atualmente que consiste na conversão de energia térmica em elétrica (no caso de centrais térmicas), transporte da energia e nova conversão para energia térmica.

Além disto, outra resposta de igual importância, seria a implementação de sistemas técnicos de energia que permitissem reduzir o consumo energético. Neste âmbito, fala-se de zero energy buildings (ZEB) [3].

Um zero energy building (ZEB) é um edifício residencial ou comercial com necessidades energéticas muito reduzidas através de ganhos de eficiência, de modo que o equilíbrio das necessidades energéticas pode ser fornecido com tecnologias renováveis [3].

Reconhece-se que a satisfação exclusiva de um balanço anual não é suficiente para caracterizar completamente os ZEBs e a interação entre edifícios e redes de energia precisa de ser abordada. Também é reconhecido que são possíveis definições diferentes, de acordo com as metas políticas de um país e condições específicas [4].

Os zero energy buildings desempenham, deste modo, um papel crucial quando se fala no conceito de eficiência energética aplicada a edifícios de habitação na medida em que não são mais do que edifícios energeticamente eficientes, construídos de acordo com as normas de cada país para que o consumo seja quase nulo [5].

Neste âmbito, o estudo do contributo dos sistemas técnicos para o desempenho energético de edifícios de habitação é de extrema importância. Na tabela abaixo pode-se verificar que a evolução do consumo de energia elétrica sofreu um aumento no setor doméstico entre o ano de 2000 e 2010, sendo que a partir do ano de 2015 se tem vindo a verificar uma descida. É esta descida no consumo doméstico que está intrinsecamente ligada aos sistemas técnicos implementados nas habitações que, de maneira direta ou indireta, contribuem para um melhor desempenho energético. Tais valores estão contidos na tabela 1-1, para os anos de 2000, 2005, 2010 e 2015 [2].

Tabela 1-1 - Evolução do consumo de energia elétrica por tipo de consumo (GWh) [2]

Anos	Evolução do consumo de energia elétrica por tipo de consumo (GWh)							
	Total	Doméstico	Não-doméstico	Indústria	Agricultura	Iluminação das vias públicas	Edifícios do Estado	Outros
2000	38 939	10 056	8 484	16 520	715	1 072	1 722	370
2005	47 029	13 242	10 452	17 878	1 029	1 410	2 536	482
2010	50 505	14 487	11 868	18 170	1 025	1 662	2 811	482
2015	46 853	11 975	12 357	17 427	856	1 475	2 464	300

Segundo a DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia), em 2015 a dependência de Portugal em termos de importação de energia foi de 78,3%, tendo decrescido para 74,8% em 2016 [6].

A produção interna baseou-se, exclusivamente, em fontes de energia renováveis, fundamentalmente hídrica e eólica. Esta produção quase triplicou desde 1990 [7].

As importações líquidas de energia primária no nosso país também cresceram visivelmente desde 1990, em cerca de 20%. Embora tenha ocorrido neste mesmo período uma quebra nas importações de combustíveis sólidos (45%) e de petróleo (2%), o aumento das importações líquidas deve-se essencialmente ao gás natural e à energia elétrica importada - esta última componente aumentou 71 vezes em relação à eletricidade importada em 1990 [7].

O gás natural foi introduzido no abastecimento de energia primária de Portugal, pela primeira vez, em 1997 e atingiu os 20% de quota de abastecimento total de energia em 2010. Em termos de fontes renováveis a quota foi de 23% (figura 1-2) [7].

A nível internacional estão em vigor até 2020 os seguintes compromissos [8]:

- Redução do consumo de energia primária em 20% (meta da eficiência energética);
- Aumento do recurso a energias renováveis para 20% do mix europeu (meta indicativa para Portugal: 31%);
- Incorporação de 20% dos biocombustíveis nos carburantes até 2020.

De acordo com a DGEG, desde o início da década de noventa, o consumo de energia final cresceu 2,3% ao ano, pouco mais de uma décima acima da taxa de crescimento média do PIB registada nesse período [9].

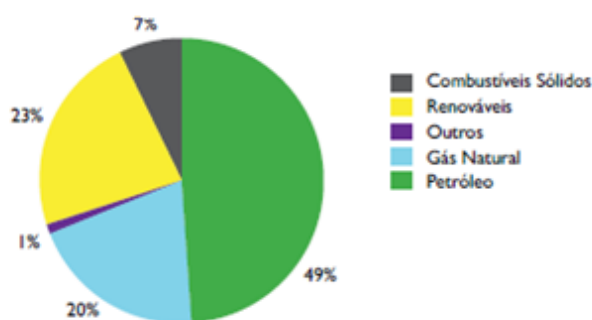


Figura 1-2 - Abastecimento de energia primária em Portugal [7]

A nível europeu, o setor das habitações é um dos principais consumidores de energia, onde o consumo de energia nos edifícios tem registado uma tendência crescente nos últimos 20 anos. Em 2009, as famílias europeias foram responsáveis por 68% do consumo total de energia final em edifícios e 36% das emissões de CO<sub>2</sub>. Atualmente, cerca de 35% dos edifícios da UE têm mais de 50 anos de idade. Ao melhorar a eficiência energética dos edifícios, poderíamos reduzir o consumo total de energia da UE em 5-6% e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> em cerca de 5% [10]. A energia nos edifícios de habitação é principalmente consumida para aquecimento,

arrefecimento, AQS, cozinha e eletrodomésticos, onde o consumo final de energia dominante (responsável por cerca de 70%) é o aquecimento de espaços. Os níveis médios de consumo para aquecimento, por ano de construção, podem ser observados na figura 1-3. Relativamente ao combustível mais utilizado nos edifícios trata-se do gás, enquanto o petróleo é utilizado na Europa do Norte e do Leste. A maior utilização de carvão no setor residencial verifica-se na Europa central ocidental, onde também o aquecimento tem a maior quota. As fontes de energia renováveis (energia solar, biomassa, geotérmica e de resíduos) têm uma quota de 21%, 12% e 9% no consumo final total para a Europa central e ocidental, Europa do sul, Europa do Norte e leste, respetivamente [11].

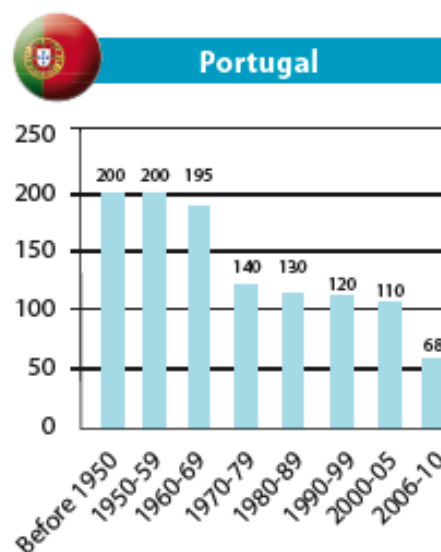


Figura 1-3 - Níveis médios de consumo final para aquecimento (kWh/(m<sup>2</sup>.ano)) de residências unifamiliares por ano de construção [11]

Em Portugal, o sector residencial é responsável por 17% do consumo final de energia. Devido à dependência de combustíveis fósseis, este setor é também dos que mais contribui com emissões de gases de efeito de estufa, representando 19% do total das emissões dos países da União Europeia [7]. O aumento do número de alojamentos, bem como o crescimento do número de equipamentos elétricos e do tempo de utilização e a exposição à instabilidade atribuída à dependência energética de fontes exógenas destacam-se entre os diversos fatores que têm tornado o sector residencial um sector-alvo em relação à implementação e monitorização de medidas de eficiência energética.

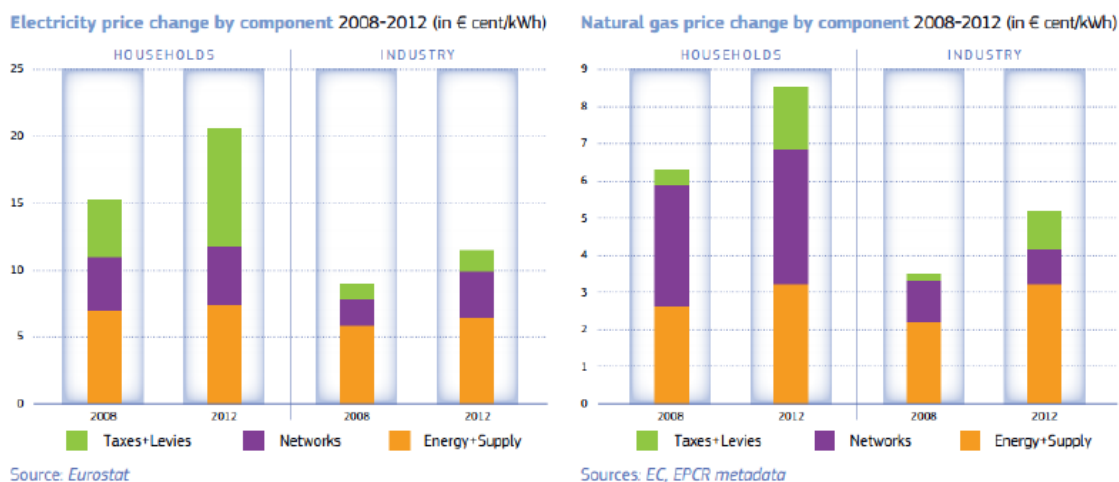


Figura 1-4 - Preços de eletricidade e do gás natural, por componente, no sector doméstico e no sector industrial em Portugal, em 2008 e 2012 [7]

Os preços da eletricidade e do gás natural para os consumidores portugueses têm aumentado consideravelmente nos anos recentes. No setor doméstico, o preço da eletricidade sofreu um aumento médio anual de 7,8% entre 2008 e 2012 (figura 1-4); relativamente aos preços do gás natural, estes são dos mais elevados da Europa (0,0836 EUR/kWh).

Apresentados os factos acima referidos, torna-se relevante o aumento da eficiência energética em Portugal, não apenas no sentido da racionalização dos recursos, devido à conjuntura económica e financeira do País, mas também para diminuir os impactos negativos no ambiente [7].

Os argumentos a favor da melhoria da eficiência energética nos edifícios incidem, então, sobre [12]:

- Redução de custos de energia para o consumidor, evitando uma “pobreza de combustível”, onde os custos de energia representam uma parte desproporcional e insustentável do rendimento disponível;
- Segurança no fornecimento energético;
- Menor custo, ao invés de investir no aumento da capacidade energética;
- Maior conforto;
- Redução das emissões de GEE (gases de efeito de estufa), ajudando a atingir os objetivos do protocolo de Quioto;
- Contribuição para a reabilitação de determinados tipos de edifícios nos novos Estados-Membros da Europa central e de leste;
- Contributo para o objetivo de desenvolvimento sustentável, ao qual todos os países se comprometeram.

Existem diversos comportamentos por parte do consumidor que poderão levar a uma melhor eficiência energética nas suas habitações. Desde a escolha de iluminações com eficiências mais

elevadas, aspetos construtivos da habitação ou escolha de equipamentos com uma boa performance, todos estes fatores são de elevada importância numa perspetiva não só energética, como financeira.

No entanto, como demonstrado anteriormente, na figura 1-1, o consumo elétrico (incluindo equipamentos da cozinha) representa uma pequena fatia do consumo total em edifícios de habitação. Considerando que o maior consumo advém da preparação de AQS e sistemas de climatização, é crucial proceder a uma análise dos vários sistemas oferecidos no mercado e de que forma a sua escolha afeta o desempenho energético da habitação.

## **1.2. Relevância da pesquisa**

Este trabalho servirá, essencialmente, para avaliar que conjugação de sistemas técnicos para climatização melhor se adapta a edifícios de habitação, consoante a disponibilidade do tipo de energia, capital disponível, entre outros fatores importantes aquando na decisão de instalação. Será, portanto, possível avaliar os diferentes tipos de sistemas em diversas áreas de interesse.

A relevância da pesquisa reside no facto de existir, cada vez mais, uma preocupação com a eficiência energética dos edifícios de habitação, não só pelo impacto ambiental que lhe está inerente como também pela redução da fatura energética.

Este estudo, no âmbito do REH, assenta-se em diversos artigos e decretos-lei, de forma a proceder a uma análise correta e fidedigna de todos os dados recolhidos.

## **1.3. Objetivos**

Tem-se como objetivo neste trabalho, o estudo dos diversos sistemas técnicos de aquecimento, arrefecimento e AQS e, de que forma estes contribuem positiva ou negativamente para a eficiência energética dos edifícios de habitação.

Serão estudados diversos sistemas com diferentes fontes de energia, tanto de fontes renováveis como de fontes não renováveis. Após um estudo inicial de cada sistema, estes serão aplicados a um edifício de habitação com diferentes conjugações entre si. Após cada aplicação, serão estudados os diferentes parâmetros do edifício tais como as necessidades nominais de energia e os diferentes indicadores de desempenho, como a classificação energética e taxa de emissão de CO<sub>2</sub>. Serão utilizados vários sistemas, sendo um deles o sistema padrão. Este sistema é definido por defeito, caso o projetista não especifique em projeto os sistemas a adotar, e permitirá uma análise comparativa com os outros sistemas definidos neste trabalho.

# Capítulo 2 - Sistemas técnicos para edifícios de habitação

## 2.1. Introdução

No presente capítulo serão apresentados diversos sistemas técnicos para climatização e/ou AQS. Cada sistema terá uma descrição pormenorizada e direcionada para o caso de estudo descrito no Capítulo 4, referindo-se o combustível usado, tipo de utilização preferencial, equipamentos disponíveis no mercado, etc.

O critério de seleção do sistema a utilizar, quer de climatização ou de produção de AQS, deverá ter vários fatores em consideração tais como [13]:

- Tipo, disponibilidade e custo do combustível;
- Tamanho do equipamento;
- Eficiência energética;
- Custos de instalação, operação e manutenção.

## 2.2. Sistemas para produção de AQS

Existem diversos sistemas de produção de AQS, com as suas vantagens e desvantagens, estando estes principalmente divididos em 3 grupos distintos [13]:

- Aquecedores convencionais com depósito de água, que oferecem um reservatório de água quente pronta a usar;
- Aquecedores de água sem tanque, que aquecem a água por demanda;
- Aquecedores de água através da energia solar.

Em seguida, são descritos alguns dos sistemas mais vulgarmente empregues nesta categoria de instalações.

### 2.2.1. Coletor solar

Um coletor solar consiste num dispositivo usado para coletar, absorver e transferir energia solar para um fluido de trabalho, como água ou ar. A energia solar pode ser usada para aquecer água, proporcionar suporte a sistemas de aquecimento de espaços ou piscinas. O coração de um coletor solar é o absorvente, que é composto, geralmente, por diversas tiras de metal estreitas. O fluido transportador, para a transferência de calor, flui através de um tubo transportador de

calor, ligado à tira absorvedora (figuras 2-1 e 2-2). Em absorventes de chapa plana, são intercaladas duas folhas em conjunto, permitindo que o meio flua entre as duas camadas [14].

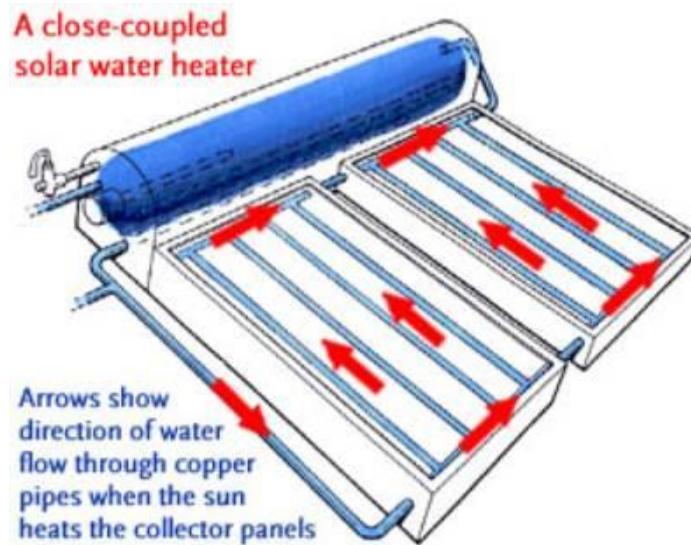


Figura 2-1 - Esquematização das direções do fluido no funcionamento de um coletor solar [15]

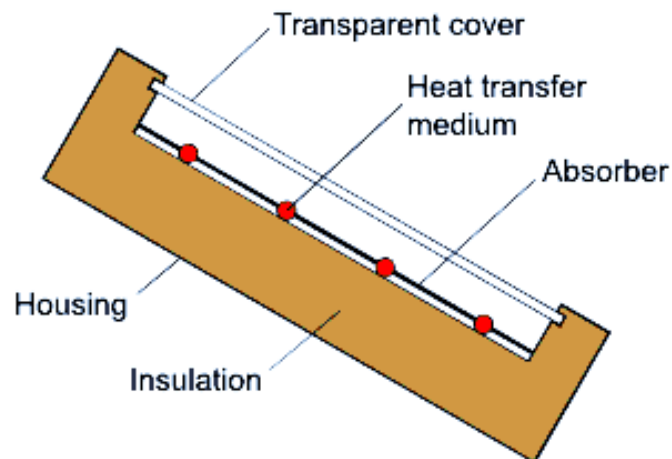


Figura 2-2 - Pormenor dos constituintes de um coletor solar comum [16]

Existem dois tipos de sistemas solares de aquecimento de água: ativos, que possuem bombas e controlos circulantes; e passivos, que não possuem qualquer tipo de controlo de fluxo [17].

Dentro dos sistemas solares ativos de aquecimento de água existem duas possibilidades:

- Sistemas de circulação direta: Em que as bombas circulam a água entre a habitação e os coletores. Este sistema funciona bem em climas onde há baixa probabilidade de congelamento [17].
- Sistemas de circulação indireta: Em que as bombas circulam um fluido não-congelante, de transferência de calor através dos coletores e um permutador de calor. Isto aquece a água que, em seguida, flui para a habitação. Eles são populares em climas propensos a temperaturas de congelamento (figura 2-3) [17].

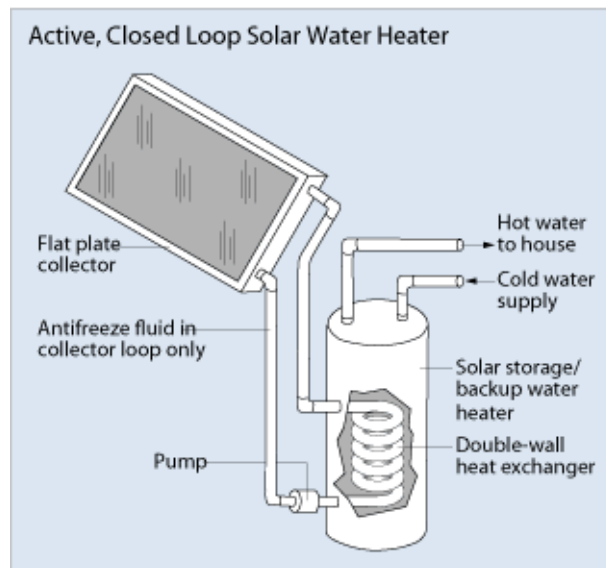


Figura 2-3 - Esquematização de um coletor solar de circuito fechado [17]

Os sistemas passivos de aquecimento solar de água são, tipicamente, menos dispendiosos do que os sistemas ativos, mas geralmente não são tão eficientes. No entanto, sistemas passivos podem ser mais confiáveis e podem durar mais tempo. Existem dois tipos básicos de sistemas passivos:

- Sistemas passivos integrais de coletor-armazenamento: Que funcionam melhor em áreas onde as temperaturas raramente descem abaixo de zero (figura 2-4) [17].
- Sistemas de termossifão: Em que a água flui através do sistema quando a água quente sobe e a água fria desce. O coletor deve ser instalado abaixo do tanque de armazenamento de modo a que a água quente suba para o tanque. Geralmente são mais caros do que os sistemas passivos integrais de coletor-armazenamento [17].

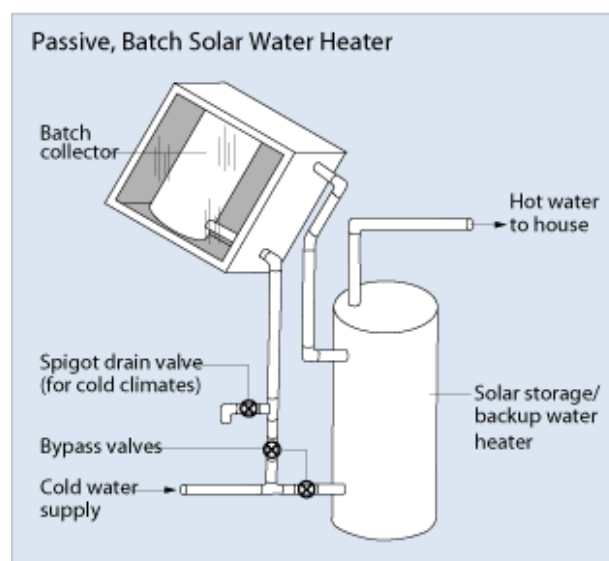


Figura 2-4 - Esquematização de um coletor solar de circuito fechado [17]

A instalação adequada de coletores solares de água depende de muitos fatores. Esses fatores incluem os recursos solares, clima, requisitos de regulamentações de construção locais e questões de segurança, portanto, é necessário um técnico de sistemas térmicos solares qualificado para executar a instalação [17].

Após a instalação, a manutenção adequada do sistema irá mantê-lo num funcionamento sem problemas [17].

A eficiência de um coletor solar é definida como o quociente de energia térmica utilizável versus energia solar recebida. O fator de conversão ou eficiência ótica  $h_0$  indica a percentagem de raios solares que penetram a cobertura transparente do coletor (transmissão) e a percentagem a absorver. Em suma, é o produto da taxa de transmissão da cobertura e da taxa de absorção do absorvedor [14].

A perda de calor é indicada pelo fator de perda térmica,  $k$ . Este valor é dado em Watts/m<sup>2</sup> de superfície de coletor e a diferença de temperatura particular (em °C) entre o absorvedor e a sua envolvente. Quanto maior a diferença de temperatura, mais calor é perdido. Acima de uma diferença de temperatura específica, a quantidade de perda de calor é igual ao rendimento energético do coletor, de modo que nenhuma energia é entregue ao sistema de circulação solar. Um bom coletor terá um fator de conversão elevado (tabela 2-1) e um valor  $k$  baixo [14].

Tabela 2-1 - Tipos de coletores e características correspondentes [14]

Tipo de coletor	Fator de conversão $h_0$	Fator de perda térmica (W/m <sup>2</sup> °C)	Alcance de temperatura (°C)
Absorvedor a descoberto	0,82 - 0,97	10 - 30	até 40
Chapa plana	0,66 - 0,83	2,9 - 5,3	20 - 80
Chapa de vácuo	0,81 - 0,83	2,6 - 4,3	20 - 120
Tubo de vácuo	0,62 - 0,84	0,7 - 2,0	50 - 120
Coletor de reservatório	cerca de 0,55	cerca de 2,4	20 - 70
Coletor a ar	0,75 - 0,90	8 - 30	20 - 50

A faixa de temperatura desejada do material a ser aquecido é o fator mais importante na escolha do tipo correto de coletor. Na figura 2-5 tem-se alguns exemplos da faixa de temperaturas da água em função da sua possível utilização e coletor associado. Um absorvedor descoberto não é certamente adequado para a produção de calor do processo. A quantidade de radiação no local, a exposição a tempestades e o espaço disponível devem ser cuidadosamente considerados ao planejar a construção de um coletor solar [14].

Os custos específicos dos coletores também são importantes. Os coletores de tubo a vácuo são substancialmente mais caros do que os coletores de placas planas ou mesmo os absorventes de

plástico. No entanto, um bom coletor não garante um bom sistema. Em vez disso, todos os componentes devem ser de alta qualidade e capacidade e resistência similares [14].

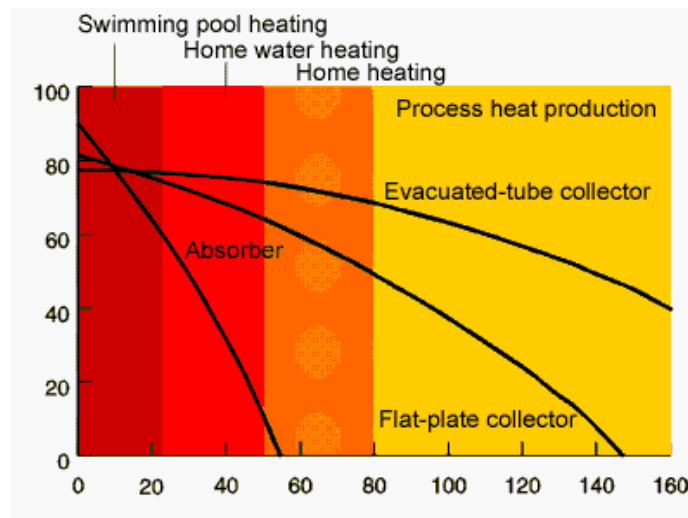


Figura 2-5 - Gráfico do alcance de eficiência e temperatura dos principais coletores solares (radiação: 1000 W/m<sup>2</sup>) [14]

### 2.2.2. Esquentador

Os aquecedores de água sem tanque, também conhecidos como esquentadores de água por demanda ou instantâneos, fornecem água quente apenas quando necessário. Estes sistemas não produzem as perdas de energia em espera associadas aos aquecedores de água com armazenamento (como por exemplo, caldeiras), o que poderá acarretar uma redução de custos [18].

Os esquentadores aquecem a água diretamente, sem o uso de um tanque de armazenamento. Quando uma torneira de água quente é aberta, água fria flui através de um tubo na unidade e, então, um queimador de gás ou um elemento elétrico aquece a água. Como resultado, os esquentadores fornecem um fluxo de água quente constante. Não é necessário esperar que o tanque de armazenamento se encha com água quente suficiente. No entanto, a saída de um esquentador limita o caudal de água [18].

Tipicamente, estes sistemas fornecem água quente a uma taxa de 7,6 a 15,2 litros por minuto. Os esquentadores a gás produzem taxas de fluxo mais altas do que os esquentadores elétricos e, muitas das vezes, mesmo o maior modelo a gás não tem a capacidade de fornecer água quente suficiente para múltiplos usos simultâneos em grandes famílias [18].

Para habitações que usem 41 litros ou menos de água quente diariamente, os esquentadores podem ser 24% a 34% mais eficientes, em termos energéticos, do que as caldeiras [18].

O custo inicial de um esquentador é mais elevado do que o de uma caldeira mas a sua durabilidade é mais elevada e os custos operacionais e energéticos são mais reduzidos, o que

poderá compensar o seu preço de compra. A maioria dos esquentadores tem uma expectativa de vida de mais de 20 anos. Além disto, tem-se ainda o facto de que os seus componentes são facilmente substituíveis, o que prolonga a sua vida por muitos mais anos. Em contraste, esquentadores de água com armazenamento (caldeiras, etc) duram apenas entre 10 a 15 anos [18].

A instalação e manutenção adequadas do esquentador podem otimizar a sua eficiência energética e a instalação correta depende de muitos fatores, entre os quais: o tipo de combustível, o clima, os requisitos regulamentares locais de construção e as questões de segurança, especialmente no que se refere à combustão de aquecedores a gás [18].

Na figura 2-6 é possível observar o processo de aquecimento de água de um esquentador, desde a sua ativação (ao abrir uma torneira de água quente), passando pelo processo de aquecimento até à temperatura desejada até à sua desativação.

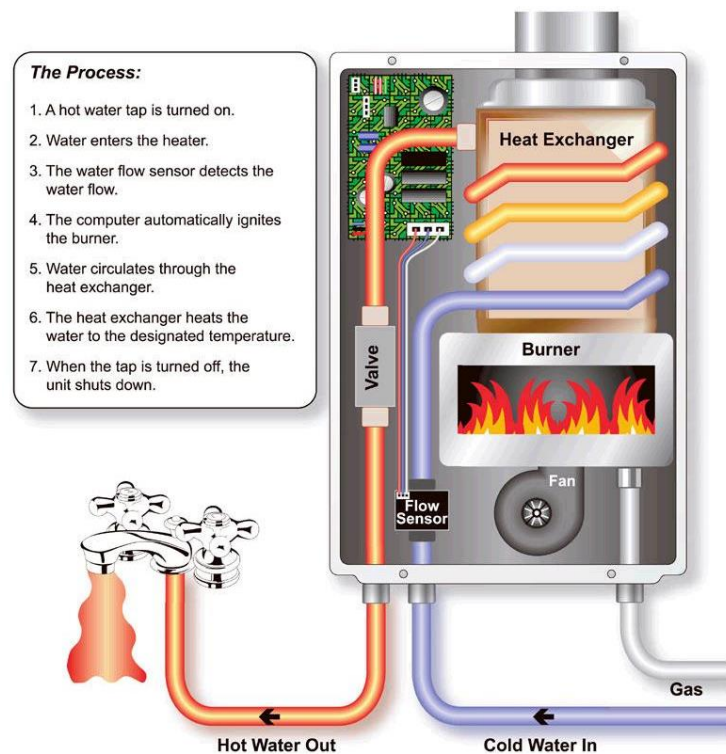


Figura 2-6 - Funcionamento de um esquentador a gás convencional [19]

### 2.2.3. Caldeira

As caldeiras convencionais são ideais para habitações que já têm um sistema tradicional de aquecimento e água quente que está ligado a um cilindro de água quente separado. Estas caldeiras necessitam também de um tanque de armazenamento de água fria para alimentar o cilindro de água quente, bem como um tanque que mantém o nível de água do sistema de aquecimento central [20].

Uma caldeira convencional pode ser a melhor opção para substituir uma caldeira existente, se a propriedade tem um sistema de radiador mais antigo [20].

Uma caldeira combinada, servirá tanto de aquecedor de água de alta eficiência como também de uma caldeira de aquecimento central. As caldeiras combinadas aquecem a água diretamente da rede elétrica quando se abre uma torneira, não sendo, assim necessário um cilindro de armazenamento de água quente ou um tanque de armazenamento de água fria [20].

Estas são muito rentáveis e eficientes em termos energéticos pois a água é aquecida instantaneamente ao invés de ser aquecida e, em seguida, armazenada num cilindro [20].

Estas caldeiras também são compatíveis com sistemas solares de aquecimento de água, que oferecem benefícios ambientais, bem como menores contas energéticas [20].

### 2.2.3.1. Caldeira elétrica

Uma caldeira elétrica usa eletricidade ao invés de gás para aquecer água. Assim como uma caldeira de gás, aquecerá a água para posterior utilização em radiadores ou como AQS para uso doméstico na cozinha, casa de banho, etc.

As caldeiras elétricas podem ser convenientes na sua instalação e eficientes em termos energéticos, mas existem algumas desvantagens quando comparadas a uma caldeira a gás [21].

A figura 2-7 ilustra o funcionamento e componentes de uma caldeira elétrica bem como a direção de fluxo do fluido.

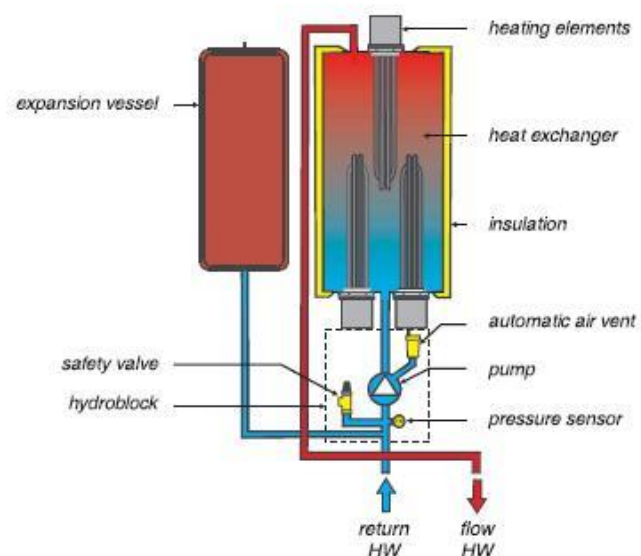


Figura 2-7 - Funcionamento e componentes de uma caldeira elétrica [22]

As suas principais vantagens vão desde o seu funcionamento silencioso, o facto de serem sistemas pequenos e compactos que podem ser instalados em locais apertados, o baixo custo

de instalação, a não necessidade de ser colocada numa parede externa (por não existirem tubos de combustão ou gás) e o facto de o processo ser relativamente eficiente [21].

Algumas das suas desvantagens são o facto de tipicamente serem sistemas pequenos, havendo assim maior dificuldade para aquecer habitações de maiores dimensões, custos gerais de operação potencialmente maiores e custos relativamente altos, no caso de substituição por um sistema a gás [21].

### 2.2.3.2. Caldeira a gás

Ambas as caldeiras a gás e a óleo utilizam a combustão controlada do combustível para aquecer a água. Os principais componentes da caldeira envolvidos neste processo são o queimador, câmara de combustão, permutador de calor e controlos (figura 2-8) [23].

O queimador mistura o combustível e o oxigénio em conjunto e, com a ajuda de um dispositivo de ignição, fornece uma plataforma para a combustão. Esta combustão tem lugar na câmara de combustão e o calor gerado é transferido para a água através do permutador de calor. Os controlos regulam a ignição, a taxa de combustão do queimador, o suprimento de combustível, o suprimento de ar, a temperatura da água, a pressão do vapor e a pressão da caldeira [23].

A água quente produzida por uma caldeira é bombeada através de tubos e entregue aos equipamentos em todo o edifício, que pode incluir bobinas de água quente em unidades de tratamento de ar, equipamentos de aquecimento de água quente, etc [23].

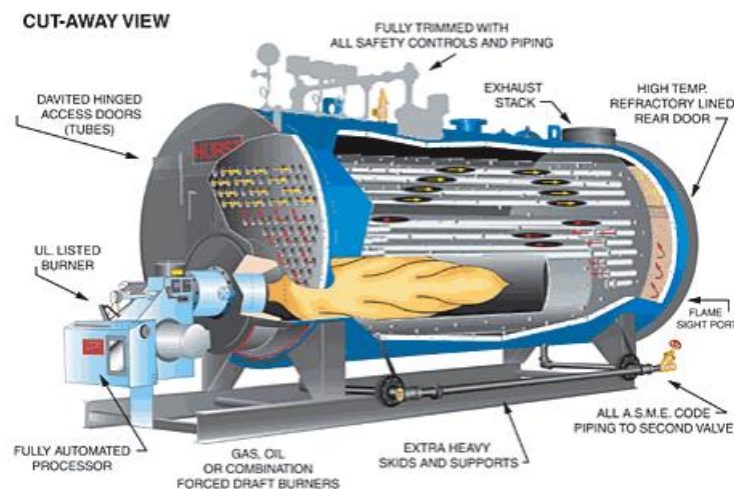


Figura 2-8 - Componentes de uma caldeira a gás [23]

Tem-se como algumas vantagens deste sistema [21]:

- Custos de funcionamento potencialmente mais baixos em comparação a uma caldeira elétrica;
- Não há necessidade de armazenar qualquer combustível;
- Maior facilidade de obtenção bem como de reparação, por se tratar de um dos sistemas mais populares a gás;
- Facilidade de atualização para um sistema a gás mais novo.

Tem-se como desvantagens [21]:

- O fornecimento de gás pode não estar disponível, especialmente em zonas rurais;
- Comumente necessidade de ser colocado numa parede externa, ou necessidade de instalação de tubagens;
- Maior ruído do que caldeiras elétricas

### **2.2.3.3. Caldeira a biomassa**

Caldeiras a biomassa são muito semelhantes às caldeiras a gás convencional, fornecendo aquecimento de espaços e água quente para toda a habitação, mas ao invés do uso de gás (ou óleo) para produzir calor, é utilizada biomassa para combustão [24].

A cada ano, cerca de 8,5 milhões de toneladas de madeira são colocadas em aterros no Reino Unido, quando este resíduo de madeira poderia ser usado em caldeiras de biomassa, se convertido em pellets [24].

Uma caldeira a biomassa funciona de forma muito semelhante às caldeiras convencionais: é feita uma queima de combustível para produzir calor que é então usado para aquecer a água. Caldeiras de biomassa são normalmente substancialmente maiores, uma vez que como são usados pellets para combustão, em oposição a gás, a caldeira precisa de ser maior para manter um maior volume de combustível [24].

Além disto, muitas das vezes são instalados dispositivos para automatização, o que irá requerer um espaço ainda maior (figura 2-9). Estes dispositivos armazenam um grande volume de pellets de madeira que são automaticamente alimentados na caldeira, conforme necessário, o que significa que a caldeira precisa de ser reabastecida muito raramente [24].

Geralmente, a cada quatro semanas, é necessário esvaziar a cinza da caldeira de biomassa, podendo o resíduo retirado ser reaproveitado para compostagem.

As caldeiras de biomassa são projetadas para trabalhar durante todo o ano, no entanto, pode-se optar por desligá-las no verão [24].



Figura 2-9 - Aspeto físico de uma caldeira a biomassa [24]

## 2.3. Sistemas de climatização

Relativamente aos sistemas de climatização, a variedade de oferta no mercado é elevada e poderão tratar-se de sistemas com utilização de energias renováveis, diferentes fluidos de trabalho e tipos de combustível. Existem ainda sistemas com capacidade tanto para aquecimento como para arrefecimento ou sistemas de funcionamento exclusivo para um dos modos de climatização.

### 2.3.1. Bomba de calor

Para climas com necessidades moderadas de aquecimento e arrefecimento, as bombas de calor oferecem uma alternativa eficiente em termos energéticos. Durante as estações quentes, estes sistemas movem energia sob a forma de calor de dentro da habitação para o exterior e durante as estações frias, fazem o oposto. Sendo que estes sistemas movem calor em vez de o gerar (figura 2-10), as bombas de calor poderão providenciar um condicionamento do espaço em questão a um quarto do custo de operação de equipamentos convencionais de aquecimento ou arrefecimento [25].

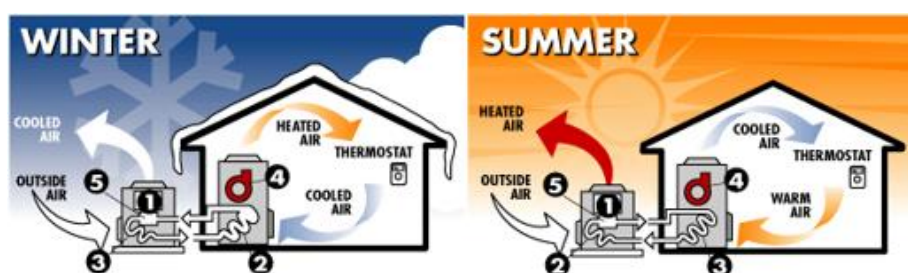


Figura 2-10 - Diferentes modos de funcionamento da bomba de calor no inverno e no verão. Componentes: 1- compressor; 2- condensador; 3- evaporador; 4- ventilador de ar; 5- válvula inversora [26]

Existem 3 tipos de bombas de calor [27]:

- Bombas de calor ar-ar;
- Bombas de calor ar-água;
- Bombas de calor geotérmicas.

O tipo de sistema mais utilizado é o de ar-ar, que transfere calor entre a habitação e o exterior. Esta bomba de calor tradicional pode reduzir o uso de eletricidade para o aquecimento em aproximadamente 50%, comparando aos aquecimentos por resistência elétrica. Bombas de calor de alta eficiência permitem, além da climatização, uma desumidificação mais eficiente em comparação ao ar condicionado tradicional. Para habitações nas quais não é possível a instalação de tubagens, existem ainda bombas de calor ar-ar sem tubagens chamadas de bombas de calor mini-split [25].

Dentro das bombas de calor ar-água, existe um outro tipo de bomba de calor chamado de “chiller de ciclo inverso”, que gera água quente e fria ao invés de ar, permitindo que seja usado em sistemas de aquecimento de pisos radiantes, entre outros [25].

Relativamente às bombas de calor geotérmicas (tendo como fonte o subsolo ou águas subterrâneas), estas conseguem maior eficiência através da transferência de calor entre a habitação e o solo ou água subterrânea. Embora tenham um custo mais elevado de instalação, estas bombas têm um custo operacional baixo pois aproveitam as temperaturas do subsolo/água subterrânea relativamente constantes. Estes sistemas têm algumas vantagens importantes tais como a redução do uso de energia entre 30% a 60%, controlo da humidade, confiabilidade e a ampla aplicação a diferentes habitações. Além destas bombas, existe ainda o sistema de bomba de calor de absorção ou bomba de calor a gás. Estas bombas utilizam o calor como fonte de energia e podem ser utilizadas em conjugação com uma grande variedade de fontes de calor [25]. Abaixo apresenta-se a figura 2-11 relativa à configuração generalizada das bombas de calor, composta por um compressor, válvula de expansão, condensador e evaporador.

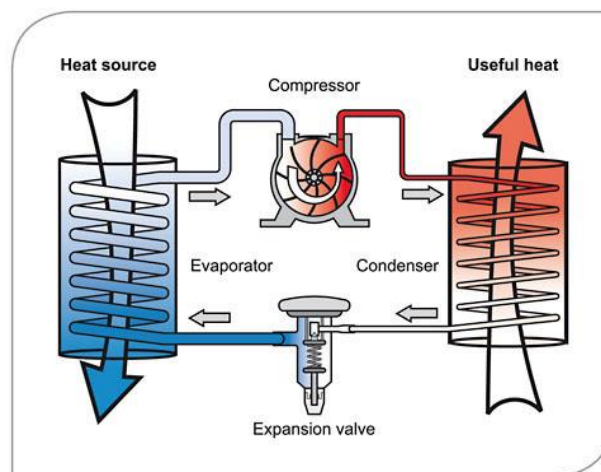


Figura 2-11 - Configuração generalizada do funcionamento de uma bomba de calor [28]

### 2.3.1.1. Bomba de calor do tipo chiller de compressão

Um chiller básico tem dois circuitos: o circuito de água e o circuito de refrigeração [29]:

- No circuito de água, uma bomba faz circular a água do tanque de retenção para o evaporador que refrigera a água transferindo o calor para um refrigerante.
- No circuito de refrigeração, que funciona por compressão de vapor, parte do circuito passa pelo condensador e outra parte passa pelo evaporador.

Na figura 2-12, é possível observar os dois circuitos mencionados anteriormente bem como os componentes principais de ambos.

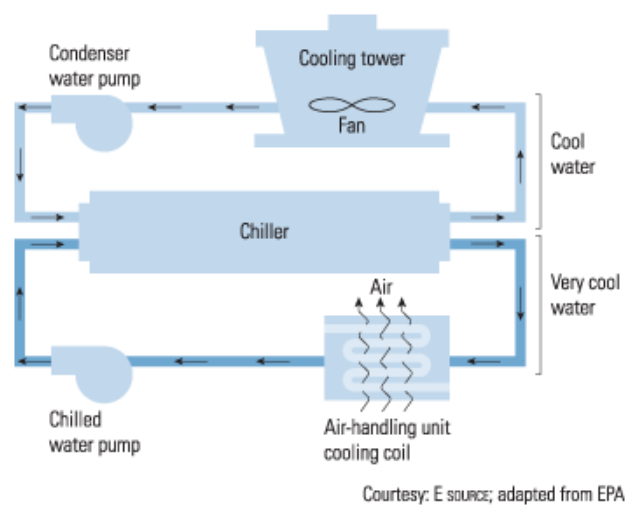


Figura 2-12 - Esquemática do funcionamento de um chiller [30]

### 2.3.1.2. Unidade de produção térmica Split

As unidades de produção térmica split são compostas por dois componentes principais: um compressor ou condensador situado no exterior da habitação e uma unidade de tratamento de ar no interior (figura 2-13). Estes componentes separados são ligados através de uma conduta, que consiste num cabo de alimentação, dreno de condensado, refrigerante e tubo de sucção. Se existirem diversas unidades de tratamento de ar, cada uma conterá um termostato associado, permitindo a regulação de temperatura individualmente, para cada divisão [31].

Desde a eficiência energética melhorada até à fácil instalação, os sistemas de aquecimento split oferecem uma série de vantagens, tais como [31]:

- Melhor Aquecimento de zonas individuais;
- Flexibilidade nas opções de posicionamento;
- Fácil instalação;
- Eficiência energética melhorada;
- Capacidade de personalização.

Embora as unidades split tenham custos mais baixos de aquecimento global, a instalação inicial é geralmente mais cara. Este choque na adesão, pode afastar potenciais clientes, especialmente quando outros sistemas são mais acessíveis aquando na instalação [31].

Outra desvantagem relaciona-se com a instalação. A colocação apropriada é crucial ao instalar estes sistemas e, em muitos casos isto requer o auxílio de profissionais de AVAC. Isto ocorre porque um sistema colocado incorretamente pode causar um defeito conhecido como "curto-ciclo". Se tal ocorrer, a energia será utilizada de forma menos eficiente. Em algumas áreas, os profissionais de AVAC com experiência relevante podem ser difíceis de encontrar, o que pode aumentar o custo de instalação [31].

Uma preocupação menos significativa tem a ver com o apelo estético. Muitos proprietários consideram a aparência destes sistemas como algo desagradável, especialmente quando comparado com os sistemas de aquecimento central. A colocação ao ar livre da drenagem é uma outra preocupação comum [31].

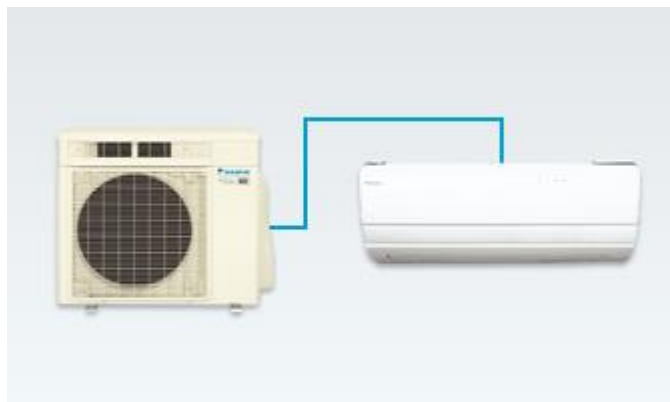


Figura 2-13 - Simplificação dos componentes principais de uma unidade split [32]

### 2.3.1.3. Unidade de produção térmica multi split

Uma unidade de produção multi split, trata-se essencialmente de uma split com a capacidade de alimentar diversas unidades interiores com uma única unidade exterior (figura 2-14). Este sistema permite a instalação de um sistema de ar condicionado completo para espaços interiores de várias zonas sem necessidade de condutas, fornecendo um controlo individual das configurações de temperatura ambiente. Além disto, é ainda possível instalar unidades internas de diferentes estilos e capacidades num único sistema para soluções personalizadas únicas para cada ambiente residencial [32].



Figura 2-14 - Simplificação de uma unidade multi split [33]

### 2.3.1.4. Sistema VRF

Para o sistema de fluxo de refrigerante variável (VRF), a chave de operação eficiente é obter a quantidade de carga de refrigerante apropriada (RCA). No entanto, é difícil de conseguir devido à complexidade dos sistemas VRF [34].

Trata-se de um sistema de ar condicionado tecnologicamente sofisticado, baseado em vários princípios [35]:

- O único fluido circulante é o refrigerante;
- Compressores inversores que permitem reduzir o consumo de energia com cargas de arrefecimento/aquecimento parcial;
- Vários manipuladores de ar (unidades internas) no mesmo circuito;
- Capacidade de expansão modular (especialmente aplicável para grandes projetos, que podem crescer em etapas).

Cada unidade interior é controlada pelo seu próprio painel de controlo, existindo ainda possibilidade para controlos remotos sem fios e controladores centralizados, permitindo controlar todas as unidades internas de apenas um local (figura 2-15) [35].

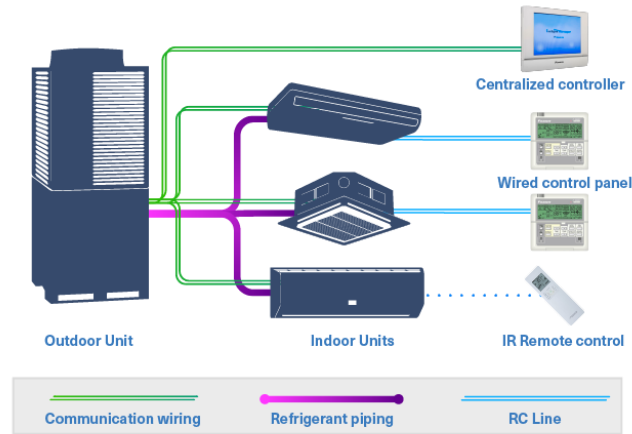


Figura 2-15 - Esquematização de um sistema VRF [35]

A lógica de operação do VRF é totalmente integrada dentro do sistema e é específica para cada fabricante. O sistema obtém as entradas do utilizador (por exemplo, a temperatura de conforto desejada) e do ambiente (temperatura ambiente exterior), e de acordo com esses dados implementa a sua lógica de modo a obter as condições de conforto desejadas, utilizando consumos de energia ótimos (figura 2-16) [35].

A capacidade de ajustar-se às condições externas é um dos principais fatores que tornam os sistemas VRF tão eficientes, em comparação com os sistemas tradicionais refrigerados a água, com base em resfriadores e serpentinas.

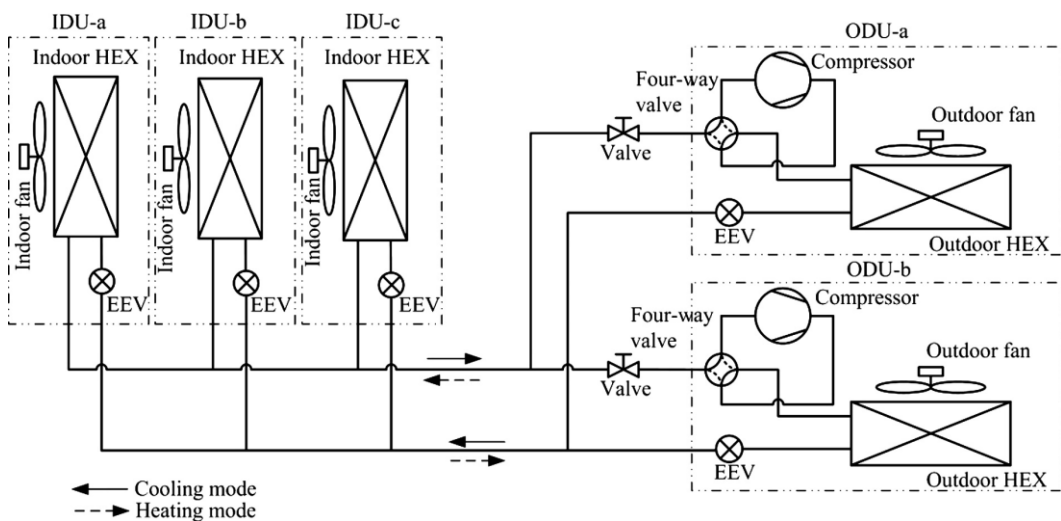


Figura 2-16 - Diagrama esquemático de um sistema multi split VRF com três unidades internas e duas unidades externas [36]

### 2.3.1.5. Unidade do tipo rooftop

Numa unidade rooftop típica (figura 2-17), os compressores (1) estão localizados na extremidade e as bobinas de condensador (2) são enroladas ao longo ou próximo deles. Os filtros (3) estão posicionados no lado de entrada do ar do evaporador. Geralmente, existem filtros de uma ou duas polegadas descartáveis. Tem-se ainda um ventilador de exaustão de gás de combustão (4). Os controlos da unidade estão localizados num compartimento elétrico (5) e o permutador de calor a gás (6) está localizado numa secção separada do lado a jusante do ventilador do evaporador. Um conjunto de trilho de base perimetral (7) é usado para suportar a unidade quando colocada na sua borda e para manusear e montar a unidade. A bobina do evaporador (8) tem duas, três ou quatro fileiras de profundidade e é colocada na frente da ventoinha interior (9) que descarrega ar para o aquecedor e depois para baixo na conduta de alimentação. As ventoinhas da hélice de tração direta (10) afastam o ar exterior através das bobinas do condensador e descarregam o ar aquecido para cima [37].

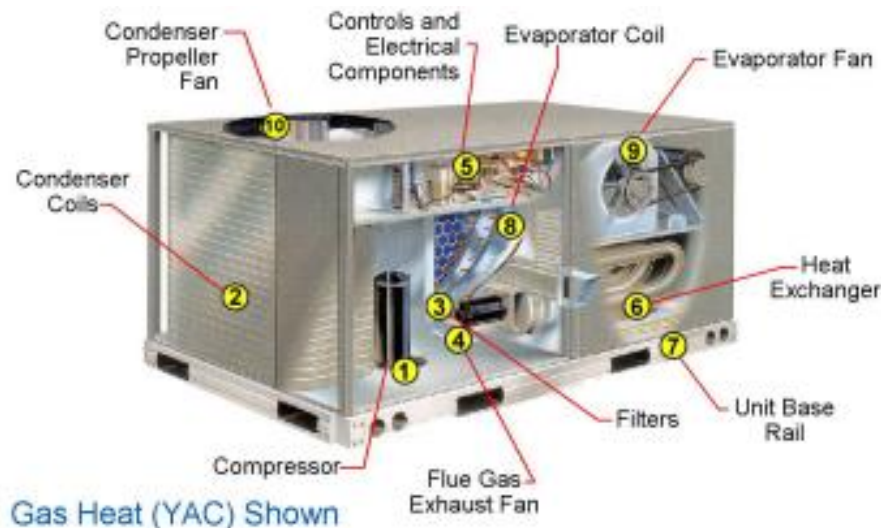


Figura 2-17 - Componentes de uma unidade rooftop típica [37]

O ciclo de refrigeração fornece tanto arrefecimento como aquecimento por ciclo inverso. No modo de aquecimento, o fluxo de refrigerante é invertido usando uma válvula de quatro vias para que o calor seja extraído do ar exterior e transferido para o ar interior, como demonstrado na figura 2-18. O evaporador e o condensador são de elevadas dimensões e o dispositivo de medição é diferente das restantes bombas para permitir um duplo papel. Como esta bomba de calor não aquece eficientemente a muito baixas temperaturas ao ar livre e, para fornecer aquecimento durante o degelo, a unidade contém, frequentemente, aquecedores elétricos opcionais que suplementam o calor reverso do ciclo [37].

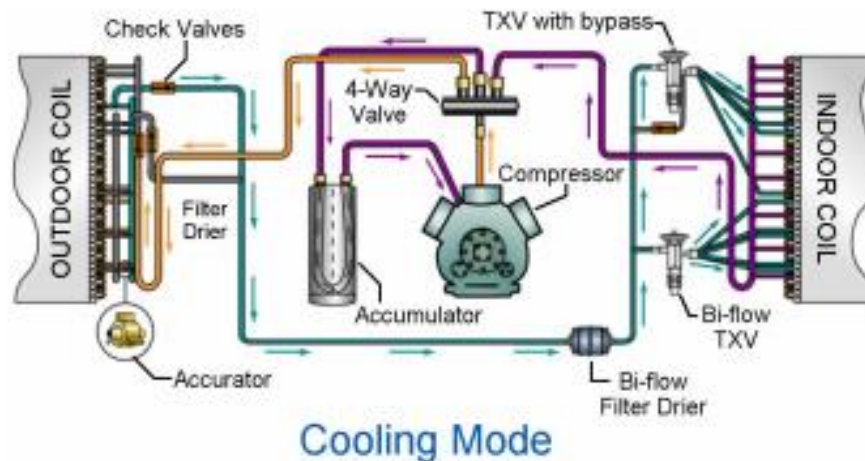


Figura 2-18 - Ciclo de refrigeração de uma unidade rooftop em modo de arrefecimento [37]

### 2.3.2. Recuperador de calor

No campo de energias renováveis, há que destacar os recuperadores de calor. Este tipo de sistemas fazem uma recuperação de calor utilizando biomassa. Os recuperadores de calor são dos sistemas mais baratos e eficazes, que permitem a sua implementação em sistemas de geração de calor já existentes. Além disto, apresentam pequenas dimensões, que permitem, por exemplo, reaproveitar o calor gerado por uma lareira que aquece uma única divisão, para AQS e aquecimento de outras divisões da habitação. Desta forma, além do reaproveitamento energético, não se torna necessário ligar outro sistema de suporte para AQS ou aquecimento.

#### 2.3.2.1. Ventilador de recuperação de calor

O ventilador de recuperação de calor (HRV) é semelhante a um sistema de ventilação equilibrado e trata-se, tipicamente, de uma unidade que possui dois ventiladores - um para retirar o ar doméstico e o outro para suprir o ar fresco. O que torna um HRV único, é o núcleo da troca de calor. O núcleo transfere o calor do fluxo de saída para o fluxo de entrada da mesma maneira que o radiador num carro transfere calor do refrigerante do motor para o ar exterior. É composto por uma série de estreitas passagens alternadas através das quais circulam fluxos de entrada e de saída. À medida que as correntes se movem, o calor é transferido do lado quente de cada passagem para o frio, enquanto as correntes de ar nunca se misturam [38].

Dependendo do modelo, os HRVs podem recuperar até 85% do calor no fluxo de ar de saída, tornando esses ventiladores muito mais vantajosos a nível orçamental do que abrir simplesmente algumas janelas. Além disto, um HRV contém filtros que impedem partículas como pólen ou poeira de entrar na habitação. Na figura 2-19 é possível observar o funcionamento generalizado de um ventilador de recuperação de calor típico [38].

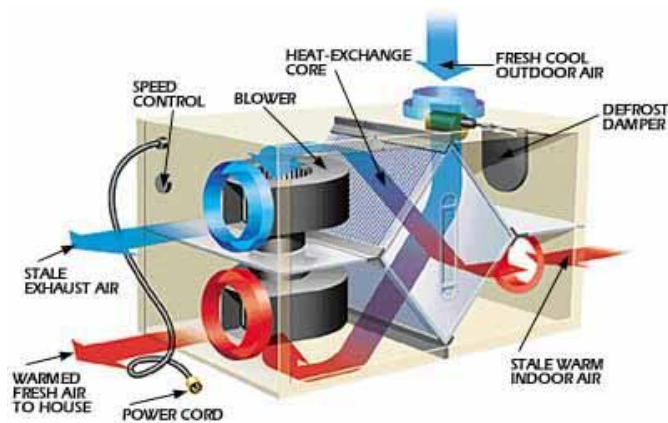


Figura 2-19 - Funcionamento de um ventilador de recuperação de calor [38]

### 2.3.2.2. Recuperação de calor por roda térmica

Com a maior eficiência de recuperação de ar de todos os sistemas de ventilação, as unidades de roda térmica tendem a ser maiores em tamanho. Estas são compostas por duas rodas grandes, onde uma das metades move ar do interior, e a outra move ar fresco do exterior (figura 2-20). As rodas giram em direções opostas e a energia do ar interior é transferida para o ar de entrada, aquecendo-o [39].

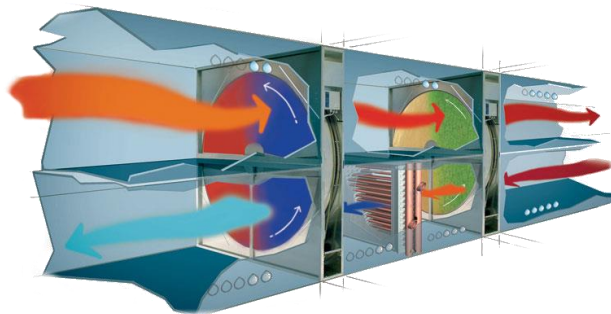


Figura 2-20 - Funcionamento de um ventilador de recuperação de calor por roda térmica [23]

Estas rodas são, geralmente, feitas em alumínio, mas podem ser construídas a partir de uma ampla gama de materiais, incluindo plástico ou até papel. O benefício da roda térmica é que é altamente eficiente (até um máximo de 80%) em comparação com outros sistemas, e é provável que forneça um retorno de investimento mais rápido se configurada corretamente. Como um sistema de recuperação de calor, a velocidade de rotação das rodas e a quantidade de energia transferida podem ser controladas para aumentar ou diminuir a temperatura do ar que é alimentada de volta ao edifício [39].

### 2.3.2.3. Recuperador de placas

Mais comum do que a recuperação de calor da roda térmica, pois pode ser utilizado numa escala de menor dimensão. Compreende uma caixa com uma série de placas paralelas feitas de metal ou plástico que permitem que o ar extraído passe sobre o ar de entrada, transferindo a energia, e aquecendo-o (figura 2-21). As correntes de ar são separadas pelas placas e nunca se misturam [39].

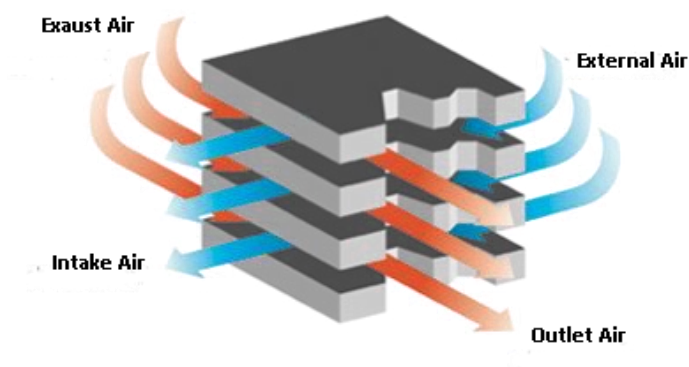


Figura 2-21 - Funcionamento de um recuperador de placas [23]

Os sistemas de recuperação de calor em placas apresentam uma eficiência de cerca de 70% no melhor dos casos [39].

### 2.3.3. Salamandra a biomassa

Uma salamandra a biomassa é um investimento sólido para as habitações, se for usada para substituir um equipamento mais antigo, e tem o potencial de reduzir a pegada ecológica de carbono em pelo menos 14% [40].

Um fator de extrema importância, aquando a sua aquisição, é o tamanho da salamandra. Geralmente, é sugerido que, por cada 14 metros cúbicos de espaço, é necessário 1kW (aproximadamente) de saída de calor para atingir uma temperatura ambiente de 21 graus. No entanto, terá de se tomar em consideração uma série de outros fatores importantes, como a idade da habitação, isolamento desta, número de divisões a ser aquecidas e horários de funcionamento [40].

A combustão de combustíveis sólidos para aquecimento em lareiras tradicionais permanece como o sistema de energia residencial mais popular para 40% da população mundial. A adoção de instalações com isolamentos pode reduzir o consumo de madeira em mais de 50% em relação às lareiras. As emissões de partículas finas provenientes da combustão da madeira podem ser reduzidas em mais de 30% ao mudar de aparelhos usando um controlo manual de entradas de ar de combustão [41].

As salamandras mais antigas dependem de um processo de queima relativamente ineficiente para gerar calor. Uma vez iniciada a combustão usando papel e madeira, a salamandra começa a aquecer. O ar fresco entra na salamandra através das aberturas de admissão para ajudar a alimentar o processo. À medida que a madeira continua a queimar, são libertados gases contendo compostos orgânicos voláteis, alcatrão, carvão e carbono, que escapam pela chaminé. Quando a salamandra atinge 315°C, estes gases começam a queimar em vez de escapar pela chaminé, o que gera algum calor. Somente quando a salamandra atingir 535°C é que a madeira (agora carvão) começa a queimar e a gerar uma quantidade substancial de calor [42].

Mesmo as salamandras a lenha mais eficientes contribuem para a poluição do ar. Por exemplo, é referido que o fumo da madeira consiste em 80% a 90% de partículas finas [42].

As salamandras a lenha de hoje são ecologicamente eficientes, e têm vários argumentos ambientais a seu favor, tais como [43]:

- Utilização de um combustível local barato e renovável;
- Não dependência de petróleo;
- Emissão de menos poluentes, comparativamente a uma lareira.

No entanto, a eficiência de uma salamandra está diretamente dependente da sua instalação. Uma instalação adequada considera os requisitos de aquecimento da habitação e usa o movimento natural do calor e do ar para obter o máximo de rendimento da salamandra. Uma instalação descuidada, por outro lado, pode significar que a salamandra poderá não ser melhor do que uma lareira.

### **2.3.4. Radiador**

Existem, essencialmente, 3 tipos de radiadores: radiador elétrico (frequentemente chamado de resistência elétrica), radiador hidráulico e radiador a vapor.

#### **2.3.4.1. Resistência elétrica**

Aquecimento por resistência elétrica é 100% eficiente a nível energético, no sentido de que toda a energia elétrica de entrada é convertida em calor. No entanto, a maioria da eletricidade é produzida a partir de geradores de carvão, gás ou petróleo que convertem apenas cerca de 30% da energia do combustível em eletricidade. Devido à geração de eletricidade e perdas de transmissão, o calor elétrico é muitas vezes mais caro do que o calor produzido em habitações ou empresas que usam aparelhos de combustão, como gás natural, propano e fornos a óleo [44]. Se a eletricidade é a única escolha, as bombas de calor são preferíveis na maioria dos climas, pois podem facilmente cortar o uso de eletricidade em 50% quando comparadas com as resistências elétricas [44].

Todos os tipos de aquecimento de resistência elétrica são controlados através de algum tipo de termostato. Os aquecedores de placa utilizam frequentemente um termostato de tensão de linha (o termostato controla diretamente a alimentação fornecida ao dispositivo de aquecimento), enquanto outros dispositivos utilizam termostatos de baixa tensão (o termostato utiliza um relé para ligar e desligar o dispositivo) [44].

#### **2.3.4.2. Radiador hidráulico**

Radiadores de água quente são um dos sistemas de distribuição de calor mais comuns em habitações mais novas, além dos sistemas de ar forçado. São, tipicamente, um radiador de rodapé ou vertical que se assemelha a radiadores de vapor. O problema mais comum nos sistemas de água quente é o ar indesejado no fluido de trabalho do sistema [45].

Uma forma de economizar energia em sistemas de água quente é reajustá-los para fornecer um controlo de zona separado para diferentes áreas de grandes habitações. O controlo de zona é mais eficaz quando grandes áreas da habitação não são usadas com frequência ou são usadas numa programação diferente. Um profissional de aquecimento pode instalar válvulas automáticas nos radiadores de água quente, controladas por termostatos em cada zona. O uso de termostatos programáveis permite que as várias zonas sejam automaticamente aquecidas ou arrefecidas consoante os padrões de uso [45].

#### **2.3.4.3. Radiador a vapor**

O aquecimento a vapor é uma das tecnologias mais antigas de aquecimento, mas o processo de ebulição e condensação de água é inerentemente menos eficiente do que os sistemas mais modernos, além de sofrer tempos de latência significativos entre o ligar da caldeira e o calor que chega aos radiadores. Como resultado, os sistemas de vapor tornam difícil a implementação de estratégias de controlo [45].

Os primeiros sistemas de aquecimento central para edifícios utilizavam a distribuição de vapor pois o vapor move-se através de tubagens sem o uso de bombas. Tubos de vapor não-isolados muitas vezes fornecem calor indesejado para áreas inacabadas, tornando o isolamento da fibra de vidro - que pode suportar altas temperaturas - muito rentável [45].

A manutenção regular para radiadores de vapor depende se o radiador é um sistema de um tubo (o tubo que fornece vapor também retorna condensado) ou um sistema de dois tubos (um tubo separado retorna condensado). Sistemas de tubo único usam saídas de ar automáticas em cada radiador, que expõem o ar enquanto o vapor preenche o sistema e depois se fecha automaticamente quando o vapor chega ao respiradouro [45].

Estes sistemas também podem deformar o chão na zona de instalação e a sua expansão térmica e contração ao longo do tempo pode provocar falhas. Ambos os efeitos podem fazer com que o

radiador se incline, evitando que a água escoe adequadamente do radiador quando este arrefece. Isto causará ruídos de pancadas quando o radiador estiver a aquecer [45].

## 2.4. Síntese

A partir do estudo dos diversos sistemas técnicos pode-se concluir que existe toda uma panóplia de opções a escolher, com diferentes eficiências, tipo de combustível, pegada ecológica, etc.

Tem-se ainda o tipo de utilização de cada sistema: existem sistemas que são adequados para tanto climatização como AQS, e existem sistemas que efetuam apenas uma das premissas.

A bomba de calor, dependendo do tipo de sistema utilizado (se ar-ar, ar-água ou geotérmica) poderá efetuar tanto a parte de climatização como a de preparação de AQS. Na parte de climatização é de destacar os sistemas split, multi split, VRF, rooftop e chiller de compressão. Tem-se também os coletores solares que poderão tanto fazer a climatização da habitação como a preparação de AQS, se utilizadas em conjugação com outros tipos de sistemas. O esquentador torna-se essencial como sistema para AQS e um dos mais populares no mercado. Popular tanto pelo seu preço de aquisição bem como pela disponibilidade de combustível utilizado (que poderá variar entre gás propano, butano, etc). Além destes sistemas tem-se ainda o recuperador de calor que permite a recuperação de calor de outros sistemas, sendo então adequado em conjugação com um outro sistema. De seguida, tem-se a salamandra a biomassa, um outro sistema bastante popular principalmente pelo seu preço da aquisição baixo, bem como pela disponibilidade do combustível utilizado. Este sistema permite a climatização do espaço em que está inserido e, se usado em conjugação com um outro, poderá ainda efetuar a preparação de AQS. Finalmente, tem-se a caldeira, disponível para diversos usos de combustível que permite a preparação de AQS e, se usada com um outro sistema (hidráulico, por exemplo) poderá ainda efetuar a climatização dos espaços. Por último, tem-se o radiador. Este sistema é exclusivamente utilizado para climatização dos espaços e poderá ser utilizado por si só (no caso de ser elétrico) ou em conjugação com um outro sistema, no caso da utilização de um fluido.

## Capítulo 3 - Exigências regulamentares

### 3.1. Introdução

Neste capítulo serão enunciadas todas as exigências regulamentares, sob as quais este trabalho está ao abrigo. Serão retirados apenas os excertos de importância em cada regulamentação. Além disto, serão ainda enunciados planos nacionais que estão intrinsecamente interligados com o assunto recorrente neste trabalho.

### 3.2. Plano nacional de ação para a eficiência energética

Este plano nacional, ao abrigo da diretiva n.º 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de Abril de 2006, determinou que os estados membros adotassem, e procurassem atingir, até 2016, um objetivo global nacional indicativo de economia de energia de 9% através da promoção de serviços energéticos e da adoção de outras medidas de melhoria da eficiência energética.

Neste âmbito, os Estados Membros comprometeram-se ainda, até 2020, reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 20%, aumentar em igual percentagem a proporção de fontes de energia renováveis no cabaz energético da União Europeia (UE) e alcançar a meta de 20% estabelecida para a eficiência energética.

Na figura 3-1 pode-se, num mapa de cores, observar o consumo de energia primária em toneladas equivalentes de petróleo (tep) em 2013 por distrito, em que a verde escuro estão representados os distritos com mais consumo de energia primária e, a cor clara (ou branca), os distritos com menor consumo de energia primária [8].

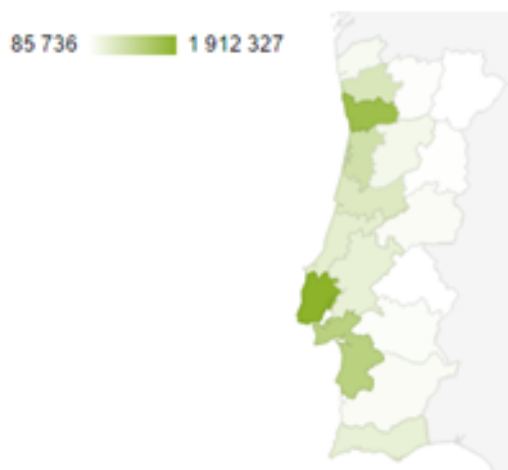


Figura 3-1 - Consumo de energia primária (tep) em 2013 por distrito [8]

Abaixo, segue uma tabela com os valores de consumo de energia primária em tep, para cada distrito, ordenados de forma decrescente. Pode-se observar que os 3 distritos com maior consumo são os de Lisboa, Porto e Setúbal, sendo que os 3 distritos com menor consumo são os de Guarda, Portalegre e Bragança [8].

Tabela 3-1 - Consumo de energia primária em tep por distritos [8]

Consumo de energia primária em tep	Distrito
1 912 327	Lisboa
1 626 226	Porto
1 178 984	Setúbal
825 185	Aveiro
685 375	Braga
613 720	Coimbra
503 075	Leiria
448 103	Faro
447 162	Santarém
263 513	Viseu
215 869	Viana do Castelo
183 898	Beja
180 367	Castelo Branco
141 975	Évora
116 433	Vila Real
101 077	Guarda
94 884	Portalegre
85 736	Bragança

A definição de uma nova Estratégia para a Eficiência Energética tem por objetivo tornar a eficiência energética numa prioridade da política energética, tendo em conta, por um lado, que, até à data, Portugal não possui recursos fósseis endógenos, nem volume suficiente de compras de energia primária para influenciar preços de mercado (price taker) e, por outro, que os incrementos na eficiência energética promovem a proteção ambiental e a segurança energética com uma relação custo -benefício favorável.

A estimativa da poupança induzida pelo PNAEE até 2016 é de 1501 ktep (em energia final), correspondente a uma redução do consumo energético de aproximadamente 8,2%

relativamente à média do consumo verificada no período entre 2001 e 2005, o que se aproxima da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016 [8].

O estabelecimento do horizonte temporal de 2020 para efeitos de acompanhamento e monitorização do impacto estimado no consumo de energia primária permite perspetivar antecipadamente o cumprimento das novas metas assumidas pela UE, de redução de 20% dos consumos de energia primária até 2020, bem como o objetivo geral assumido pelo Governo de redução no consumo de energia primária de 25% e o objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%.

Neste contexto, o PNAEE abrange seis áreas específicas, nomeadamente, Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura, contemplando diversas medidas de promoção da eficiência energética para atingir as metas propostas para 2016 e 2020 [8].

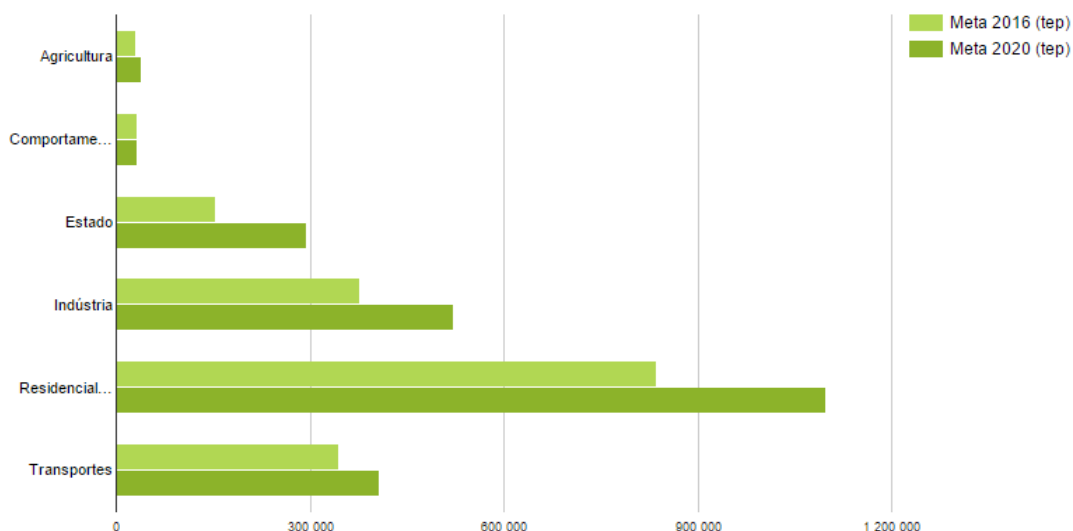


Figura 3-2 - Síntese global dos impactos do PNAEE 2016 [8]

Neste contexto o PNAEE 2016 é essencialmente executado através de medidas regulatórias (e.g. imposição de penalizações sobre equipamentos ineficientes, requisitos mínimos de classe de desempenho energético, obrigatoriedade de etiquetagem energética, obrigatoriedade de realização de auditorias energéticas), mecanismos de diferenciação fiscal (e.g. discriminação positiva em sede de IUC, ISV e ISP) e apoios financeiros provenientes de fundos que disponibilizem verbas para programas de eficiência energética, tais como [8]:

a) Fundo de Eficiência Energética (FEE), criado pelo Decreto -Lei n.º 50/2010, de 20 de maio, e regulamentado pela Portaria n.º 26/2011, de 10 de janeiro, destinado a apoiar especificamente as medidas do PNAEE;

b) PPEC - Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica, promovido pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) na tabela do PNAC;

c) Fundo Português de Carbono (FPC), criado pelo Decreto -Lei n.º 71/2006, de 24 de março, destinado a apoiar, entre outros, projetos que conduzam à redução de emissões de gases com efeito de estufa;

d) Portugal 2020 e outros instrumentos financeiros comunitários.

O papel da Direção Executiva da estrutura de gestão do PNAEE na utilização articulada dos diferentes instrumentos de financiamento referidos assume grande importância, sendo fundamental a adequada coordenação com as respetivas entidades gestoras.

### **3.3. Diretiva 2010/31/UE**

**Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação).**

A presente diretiva define vários dos conceitos referidos neste trabalho, no artigo 2.º - Definições, entre as quais se destacam:

- «Edifício», uma construção coberta, com paredes, na qual é utilizada energia para condicionar o clima interior;
- «Sistema técnico do edifício», o equipamento técnico para o aquecimento, o arrefecimento, a ventilação, a preparação de água quente e a iluminação de um edifício ou de uma fração autónoma, ou para uma combinação destas funções;
- «Desempenho energético de um edifício», a energia calculada ou medida necessária para satisfazer a procura de energia associada à utilização típica do edifício, que inclui, nomeadamente, a energia utilizada para o aquecimento, o arrefecimento, a ventilação, a preparação de água quente e a iluminação;
- «Energia primária», a energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis que não passou por um processo de conversão ou de transformação;
- «Energia proveniente de fontes renováveis», a energia proveniente de fontes não fósseis renováveis, nomeadamente eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e dos oceanos, hídrica, de biomassa, de gases dos aterros, de gases das instalações de tratamento de águas residuais e de biogases;
- «Certificado de desempenho energético», um certificado reconhecido por um Estado-Membro ou por uma pessoa coletiva por ele designada, que indica o resultado do cálculo do desempenho energético do edifício ou de uma fração autónoma segundo uma metodologia aprovada nos termos do artigo 3º;
- «Nível ótimo de rentabilidade», o desempenho energético que leva ao custo mais baixo durante o ciclo de vida económico estimado, em que:

- a) O custo mais baixo é determinado tendo em conta os custos de investimento, de manutenção e de funcionamento relacionados com a energia (incluindo custos e poupanças de energia, a categoria do edifício em causa e as receitas resultantes da energia produzida), quando aplicável, e os custos de eliminação, quando aplicável; e L 153/18 PT Jornal Oficial da União Europeia 18.6.2010
- b) O ciclo de vida económico estimado é determinado pelos Estados-Membros. Diz respeito ao ciclo de vida económico restante estimado de um edifício, se os requisitos de desempenho energético forem fixados para o edifício no seu conjunto; ou ao ciclo de vida económico de um componente, se os requisitos de desempenho energético forem fixados para os componentes do edifício.

O nível ótimo de rentabilidade situa-se dentro dos níveis de desempenho se a análise de custo-benefício calculada em função do ciclo de vida económico estimado for positiva;

- «Sistema de ar condicionado», a combinação dos componentes necessários para fornecer uma forma de tratamento do ar interior, em que a temperatura é controlada ou pode ser baixada;
- «Caldeira», o conjunto formado pelo corpo da caldeira e pelo queimador, destinado a transmitir a fluidos o calor libertado por um processo de queima;
- «Bomba de calor», uma máquina, um dispositivo ou uma instalação que transferem calor dos elementos naturais circundantes, como o ar, a água ou o solo, para os edifícios ou processos industriais invertendo o fluxo de calor natural de forma a que este passe de uma temperatura mais baixa para uma temperatura mais alta. No caso de bombas de calor reversíveis, a transferência de calor pode fazer-se também do edifício para os elementos naturais circundantes;

A partir do Artigo 3º., relativamente à aprovação da metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios, os Estados-Membros aplicam uma metodologia para o cálculo do desempenho energético dos edifícios. Tal metodologia é aprovada a nível nacional ou regional.

É de destacar que o desempenho energético é determinado com base na energia anual calculada ou efetivamente consumida para satisfazer as diferentes necessidades associadas à sua utilização típica e reflete as necessidades de energia de aquecimento e de arrefecimento para manter as condições de temperatura previstas do edifício bem como as necessidades para preparação de AQS.

A metodologia é estabelecida tendo em conta pelo menos os seguintes aspetos:

- a) Características térmicas reais do edifício, incluindo as suas divisórias internas:
- I. capacidade térmica,
  - II. isolamento,
  - III. aquecimento passivo,
  - IV. arrefecimento passivo, e

- V. pontes térmicas;
- b) Instalação de aquecimento e fornecimento de água quente, incluindo as respetivas características de isolamento;
  - c) Instalações de ar condicionado;
  - d) Ventilação natural e mecânica, que pode incluir a estanquidade ao ar da envolvente;
  - e) Instalação fixa de iluminação (em especial no sector não residencial);
  - f) Conceção, posicionamento e orientação dos edifícios, incluindo as condições climáticas exteriores;
  - g) Sistemas solares passivos e proteções solares;
  - h) Condições climáticas interiores, incluindo as de projeto;
  - i) Cargas internas.

A partir do Artigo 6.º, para edifícios novos, os Estados-Membros tomam as medidas necessárias para assegurar que os edifícios novos cumpram os requisitos mínimos de desempenho energético. Relativamente aos edifícios novos, os Estados-Membros asseguram que, antes do início da construção seja estudada e tida em conta a viabilidade técnica ambiental e económica de sistemas alternativos de elevada eficiência tais como os a seguir enumerados, caso estejam disponíveis:

- a) Sistemas descentralizados de fornecimento energético baseados em energias provenientes de fontes renováveis;
- b) Cogeração;
- c) Redes urbanas ou coletivas de aquecimento ou arrefecimento, em especial baseadas total ou parcialmente em energia proveniente de fontes renováveis;
- d) Bombas de calor.

No artigo 9.º, no âmbito dos NZEB, os Estados-Membros asseguram que, o mais tardar em 31 de Dezembro de 2020, todos os edifícios sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia e, após 31 de Dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia.

No artigo 14.º, referente à inspeção dos sistemas de aquecimento, os Estados-Membros estabelecem as medidas necessárias para a realização de inspeções periódicas às partes acessíveis dos sistemas utilizados para o aquecimento de edifícios, nomeadamente o gerador de calor, o sistema de controlo e a bomba ou bombas de circulação, com caldeiras de potência nominal útil, para fins de aquecimento de espaços, superior a 20kW. Deste modo, são estabelecidas frequências de inspeção diferentes em função do tipo e da potência nominal útil do sistema de aquecimento tendo devidamente em conta os custos de inspeção do sistema de aquecimento e as poupanças de energia estimadas suscetíveis de resultar da inspeção.

Os sistemas de aquecimento com caldeiras de potência nominal útil superior a 100 kW devem ser inspecionados pelo menos de 2 em 2 anos e, para as caldeiras a gás, este período pode ser aumentado para 4 anos.

No artigo 15.º, relativamente à inspeção dos sistemas de ar condicionado, os Estados-Membros estabelecem as medidas necessárias para a realização de inspeções periódicas às partes acessíveis dos sistemas de ar condicionado com potência nominal útil superior a 12 kW. As inspeções incluem uma avaliação do rendimento do sistema de ar condicionado e da adequação da sua potência em função dos requisitos de climatização do sistema do edifício. É então estabelecido que as frequências de inspeção são diferentes em função do tipo e da potência nominal útil do sistema, tendo devidamente em conta os custos da inspeção e as poupanças de energia estimadas suscetíveis de resultar da inspeção [46].

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

Este diploma visa assegurar e promover e melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

O presente diploma transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

A partir do artigo 2.º, referente às diversas definições e, para efeitos do SCE, entende-se por:

- a) «Água quente sanitária» ou «AQS», a água potável aquecida em dispositivo próprio, com energia convencional ou renovável, até uma temperatura superior a 45°C, e destinada a banhos, limpezas, cozinha ou fins análogos;
- b) «Alteração relevante de classe energética», a alteração de classe energética que resulte de um desvio superior a 5% face ao valor apurado para o rácio que conduz à determinação da classe energética obtido no decorrer do procedimento de verificação da qualidade;
- c) «Área de cobertura», a área, medida pelo interior, dos elementos opacos da envolvente horizontais ou com inclinação inferior a 60° que separam superiormente o espaço interior útil do exterior ou de espaços não úteis adjacentes;
- d) «Área total de pavimento», o somatório da área de pavimento de todas as zonas térmicas de edifícios ou frações no âmbito do RECS, desde que tenham consumo de energia elétrica ou térmica, registado no contador geral do edifício ou fração, independentemente da sua função e da existência de sistema de climatização, sendo a área medida pelo interior dos elementos que delimitam as zonas térmicas do exterior e entre si;
- e) «Área interior útil de pavimento», o somatório das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis pertencentes ao edifício ou fração em estudo no âmbito do REH. No âmbito do RECS, considera-se o somatório da

- área de pavimento de todas as zonas térmicas do edifício ou fração, desde que tenham consumo de energia elétrica ou térmica, registado no contador, independentemente da sua função e da existência de sistema de climatização, sendo a área medida pelo interior dos elementos que delimitam as zonas térmicas do exterior e entre si;
- f) «Avaliação energética», a avaliação detalhada das condições de exploração de energia de um edifício ou fração, com vista a identificar os diferentes vetores energéticos e a caracterizar os consumos energéticos, podendo incluir, entre outros aspetos, o levantamento das características da envolvente e dos sistemas técnicos, a caracterização dos perfis de utilização e a quantificação, monitorização e a simulação dinâmica dos consumos energéticos;
  - g) «Certificado SCE», o documento com número próprio, emitido por perito qualificado para a certificação energética para um determinado edifício ou fração, caracterizando-o em termos de desempenho energético;
  - h) «Edifício novo», edifício cujo processo de licenciamento ou autorização de edificação tenha data de entrada junto das entidades competentes, determinada pela data de entrada do projeto de arquitetura, posterior à data de entrada em vigor do presente diploma;
  - i) «Indicador de eficiência energética», ou «IEE», o indicador de eficiência energética do edifício, expresso por ano em unidades de energia primária por metro quadrado de área interior útil de pavimento ( $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$ ), distinguindo-se, pelo menos, três tipos: o IEE previsto (IEEpr), o efetivo (IEEef) e o de referência (IEEref);
  - j) «Sistema de climatização», o conjunto de equipamentos coerentemente combinados com vista a satisfazer objetivos da climatização, designadamente, ventilação, aquecimento, arrefecimento, humedificação, desumidificação e filtragem do ar;
  - k) «Sistema de climatização centralizado», o sistema de climatização em que os equipamentos de produção térmica se concentrem numa instalação e num local distintos dos espaços a climatizar, sendo o frio, calor ou humidade transportados por um fluido térmico;
  - l) «Sistema solar térmico», o sistema composto por um coletor capaz de captar a radiação solar e transferir a energia a um fluido interligado a um sistema de acumulação, permitindo a elevação da temperatura da água neste armazenada;
  - m) «Sistema passivo», o sistema construtivo concebido especificamente para reduzir as necessidades energéticas dos edifícios, sem comprometer o conforto térmico dos ocupantes, através do aumento dos ganhos solares, designadamente ganhos solares diretos, paredes de trombe ou estufas, na estação de aquecimento ou através do aumento das perdas térmicas, designadamente ventilação, arrefecimento evaporativo, radiativo ou pelo solo, na estação de arrefecimento;
  - n) «Sistema técnico», o conjunto dos equipamentos associados ao processo de climatização, incluindo o aquecimento, arrefecimento e ventilação natural, mecânica ou híbrida, a preparação de águas quentes sanitárias e a produção de energia

renovável, bem como, nos edifícios de comércio e serviços, os sistemas de iluminação e de gestão de energia, os elevadores e as escadas rolante.

Ao abrigo do artigo 16.º, relativamente aos edifícios com necessidades quase nulas de energia, é referido que são edifícios com necessidades quase nulas de energia os que tenham um elevado desempenho energético e em que a satisfação das necessidades de energia resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas proximidades. Devem ter necessidades quase nulas de energia os edifícios novos licenciados após 31 de dezembro de 2020, ou após 31 de dezembro de 2018 no caso de edifícios novos na propriedade de uma entidade pública e ocupados por uma entidade pública.

Na Secção III, referente aos requisitos específicos, subsecção I, para edifícios novos, artigo 26.º, no âmbito do comportamento técnico é referido que:

1. O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) de um edifício de habitação novo, calculado de acordo com o estabelecido pela DGEG, não pode exceder o valor máximo de energia útil para aquecimento (Ni) determinado em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia.
2. O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) de um edifício de habitação novo, calculado de acordo com o estabelecido pela DGEG, não pode exceder o valor máximo de energia útil para arrefecimento (Nv) definido em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia.
3. O recurso a sistemas passivos que melhorem o desempenho energético do edifício deve ser promovido, e o respetivo contributo considerado no cálculo das necessidades de energia do edifício, com base em normas europeias ou regras definidas pela DGEG.
4. As novas moradias unifamiliares com uma área útil inferior a 50 m<sup>2</sup> estão dispensadas da verificação dos requisitos de comportamento térmico.

No artigo 27.º, relativamente à eficiência dos sistemas técnicos é referido que os sistemas técnicos a instalar nos edifícios de habitação novos para aquecimento ambiente, para arrefecimento ambiente e para preparação de água quente sanitária, devem cumprir os requisitos de eficiência ou outros estabelecidos em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia. Além disto, a instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos edifícios novos é obrigatória sempre que haja exposição solar adequada, de acordo com as seguintes regras:

- a) A energia fornecida pelo sistema solar térmico a instalar tem de ser igual ou superior à obtida com um sistema solar constituído por coletores padrão, com as características que constam em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia e calculado para o número de ocupantes convencional definido pela entidade fiscalizadora responsável do SCE, na razão de um coletor padrão por habitante convencional;

- b) O valor da área total de coletores pode, mediante justificação fundamentada, ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura com exposição solar adequada;
- c) No caso de o sistema solar térmico se destinar adicionalmente à climatização do ambiente interior, deve salvaguardar-se que a contribuição deste sistema seja prioritariamente na preparação de água quente sanitária.

Em alternativa à utilização de sistemas solares térmicos prevista no número anterior, podem ser considerados outros sistemas de aproveitamento de energias renováveis que visem assegurar, numa base anual, a obtenção de energia equivalente ao sistema solar térmico.

A contribuição de sistemas de aproveitamento de energia renovável para o desempenho energético dos edifícios de habitação novos só pode ser contabilizada, para efeitos do presente regulamento, mediante cumprimento do disposto portaria do membro do Governo responsável pela área da energia em termos de requisitos de qualidade dos sistemas, e calculada a respetiva contribuição de acordo com as regras estabelecida para o efeito pela DGEG.

O valor das necessidades nominais anuais de energia primária (Ntc) de um edifício de habitação novo, calculado de acordo com o definido pela DGEG, não pode exceder o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária (Nt) definido em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia [47].

### **3.5. Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro**

O decreto-lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, aprovou o Sistema de certificação energética dos edifícios, o regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação e o regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços, transpondo ainda a diretiva n.º 2013/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

A presente portaria 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.

O valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia primária (Nt) corresponde ao valor das referidas necessidades, admitindo a inexistência de consumos de energia associados à ventilação mecânica e de sistemas de aproveitamento de energias renováveis, incluindo sistemas de energia solar para preparação de águas quentes sanitárias (AQS), considerando de igual modo os valores e condições de referência para os principais parâmetros, em substituição das soluções previstas ou instaladas no edifício e calculando de acordo com a equação 3-1.

$$N_t = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad [\text{kWhEP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})]$$

(Equação 3-1)

em que:

$N_i$  - Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

$N_v$  - Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

$Q_a$  - Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k [kWh/ano]

$f_{i,k}$  - Parcela das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência k

$f_{v,k}$  - Parcela das necessidades de energia de arrefecimento supridas pelo sistema de referência k

$f_{a,k}$  - Parcela das necessidades de energia de preparação de AQS supridas pelo sistema de referência k

$\eta_{ref,k}$  - Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS, conforme indicados na tabela 3-1.

$j$  - Fonte de energia

$A_p$  - Área interior útil de pavimento [m<sup>2</sup>]

$F_{pu,j}$  - Fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, em quilowatt - hora de energia primária por kwh [kWhEP/kWh]

1. O termo da expressão do número anterior referente à preparação de AQS será calculado com base nos valores previstos para o consumo médio diário de referência, e com o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados para o efeito, conforme disposto na tabela 3-2.
2. Para os efeitos do número anterior, o fator de eficiência hídrica ( $f_{eh}$ ) é igual a 1,0.
3. Para efeitos do previsto no número 3) e nas situações em que um ou mais dos sistemas técnicos do edifício não se enquadrem nas soluções de referência especificadas na tabela 3-2, o cálculo do  $N_t$  deverá considerar as respetivas soluções com a expressão “outros sistemas”.

As soluções de referência a considerar na determinação de  $N_t$  são, então:

- Sistemas de aquecimento ambiente:

- O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na tabela 3-11 a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível.
- O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na tabela 3-5, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado.
- Um valor de eficiência igual a 1, no caso de o edifício prever ou dispor de “outros sistemas” com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).
- Sistemas para arrefecimento ambiente:
  - O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na tabela 3-5, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado.
  - Um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar e com um valor de eficiência igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na tabela 3-5 e no caso de “outros sistemas” que não se enquadrem na situação anterior, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).
- Preparação de AQS:
  - O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe indicada na tabela 3-11 referente a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso.
  - Um valor de coeficiente de desempenho (COP) igual a 2,8, no caso de o edifício prever ou dispor de sistemas com produção térmica por bomba(s) de calor.
  - Um valor de eficiência igual a 0,95, no caso de o edifício prever ou dispor de outros sistemas com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício não disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso.
  - Existência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição de AQS.

## 1. Sistemas técnicos

### 1.1. Requisitos gerais

Independentemente do tipo, os sistemas técnicos a instalar devem cumprir os seguintes requisitos e condições:

- a) As instalações de climatização com potência térmica nominal superior a 25 kW devem ser objeto de elaboração de projeto de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), por projetista reconhecido para o efeito, de acordo com especificações previstas para projeto de execução, conforme disposto no artigo 44º da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho.
- b) As redes de transporte e distribuição de fluidos térmicos, incluindo os sistemas de acumulação, em sistemas de climatização e/ou de preparação de AQS, devem cumprir com os requisitos de conceção aplicáveis definidos nas tabelas 3-2 a 3-4.

Tabela 3-2 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm)

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

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

Tabela 3-3 - Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios

	Condutas e acessórios	
	Ar quente	Ar frio
Espessura (mm)	20	30

Tabela 3-4 - Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos

	Equipamentos (1) e depósitos de acumulação ou de inércia dos sistemas de climatização e AQS	
	Superfície ≤ 2m <sup>2</sup>	Superfície > 2 m <sup>2</sup>
Espessura (mm)	50	80

## 1.2. Requisitos de eficiência

Aos sistemas técnicos a instalar aplicam-se os requisitos de eficiência a seguir indicados:

- a) Os sistemas de ar condicionado, bombas de calor com ciclo reversível e chillers de arrefecimento, devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na tabela 3-5, em função da sua classificação pela certificação Eurovent;

Tabela 3-5 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	Entrada em vigor	31 dez 2015
Split, multi split, VRF e compacto	C	B
Unidades do tipo Rooftop		
Unidades do tipo Chiller de compressão (Bomba de calor)		

- b) No caso dos sistemas referidos na alínea anterior que não se enquadrem na respetiva categoria Eurovent, mas cujo desempenho tenha sido avaliado pelo mesmo referencial normativo, aplica-se o requisito equivalente, em termos de EER e COP, tendo por base o menor valor do intervalo previsto na respetiva matriz de classificação indicada nas tabelas 3-6 a 3-9;

Tabela 3-6 - Classificação do desempenho de unidades split, multi split, VRF e compactas, com permuta ar-ar

Classe	Unidades com permuta exterior a ar			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades split, multi split e VRF	Unidades compactas	Unidades split, multi split e VRF	Unidades compactas
A	EER > 3,20	EER > 3,00	COP > 3,60	COP > 3,40
B	3,20 ≥ EER > 3,00	3,00 ≥ EER > 2,80	3,60 ≥ COP > 3,40	3,40 ≥ COP > 3,20
C	3,00 ≥ EER > 2,80	2,80 ≥ EER > 2,60	3,40 ≥ COP > 3,20	3,20 ≥ COP > 3,00
D	2,80 ≥ EER > 2,60	2,80 ≥ EER > 2,60	3,20 ≥ COP > 2,80	3,00 ≥ COP > 2,60
E	2,60 ≥ EER > 2,40	2,40 ≥ EER > 2,20	2,80 ≥ COP > 2,60	2,60 ≥ COP > 2,40
F	2,40 ≥ EER > 2,20	2,20 ≥ EER > 2,00	2,60 ≥ COP > 2,40	2,40 ≥ COP > 2,20
G	EER ≤ 2,20	EER ≤ 2,20	COP ≤ 2,40	COP ≤ 2,20

Tabela 3-7 - Classificação do desempenho de unidades split, multi split e compactas, com permuta ar-água

Classe	Unidades com permuta exterior a água			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades split e multi split	Unidades compactas	Unidades split e multi split	Unidades compactas
A	EER > 3,60	EER > 4,40	COP > 4,00	COP > 4,70
B	3,60 ≥ EER > 3,30	4,40 ≥ EER > 4,10	4,00 ≥ COP > 3,70	4,70 ≥ COP > 4,40
C	3,30 ≥ EER > 3,10	4,10 ≥ EER > 3,80	3,70 ≥ COP > 3,40	4,40 ≥ COP > 4,10
D	3,10 ≥ EER > 2,80	3,80 ≥ EER > 3,50	3,40 ≥ COP > 3,10	4,10 ≥ COP > 3,80
E	2,80 ≥ EER > 2,50	3,50 ≥ EER > 3,20	3,10 ≥ COP > 2,80	3,80 ≥ COP > 3,50
F	2,50 ≥ EER > 2,20	3,20 ≥ EER > 2,90	2,80 ≥ COP > 2,50	3,50 ≥ COP > 3,20
G	EER ≤ 2,20	EER ≤ 2,90	COP ≤ 2,50	COP ≤ 3,20

Tabela 3-8 - Classificação do desempenho de unidades do tipo Rooftop

Classe	Unidades com permuta exterior a ar		Unidades com permuta exterior a água	
	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento
A	EER > 3,00	EER > 3,40	COP > 4,40	COP > 4,70
B	3,00 ≥ EER > 2,80	3,40 ≥ EER > 3,20	4,40 ≥ COP > 4,10	4,70 ≥ COP > 4,40
C	2,80 ≥ EER > 2,60	3,20 ≥ EER > 3,00	4,10 ≥ COP > 3,80	4,40 ≥ COP > 4,10
D	2,60 ≥ EER > 2,40	3,00 ≥ EER > 2,60	3,80 ≥ COP > 3,50	4,10 ≥ COP > 3,80
E	2,40 ≥ EER > 2,20	2,60 ≥ EER > 2,40	3,50 ≥ COP > 3,20	3,80 ≥ COP > 3,50
F	2,20 ≥ EER > 2,00	2,40 ≥ EER > 2,20	3,20 ≥ COP > 2,90	3,50 ≥ COP > 3,20
G	EER ≤ 2,00	EER ≤ 2,20	COP ≤ 2,90	COP ≤ 3,20

Tabela 3-9 - Classificação do desempenho de unidades do tipo chiller bomba de calor de compressão

Classe	Unidades com permuta exterior a ar		Unidades com permuta exterior a água	
	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento
A	EER > 3,10	EER > 3,20	COP > 5,05	COP > 4,45
B	3,10 ≥ EER > 2,90	3,20 ≥ EER > 3,20	5,05 ≥ COP > 4,65	4,45 ≥ COP > 4,15
C	2,90 ≥ EER > 2,70	3,00 ≥ EER > 2,80	4,65 ≥ COP > 4,25	4,15 ≥ COP > 3,85
D	2,70 ≥ EER > 2,50	2,80 ≥ EER > 2,60	4,25 ≥ COP > 3,85	3,85 ≥ COP > 3,55
E	2,50 ≥ EER > 2,30	2,60 ≥ EER > 2,40	3,85 ≥ COP > 3,45	3,55 ≥ COP > 3,25
F	2,30 ≥ EER > 2,10	2,40 ≥ EER > 2,20	3,45 ≥ COP > 3,05	3,25 ≥ COP > 2,95
G	EER ≤ 2,10	EER ≤ 2,20	COP ≤ 3,05	COP ≤ 2,95

- c) As caldeiras a combustível líquido ou gasoso devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na tabela 3-10, na forma de classe de eficiência, e apresentam rendimentos nominais como de acordo com a tabela 3-11.

Tabela 3-10 - Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	Entrada em vigor	31 dez 2015
Caldeira	B	A

(1)- Classe A, caso as temperaturas de funcionamento da instalação não permitam o aproveitamento da energia libertada pela condensação dos gases de combustão.

Tabela 3-11 - Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores

Caldeiras	Classe de eficiência energética	Rendimento nominal ( $\eta$ )
	A++ (1)	$\eta \geq 96\%$
	A+ (2)	$96\% \geq \eta > 92\%$
	A	$92\% \geq \eta > 89\%$
	B	$89\% \geq \eta > 86\%$
	C	$86\% \geq \eta > 83\%$
	D	$83\% \geq \eta > 80\%$
	E	$80\% \geq \eta > 77\%$
	F	$\eta \leq 77\%$
Esquentadores	Potência (kW)	Rendimento
	$\leq 10\text{kW}$	$\geq 0,82$
	$> 10\text{ kW}$	$\geq 0,84$

(1) A temperatura de retorno deverá ser inferior a 50°C (caldeiras a gás) ou 45°C (caldeiras a gásóleo).

(2) A temperatura média da água na caldeira deverá ser inferior a 60°C.

Nota 1: As classes C a F correspondem a aparelhos fabricados antes de 1996.

Nota 2: As caldeiras de potência útil superior a 400 kW deverão evidenciar um rendimento útil superior ou igual ao exigido para aquela potência.

- d) As bombas de calor para preparação de água quente destinada a climatização e AQS, devem apresentar o certificado “European Quality Label for Heat Pumps”, ou, em alternativa, o seu desempenho ter sido avaliado pelo mesmo referencial normativo, EN 14511, tendo um COP mínimo de 2,3;
- e) As bombas de calor para produção exclusiva de AQS, devem ter um desempenho, determinado de acordo com a EN 16147, caracterizado por um COP mínimo de 2,3;

- f) Os sistemas de preparação de AQS com recursos a termoacumuladores elétricos devem cumprir com o requisito indicado na tabela 3-12 ou outro equivalente previsto em diretivas europeias aplicáveis, e a sua eficiência deve ser obtida em função das perdas estáticas do equipamento  $Q_{pr}$ , definida segundo a EN 60739 ou outro referencial equivalente publicado em legislação ou normalização europeia, sendo determinada de acordo com a tabela 3-13. A partir das perdas estáticas tem-se acesso à eficiência do termoacumulador a partir da tabela 3-13.

Tabela 3-12 - Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores  $Q_{pr}$ , [kWh/24h]

Volume V [l]	Dispersão Térmica $Q_{pr}$ [kWh/24h]
$V \leq 200$ l	$Q_{pr} \leq (21 + 10,33.V^{0,4}).24/1000$
$200 < V \leq 500$ l	$Q_{pr} \leq (26 + 13,66.V^{0,4}).24/1000$
$500 < V \leq 1000$ l	$Q_{pr} \leq (31 + 16,66.V^{0,4}).24/1000$
$1000 < V \leq 2000$ l	$Q_{pr} \leq (38 + 16,66.V^{0,4}).24/1000$

Tabela 3-13 - Valores de eficiência de termoacumuladores em função de  $Q_{pr}$

Intervalos de $Q_{pr}$ [kWh/24h]	Eficiência
$Q_{pr} < 1$	0,97
$1 \leq Q_{pr} < 1,5$	0,95
$Q_{pr} \geq 1,5$	0,93

- g) Os ensaios relativos à avaliação de desempenho pelo referencial normativo aplicável, referidos nas alíneas a), b), e) e f) devem ser realizados por entidade acreditada para o efeito e comprovados pelo respetivo relatório de ensaio.

## 2. Sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis

### 2.1. Requisitos de eficiência

Os sistemas de coletores solares térmicos a instalar devem proporcionar uma contribuição de energia renovável igual ou superior à calculada para um sistema idêntico ao previsto ou instalado, baseado em coletores solares padrão com as seguintes características:

- a) Orientação a Sul e com inclinação de 35°;
- b) Apresentação dos seguintes parâmetros geométricos, óticos e térmicos:
  - i. Planos com área de abertura de 0,65 m<sup>2</sup> por ocupante convencional;
  - ii. Rendimento ótico de 73%;
  - iii. Coeficientes de perdas térmicas  $a_1=4,12$  W/(m<sup>2</sup>.K) e  $a_2=0,014$  W/(m<sup>2</sup>.K<sup>2</sup>);
  - iv. Modificador de ângulo para incidência de 50° igual a 0,91.

As caldeiras, recuperadores de calor e salamandras que utilizem biomassa como combustível sólido devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na tabela 3-14, determinada mediante ensaio de acordo com a respetiva referência normativa.

Tabela 3-14 - Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa

Equipamento		Eficiência	Norma/Referência aplicável
Caldeira a combustível sólido	Lenha	≥ 0,75	EN12809
	Granulados	≥ 0,85	
Recuperadores de calor e salamandras		≥ 0,75	EN13229 EN13240 EN14785

## 2.2. Requisitos de qualidade e manutenção

1. As instalações para aproveitamento de energia solar térmica a instalar devem:
  - a) Ser composta por sistemas e/ou coletores certificados de acordo com as Normas EN 12976 ou 12975, respetivamente;
  - b) No caso de instalações com área de captação superior a 20 m<sup>2</sup>, dispor de projeto de execução elaborado de acordo com o especificado na referida Portaria nº 701-H/2008, de 29 de julho;
  - c) No caso dos sistemas solares dotados de resistência de apoio elétrico dentro do depósito de armazenamento, incluir a instalação de um relógio programável e acessível, para atuação da resistência de forma que, durante o dia, o depósito possa receber energia proveniente do coletor solar.
2. Independentemente do tipo de sistema para aproveitamento de fontes de energia renováveis a instalar, estes devem:
  - a) Respeitar os demais requisitos de projeto e de qualidade dos equipamentos e componentes aplicáveis no âmbito da legislação, regulamentação e normas portuguesas em vigor;
  - b) Ser instalados por instalador devidamente qualificado no âmbito de sistemas de qualificação ou acreditação aplicáveis, sempre que a sua aplicação decorra de:
    - i. Diretiva Europeia ou legislação nacional em vigor;
    - ii. Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia.
  - c) Registo da instalação e manutenção em base de dados criada e gerida pela entidade gestora do SCE, em condições a definir por Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia [48].

### **3.6. Portaria n.º 349-C/2013**

A presente portaria estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação.

O projeto de comportamento térmico deve evidenciar o cumprimento do REH e apresentar as justificações para as opções tomadas no cálculo pelo técnico autor do projeto e deve conter, entre outros, os seguintes elementos [49]:

- a) Localização do edifício e caracterização do meio urbano onde se insere;
- b) Descrição do edifício e frações que o constituem;
- c) Caracterização de soluções construtivas que constituem o edifício em estudo, bem como de todos os elementos que condicionam o comportamento térmico do edifício;
- d) Caracterização dos sistemas de aquecimento, arrefecimento e ventilação previstos para o edifício;
- e) Caracterização dos sistemas de preparação de AQS previstos para o edifício;
- f) Caracterização dos sistemas que recorrem a energias renováveis previstos para o edifício;

### **3.7. Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013**

Nos termos e para os efeitos do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto e respetiva regulamentação, o presente despacho procede à publicação dos fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária.

1. Os fatores de conversão entre energia final e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária de edifícios de habitação e do indicador de eficiência energética (IEE) de edifícios de serviços são:
  - a)  $F_{pu} = 2,5 \text{ kWhEP/kWh}$  para eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);
  - b)  $F_{pu} = 1 \text{ kWhEP/kWh}$  para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis.
2. No caso de energia térmica de origem renovável, o fator  $F_{pu}$  toma o valor de 1 kWh<sub>EP</sub>/kWh.
3. Na determinação das emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao consumo de energia nos edifícios, os fatores de conversão de energia primária para emissões de CO<sub>2</sub> são, de acordo com a tabela 3-15.

Tabela 3-15 - Fontes de energia e respetivos fatores de conversão

Fonte de energia	Fator de conversão [kgCO <sub>2</sub> /kWh]
Eletricidade	0,144
Gasóleo	0,267
Gás natural	0,202
GPL canalizador (propano)	0,170
GPL garrafas	
Renovável	0,0

4. Os fatores de conversão anteriormente indicados, poderão ser periodicamente atualizados ou complementados por despacho do diretor-geral de Energia e Geologia [50].

### 3.8. Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013

Nos termos e para os efeitos do Decreto -Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto e respetiva regulamentação, o presente despacho procede à publicação das regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema.

#### 1. Sistemas solares térmicos

A energia produzida pelo sistema solar térmico, deve ser determinada com recurso à versão em vigor do programa Solterm do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) ou outra ferramenta que utilize metodologia de cálculo equivalente que permita, quando aplicável, quantificar essa energia para diversos usos, devidamente validada por entidade competente designada para o efeito pelo ministério responsável pela área da energia.

#### 2. Biomassa

A contribuição de um sistema de queima de biomassa sólida, quando utilizado para climatização, é determinada pela equação 3-2:

$$E_{ren} = \left( \frac{N_{ic} \cdot A_p}{\eta_k} \right) \cdot f_{i,k} \quad [\text{kWh/ano}] \text{ (Equação 3-2)}$$

em que:

$f_{i,k}$  - Parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pelo(s) sistema(s) a biomassa;

$\eta_k$  - Eficiência do sistema a biomassa;

$A_p$  - Área interior útil de pavimento, [m<sup>2</sup>];

$N_{ic}$  - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, [kWh/m<sup>2</sup>.ano].

Para efeitos do número anterior, a parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pelo sistema a biomassa  $f_{i,k}$ , deve ser estimada em função da área dos compartimentos servidos pelo sistema a biomassa e da área interior útil de pavimento, conforme a equação 3-3:

$$f_{i,k} = \frac{A_s}{A_p} \quad \text{(Equação 3-3)}$$

em que:

$A_s$  - Área dos compartimentos servidos pelo sistema a biomassa, [m<sup>2</sup>];

$A_p$  - Área interior útil de pavimento, [m<sup>2</sup>].

- Quando utilizado para águas quentes sanitárias (AQS), a contribuição de um sistema de queima a biomassa sólida é determinada pela equação 3-4:

$$E_{ren} = \left( \frac{Q_a}{\eta_k} \right) f_{a,k} \quad \text{[kWh/ano] (Equação 3-4)}$$

em que:

$f_{a,k}$  - Parcela das necessidades de energia para AQS supridas pelo sistema a biomassa;

$\eta_k$  - Eficiência do sistema a biomassa;

$Q_a$  - Necessidades de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano]

- No caso de sistemas com dupla função (AQS e aquecimento ambiente), a contribuição de um sistema de queima de biomassa sólida, é função da localização da instalação do equipamento, conforme a equação 3-5:

$$E_{ren} = \left( \frac{N_{ic} A_p}{\eta_k} \right) f_{i,k} + \frac{Q_a}{\eta_k} f_{a,k} \cdot f_{r,a} \quad \text{(Equação 3-5)}$$

em que:

$f_{r,a}$  - Toma o valor de 1, exceto quando o sistema for instalado num espaço interior útil do edifício ou fração e condiciona o ambiente do mesmo, tomando, nesses casos, o valor de  $M/12$ , em que  $M$  é a duração da estação de aquecimento em meses [51].

### 3.9. Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013

Nos termos e para os efeitos do Decreto -Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto e respetiva regulamentação, o presente despacho procede à publicação das 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.

#### 1. Necessidades nominais de energia primária

##### 1.1. Expressão geral e forma de cálculo

- 1) Para efeitos do presente despacho, as necessidades nominais de energia primária de um edifício de habitação resultam da soma das necessidades nominais específicas de energia primária relacionadas com os  $n$  usos: aquecimento ( $N_{ic}$ ), arrefecimento ( $N_{vc}$ ), produção de AQS ( $Q_a/A_p$ ) e ventilação mecânica ( $W_{vm}/A_p$ ), deduzidas de eventuais contribuições de fontes de energia renovável ( $E_{ren,p}/A_p$ ) e de acordo com a equação 3-6.

$$N_{tc} = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad [\text{kWhEP/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (\text{Equação 3-6})$$

em que:

$N_{ic}$  - Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema  $k$  [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

$f_{i,k}$  - Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema  $k$

$N_{vc}$  - Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema  $k$  [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

$f_{v,k}$  - Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema  $k$

$Q_a$  - Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema  $k$  [kWh/ano]

$f_{a,k}$  - Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema  $k$

$\eta_k$  - Eficiência do sistema  $k$ , que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima.

$j$  - Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável

$p$  - Fontes de origem renovável

$E_{ren,p}$  - Energia produzida a partir de fontes de origem renovável  $p$ , [kWh/ano], incluindo apenas energia consumida

$W_{vm,j}$  - Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano]

$A_p$  - Área interior útil de pavimento [m<sup>2</sup>]

$F_{pu,j}$  e  $F_{pu,p}$  - Fator de conversão de energia útil para energia primária, [kWhEP/kWh]

$\delta$  - Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento, em que pode tomar o valor 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

## 1.2. Eficiência de sistemas técnicos

- 1) A eficiência nominal de conversão em energia útil do sistema convencional deve corresponder ao valor da eficiência nominal do equipamento de produção especificado na fase de projeto, ou eventualmente instalado após a fase de construção, incluindo os edifícios existentes.
- 2) No caso de sistemas que não se encontrem especificados em projeto ou instalados, devem ser consideradas as soluções por defeito aplicáveis e indicadas na tabela 3-1 da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro, para os diferentes tipos de sistema.
- 3) Se todos os principais compartimentos do edifício, designadamente salas, quartos e similares, excluindo cozinhas, casas de banho e outros compartimentos de serviço, forem servidos por um único sistema de climatização, considera-se, para efeitos do cálculo de  $N_{tc}$ , a eficiência do respetivo equipamento de produção e que toda a fração se encontra climatizada.
- 4) Nos casos de dois ou mais dos principais compartimentos do edifícios serem servidos por diferentes sistemas de climatização considera-se, para efeitos do cálculo de  $N_{tc}$ , a eficiência do equipamento de produção de cada sistema afeto na proporção da área interior útil do compartimento que este serve.
- 5) A distribuição indicada no disposto no número anterior aplica-se de igual modo a compartimentos principais não climatizados, considerando-se, para esse efeito e para esses compartimentos, as soluções de referência aplicáveis e indicadas na tabela referida no número 2.
- 6) Na ausência de especificação ou de evidência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição do sistema de AQS que assegure garantir uma resistência térmica de, pelo menos 0,25 m<sup>2</sup>.°C/W, a eficiência de conversão em energia útil do equipamento de preparação de AQS deve ser multiplicada por 0,9.
- 7) Para outros sistemas de preparação de AQS não convencionais a instalar em novos edifícios, nomeadamente sistemas centralizados comuns a várias frações autónomas de um mesmo edifício e recurso a redes urbanas de aquecimento, a eficiência deve ser calculada e demonstrada caso a caso pelo projetista [52]

### 3.10. Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013

Nos termos e para efeitos do Decreto -Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto e respetiva regulamentação, o presente despacho procede à publicação das regras de determinação da classe energética.

- 1) No caso de pré-certificados e certificados SCE de edifícios de habitação, a classe energética é determinada através do rácio de classe energética (R<sub>Nt</sub>):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (\text{Equação 3-7})$$

Onde N<sub>tc</sub> corresponde ao valor das necessidades nominais anuais de energia primária e N<sub>t</sub> corresponde ao valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária, ambos calculados de acordo com

o disposto no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação.

- 2) A escala de classificação energética dos edifícios ou frações autónomas de edifícios referidos no ponto anterior será composta por 8 classes, correspondendo a cada classe um intervalo de valores de R<sub>Nt</sub>, de acordo com o apresentado na tabela 3-16, arredondados a duas casas decimais [53].

Tabela 3-16 - Intervalos de valor de R<sub>Nt</sub> para a determinação da classe energética em pré certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação

Classe Energética	Valor de R <sub>Nt</sub>
A+	R <sub>Nt</sub> ≤ 0,25
A	0,26 ≤ R <sub>Nt</sub> ≤ 0,50
B	0,51 ≤ R <sub>Nt</sub> ≤ 0,75
B-	0,76 ≤ R <sub>Nt</sub> ≤ 1,00
C	1,01 ≤ R <sub>Nt</sub> ≤ 1,50
D	1,51 ≤ R <sub>Nt</sub> ≤ 2,00
E	2,01 ≤ R <sub>Nt</sub> ≤ 2,50
F	R <sub>Nt</sub> ≥ 2,51

### 3.11. Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013

Nos termos e para efeitos do Decreto -Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto e respetiva regulamentação, o presente despacho procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.

Metodologia de apuramento da viabilidade económica:

- 1) As medidas de eficiência energética no âmbito do artigo único, as quais se encontram condicionadas à viabilidade económica, são de implementação obrigatória quando o respetivo estudo demonstre que:
  - a) Não existem evidentes constrangimentos ou limitações técnicas, legais ou administrativas à instalação;
  - b) O período de retorno simples (PRS) seja igual ou inferior a 8 anos.
  
- 2) O PRS é dado pela expressão  $PRS = C/P$ , observando as seguintes disposições:
  - a) O valor de (C) corresponde à totalidade dos custos de investimento;
  - b) O valor de (P) corresponde à poupança anual resultante da aplicação da medida em estudo, sendo determinado com base em simulações anuais, detalhadas do funcionamento do edifício e seus sistemas técnicos ou por cálculo anual simples;
  - c) Custos de energia constantes e iguais aos do momento de investimento;
  - d) Não são considerados os custos financeiros, nem efeitos da inflação [54].

### 3.12. Síntese

A partir da leitura e análise dos diversos artigos de natureza legislativa bem como do plano nacional de ação para a eficiência energética, foi possível retirar diversas informações cruciais à realização deste trabalho.

Relativamente ao PNAEE, este plano expõe todas as metas e objetivos que se esperam alcançar até ao ano 2020, no âmbito da eficiência energética, a nível nacional.

A partir da Diretiva 2010/31/UE e do Decreto-Lei n.º 118/2013, foi possível adquirir algumas definições de termos utilizados neste trabalho, de maneira a definir de forma clara e precisa o assunto em questão.

Na Portaria n.º 349-B/2013 foi possível obter informações acerca dos valores máximos de necessidades energéticas para os edifícios de habitação novos como também as soluções de referência de sistemas a considerar na determinação do Nt. Tais soluções de referência foram usadas como sistema padrão neste trabalho e são definidas em detalhe no subcapítulo 4.3.1, sob o nome Sistema Padrão S1. Além destas informações cruciais, foi ainda possível obter, a partir da Portaria referida, os requisitos mínimos de eficiência de vários sistemas e respetivas classificações de desempenho.

Do Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013 é de salientar os fatores de conversão para cada fonte de energia, expressos em  $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ , os quais serão bastante úteis para os cálculos de emissões de dióxido de carbono no presente trabalho.

Do Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013 é de realçar as referências às necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento com respetivas expressões gerais e formas de cálculo. Além disto são ainda referenciados diversos pontos relativos à eficiência de sistemas técnicos.

No Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013 é referida a forma de cálculo do rácio de classe energética,  $R_{Ne}$ , e são ainda referenciados os intervalos deste valor para a determinação da classe energética. Tais cálculos serão utilizados para cada sistema de forma a fazer uma análise comparativa de desempenho.

Do Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013 é de referenciar a metodologia de apuramento da viabilidade económica, nomeadamente o cálculo do período de retorno simples, PRS.

# Capítulo 4 - Descrição do caso de estudo

## 4.1. Introdução

O caso de estudo utilizado para este trabalho foi uma habitação unifamiliar isolada de tipologia T3 (2 quartos e 1 escritório) a ser edificada na freguesia da Covilhã e Canhoso, concelho da Covilhã. É de referenciar que a moradia se encontra no âmbito do REH. Neste capítulo é introduzida a descrição detalhada do edifício bem como os parâmetros relativos ao seu comportamento térmico e as várias variantes de sistemas técnicos a analisar. Além disto são ainda consideradas as condicionantes e premissas do estudo como: necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e AQS e necessidades nominais globais de energia primária. Finalmente, são testados e analisados os diferentes indicadores de desempenho, nomeadamente classificação energética, taxa de emissão de CO<sub>2</sub>, custo de instalação dos sistemas técnicos e fatura energética mensal.

Nas figuras 4-1 a 4-3 é possível observar as plantas dos diferentes pisos e cobertura da habitação em estudo.

Além das informações presentes neste capítulo, os pormenores da memória descritiva bem como as peças desenhadas, encontram-se nos Anexos A e B deste trabalho.

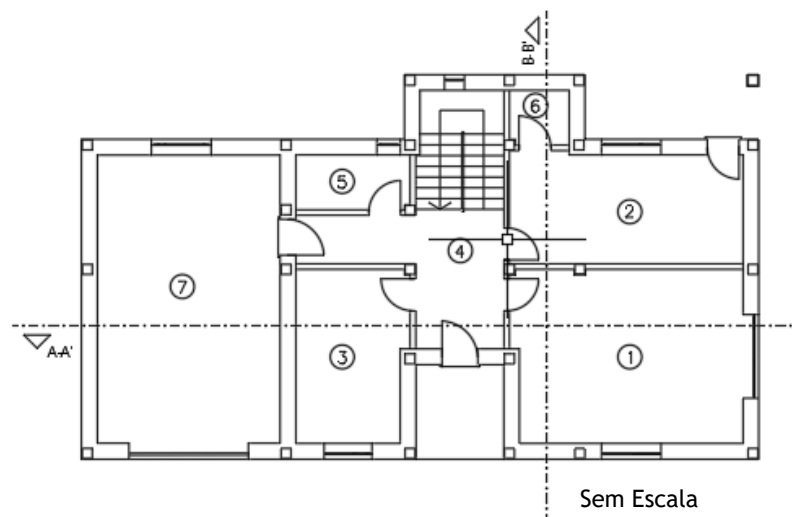


Figura 4-1 - Planta do piso 0 da habitação em estudo

Relativamente ao piso 0, tem-se a seguinte legenda e distribuição de área:

- 1- Sala de estar (25,05 m<sup>2</sup>);
- 2- Cozinha (16,23 m<sup>2</sup>);
- 3- Escritório (11,96 m<sup>2</sup>);
- 4- Circulações (17,91 m<sup>2</sup>);
- 5- Instalações sanitárias (3,94 m<sup>2</sup>);
- 6- Despensa (2,04 m<sup>2</sup>);
- 7- Garagem (33,29 m<sup>2</sup>).

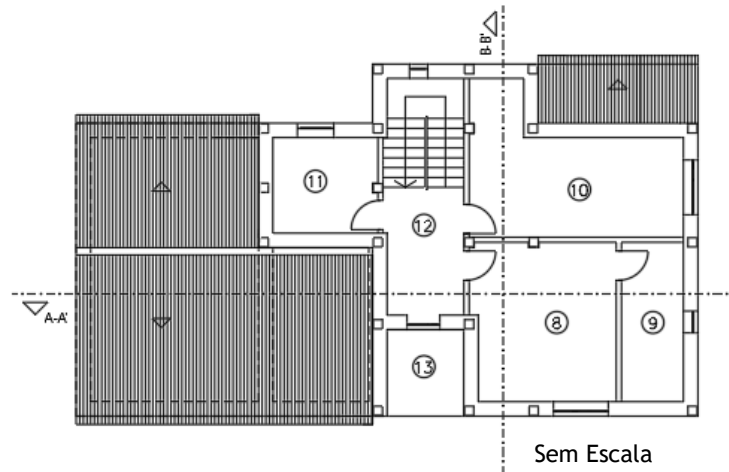


Figura 4-2 - Planta do piso 1 da habitação em estudo

Relativamente ao piso 1, tem-se a seguinte legenda e distribuição de área:

- 8- Quarto (17,00 m<sup>2</sup>);
- 9- Vestiário (7,44 m<sup>2</sup>);
- 10- Quarto (18,47 m<sup>2</sup>);
- 11- Instalações sanitárias (7,51 m<sup>2</sup>);
- 12- Circulações (13,98 m<sup>2</sup>);
- 13- Varanda (5,00 m<sup>2</sup>).

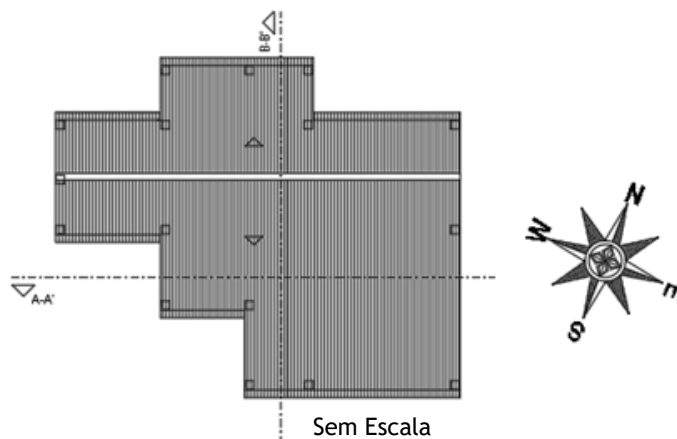


Figura 4-3 - Planta da cobertura da habitação em estudo

## **4.2. Descrição do edifício e parâmetros térmicos**

O edifício em estudo neste trabalho consiste numa moradia unifamiliar isolada de tipologia T3, a edificar com área útil de 141,53 m<sup>2</sup> e pé-direito médio de 2,87 m, com dois pisos acima da cota da soleira e uma garagem exterior à fração. O rés-do-chão inclui a sala, cozinha, despensa, escritório e uma I.S., circulações interiores e caixa de escadas com acesso ao 1º andar. O 1º andar inclui dois quartos, um vestiário, uma I.S. e circulações interiores. O edifício localiza-se no concelho da Covilhã, freguesia da Covilhã e Canhoso, a uma altitude de 505 m, estando portanto numa zona climática I2-V3, de acordo com o despacho (extrato) n.º 15793-E/2013 e o despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, ambos mencionados no capítulo 3 deste trabalho. Não existem obstruções significativas aos ganhos solares em toda a envolvente. A Inércia térmica é forte (despacho- extrato- n.º 15793-E/2013) e as soluções de isolamento térmico incluem, em todas as fachadas, paredes duplas de alvenaria de tijolo com isolante ocupando parcialmente a caixa-de-ar.

### **4.2.1. Área útil e pé-direito médio**

A área útil da fração autónoma inclui todos os compartimentos, circulações interiores, instalações sanitárias e arrumos interiores. O pé-direito corresponde ao valor ponderado em função da área de cada compartimento.

As medições efetuadas permitiram concluir que a fração autónoma apresenta uma área útil ( $A_p$ ) de 141,53 m<sup>2</sup> e um pé-direito médio ponderado ( $P_d$ ) de 2,87 m, conforme se apresenta no Anexo II.

### **4.2.2. Condições de referência de conforto térmico**

O Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), aprovado pelo Dec. Lei 118/2013 de 20 de agosto, fixa uma taxa mínima de renovação do ar de 0,4 renovações por hora para garantia da qualidade do ar interior e considera as seguintes condições interiores de conforto de referência: para a estação de aquecimento (inverno) estabelece uma temperatura do ar de 18 °C e para a estação de arrefecimento (verão) estabelece uma temperatura do ar de 25 °C.

### **4.2.3. Classe de inércia forte**

A fração autónoma possui uma classe de inércia térmica FORTE.

#### **4.2.4. Parâmetros térmicos do sistema convencional de produção de AQS**

O sistema de apoio convencional para AQS previsto em projeto é constituído por um esquentador termostático a gás natural com eficiência de 0,92.

A tubagem de distribuição de AQS terá isolante térmico em espuma elastomérica à base de borracha sintética com resistência térmica de pelo menos  $0,25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ .

#### **4.2.5. Parâmetros térmicos do sistema de climatização**

Para arrefecimento não está previsto em projeto qualquer equipamento.

Para aquecimento está prevista a instalação de uma caldeira a biomassa com uma eficiência de conversão de 0,9. A potência da caldeira prevista será inferior a 25 kW.

### **4.3. Variantes dos sistemas técnicos a analisar**

Neste subcapítulo serão definidos 12 sistemas diferentes, com variações nos equipamentos usados para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS. Para cada equipamento definido, é especificada a fonte de energia associada, eficiência nominal, fração servida, potência e preços com IVA.

As tabelas de cálculo da introdução de valores encontram-se no Anexo C, para o exemplo do Sistema Padrão S1. Além disto, é ainda possível ter acesso aos indicadores energéticos, indicadores de desempenho e dados climáticos, no Anexo D.

As folhas de cálculo relativas à análise económica da medida padrão, bem como de medidas de melhoria (com o exemplo da medida do sistema S2), encontram-se no Anexo E.

#### **4.3.1. Sistema padrão S1**

Como método comparativo, será estabelecido um sistema padrão de sistemas técnicos para aquecimento, arrefecimento e AQS. Este sistema determinará todas as razões de comparação para com os sistemas que serão estudados nas subsecções seguintes.

Para tal, em situações em que os sistemas técnicos não se encontrem especificados em projeto ou instalados, devem ser consideradas as soluções de referência aplicáveis e indicadas na tabela 3-1 da Portaria n.º349-B/2013 de 29 de Novembro, para os diferentes sistemas.

Os valores indicados na referida tabela correspondem às seguintes situações:

- a) Sistema para aquecimento ambiente: Considera-se um valor de eficiência igual a 1. Mesmo não sendo referido o tipo de sistema mas de acordo com a indicação da ADENE, assume-se que será qualquer sistema com resistências elétricas.
- b) Sistema para arrefecimento ambiente: Considera-se um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar e com um valor de eficiência igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na tabela 3-6 da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro, a que corresponde um EER de 2,8 após entrada em vigor do REH e um valor de EER de 3,0 a partir de 31 de dezembro de 2015.
- c) Sistema de preparação de AQS: Nas situações em que o edifício disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso, considera-se o valor de eficiência da unidade de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe indicada na tabela 3-11 da Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, referente a caldeiras, a que corresponde o rendimento nominal (h) de 77%. Nas situações em que o edifício não disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso, considera-se um valor de eficiência igual a 0,95. Mesmo não sendo referido o tipo de sistema mas de acordo com a indicação da ADENE assume-se que será um termoacumulador elétrico. O termoacumulador considerado foi para uma família média (de 2 a 4 pessoas) para um consumo de 100l ao dia. O sistema de ar condicionado considerado foi um sistema mono-split.

Tabela 4-1 - Especificações do sistema S1

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Resistências elétricas	Eletricidade	1,0	100	1 [55]	Cerca de 170€ [55]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,0	100	De 2.6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Termoacumulador elétrico	Eletricidade	0,95	100	De 1.2 a 2,4 [58]	Cerca de 250€ [59]
					<b>Preço total com IVA (€)</b>	Cerca de 970€

### 4.3.2. Sistema S2

Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar para aquecimento e arrefecimento e esquentador para AQS.

- a) Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de classe A+ para aquecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um COP > 3,60 [56].
- b) Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- c) Sistema de preparação de AQS: Foi selecionado um esquentador de 11 litros, a gás butano-propano ou natural.

Tabela 4-2 - Especificações do sistema S2

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,60	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Esquentador	Gás butano-propano ou natural	75% [60]	100	0,0096 a 0,0192 [61][62]	Cerca de 300 €[61][62]
<b>Preço total com IVA (€)</b>						<b>1400€</b>

### 4.3.3. Sistema S3

Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar para aquecimento e arrefecimento e caldeira elétrica para AQS.

- a) Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de classe A+ para aquecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um COP > 3,60 [56].
- b) Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- c) Sistema de preparação de AQS: Foi selecionado um termoacumulador de, pelo menos, 100 litros, tomando em consideração uma família média, de 2 a 4 pessoas.

Tabela 4-3 - Especificações do sistema S3

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,60	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Caldeira elétrica	Eletricidade	Classe B - 86% a 89% [63]	100	2 [64]	Cerca de 250€ [65]
					<b>Preço total com IVA (€)</b>	<b>1350€</b>

#### 4.3.4. Sistema S4

Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar para aquecimento e arrefecimento e caldeira de biomassa a lenha para AQS.

- a) Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de classe A+ para aquecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um COP > 3,60 [56].
- b) Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- c) Sistema de preparação de AQS: Foi selecionada uma caldeira de biomassa a lenha com potência nominal dos 15 aos 40 KW segundo EN12809.

Tabela 4-4 - Especificações do sistema S4

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,60	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Caldeira de biomassa a lenha	Biomassa (lenha)	Rendimento de 73% a 80% [66]	100	15 a 24 [66]	3070€ [67]
<b>Preço total com IVA (€)</b>						<b>4170€</b>

### 4.3.5. Sistema S5

Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar para aquecimento e arrefecimento e caldeira de biomassa a granulado para AQS.

- Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de classe A+ para aquecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um COP > 3,60 [56].
- Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- Sistema de preparação de AQS: Foi selecionada uma caldeira a pellets com um consumo máximo de 6,9 kg/h e 40 litros de depósito.

Tabela 4-5 - Especificações do sistema S5

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,60	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Preço especificado acima
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Caldeira de biomassa a granulado	Biomassa (granulados)	Rendimento 89% [68]	100	27 [68]	3496€ [68]
<b>Preço total com IVA (€)</b>						<b>4046€</b>

### 4.3.6. Sistema S6

Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar para aquecimento e arrefecimento e caldeira a gás para AQS.

- a) Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de classe A+ para aquecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um COP > 3,60 [56].
- b) Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- c) Sistema de preparação de AQS: Foi selecionada uma caldeira a gás de classe energética A com uma potência de aquecimento e água quente de 22 kW/h.

Tabela 4-6 - Especificações do sistema S6

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
<b>Aquecimento</b>	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,60	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
<b>Arrefecimento</b>	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Preço especificado acima
<b>Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)</b>	Caldeira a gás	Gás	92% de rendimento [69]	100	22 [69]	1499€ [69]
<b>Preço total com IVA (€)</b>						<b>2049€</b>

### 4.3.7. Sistema S7

Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar para aquecimento e arrefecimento e coletor solar com esquentador como sistema de apoio para AQS.

- a) Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de classe A+ para aquecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um COP > 3,60 [56].
- b) Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- c) Sistema de preparação de AQS: Serão colocados 3,0 m<sup>2</sup> de coletores solares planos de circulação forçada, com um depósito de acumulação de 300 l colocados no interior e na posição vertical. A contribuição anual Eren é de 900 kWh/ano, sendo que toda a energia é utilizada para produção de AQS. Foi selecionado um painel por circulação forçada de alto rendimento, em alumínio/cobre com tratamento altamente seletivo com capacidade de 200 litros para, ideal para uma família de 4 pessoas. A sua instalação é para telhado inclinado [70]. Como sistema de apoio foi selecionado um esquentador de 11 litros, a gás butano-propano ou natural.

Tabela 4-7 - Especificações do sistema S7

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
<b>Aquecimento</b>	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,60	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
<b>Arrefecimento</b>	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Preço especificado acima
<b>Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)</b>	Painel solar por circulação forçada	Solar	15% [71]	50	0,186 [71]	1881€ [70]
	Esquentador	Gás butano-propano ou natural	75% [60]	50	0,0096 a 0,0192 [61][62]	Cerca de 300 €[61][62]
<b>Preço total com IVA (€)</b>						<b>2731€</b>

#### 4.3.8. Sistema S8

Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-água com radiadores hidráulicos para aquecimento; sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-água com unidades ventilo-convectoras para arrefecimento e sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-água para AQS.

- a) Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionado um sistema do tipo split ou multisplit com permuta ar-água com 21 litros de água quente por minuto. Segundo a portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro e, para um sistema de classe energética A ou superior, é apresentado um COP > 4,0 para aquecimento [56]. Foram ainda selecionados radiadores hidráulicos com 2,16 litros de capacidade.
- b) Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema do tipo split ou multisplit com permuta ar-água com 21 litros de água quente por minuto. Segundo a portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro e, para um sistema de classe energética A ou superior, é apresentado um EER > 3,6 para arrefecimento [56]. Foram ainda selecionadas unidades ventilo-convectoras (FCU - Fan Coil Unit) com um volume de 2,69 litros.
- c) Sistema de preparação de AQS: Foi selecionado um termoacumulador de, pelo menos, 100 litros, tomando em consideração uma família média, de 2 a 4 pessoas.

Tabela 4-8 - Especificações do sistema S8

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-água	Eletricidade	4,0 (classe A)	50	6 a 16	4770€ (unidade interior) + cerca de 8700€ (unidade exterior) (a) [72]
	Radiador hidráulico	Hidráulica	-	50	-	85€ [73]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-água	Eletricidade	3,6 (classe A)	50	6 a 16	Preço especificado em (a)
	Unidade ventilo-convectiva	Elétrica e Hidráulica	-	50	4,9 a 7,7 [74]	887€ [75]
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-água	Eletricidade	EER=3,6 para aquecimento (classe A)	100	6 a 16	Preço especificado em (a)
					<b>Preço total com IVA (€)</b>	14442€

### 4.3.9. Sistema S9

Caldeira elétrica com radiadores hidráulicos para aquecimento, sistema split ou multisplit com permuta ar-ar para arrefecimento e caldeira elétrica para AQS.

- Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionado um termoacumulador de, pelo menos, tomando em consideração uma família média, de 2 a 4 pessoas. Foram ainda selecionados radiadores hidráulicos com 2,16 litros de capacidade.
- Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- Sistema de preparação de AQS: Foi selecionado um termoacumulador de, pelo menos, 100 litros, tomando em consideração uma família média, de 2 a 4 pessoas.

Tabela 4-9 - Especificações do sistema S9

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Caldeira elétrica	Eletricidade	Classe B [63]. 86% a 89% [68]	50	24 [76]	Cerca de 820€ (b) [76]
	Radiador hidráulico	Hidráulica	-	50	-	85€ [73]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Caldeira elétrica	Eletricidade	Classe B. 86% a 89% [63]	100	24 [76]	Preço especificado em (b) [65]
<b>Preço total com IVA (€)</b>						1455€

### 4.3.10. Sistema S10

Caldeira de biomassa a lenha com radiadores hidráulicos para aquecimento, sistema split ou multisplit com permuta ar-ar para arrefecimento e caldeira de biomassa a lenha para AQS.

- Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionada uma caldeira de biomassa a lenha com potência nominal dos 15 aos 40 KW segundo EN12809. Foram ainda selecionados radiadores hidráulicos com 2,16 litros de capacidade.
- Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- Sistema de preparação de AQS: Foi selecionada uma caldeira de biomassa a lenha com potência nominal dos 15 aos 40 KW segundo EN12809.

Tabela 4-10 - Especificações do sistema S10

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Caldeira de biomassa a lenha	Biomassa (lenha)	Rendimento de 73% a 80% [66]	50	15 a 24 [66]	3070€ (c) [67]
	Radiador hidráulico	Hidráulica	-	50	-	85€ [73]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Caldeira de biomassa a lenha	Biomassa (lenha)	Rendimento de 73% a 80% [66]	100	15 a 24 [66]	Preço especificado em (c) [67]
<b>Preço total com IVA (€)</b>						<b>3705€</b>

### 4.3.11. Sistema S11

Caldeira de biomassa a granulado com radiadores hidráulicos para aquecimento, sistema split ou multisplit com permuta ar-ar para arrefecimento e caldeira de biomassa a granulado para AQS.

- Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionada uma caldeira a pellets com um consumo máximo de 6,9 kg/h e 40 litros de depósito. Foram ainda selecionados radiadores hidráulicos com 2,16 litros de capacidade.
- Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- Sistema de preparação de AQS: Foi selecionada uma caldeira a pellets com um consumo máximo de 6,9 kg/h e 40 litros de depósito.

Tabela 4-11 - Especificações do sistema S11

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Caldeira de biomassa a granulado	Biomassa (granulados)	Rendimento 89% [68]	50	27 [68]	3496€ (d) [68]
	Radiador hidráulico	Hidráulica	-	50	-	85€ [73]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Caldeira de biomassa a granulado	Biomassa (granulados)	Rendimento 89% [68]	100	27 [68]	Preço especificado em (d) [68]
<b>Preço total com IVA (€)</b>						<b>4131€</b>

### 4.3.12. Sistema S12

Salamandra e recuperador de calor para aquecimento, sistema split ou multisplit com permuta ar-ar para arrefecimento e esquentador para AQS.

- Sistema para aquecimento ambiente: Foi selecionada uma salamandra com recuperador de calor equipada com 2 ventiladores tangenciais acionados por termostato a  $\pm 50$  °C para o aquecimento de 30 m<sup>3</sup> cada um.
- Sistema para arrefecimento ambiente: Foi selecionado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit com permuta ar-ar com uma classe energética de A++ para arrefecimento, correspondendo, a partir da portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro, a um EER > 3,20 [56].
- Sistema de preparação de AQS: Foi selecionado um esquentador de 11 litros, a gás butano-propano ou natural.

Tabela 4-12 - Especificações do sistema S12

Sistema	Tipo de equipamento	Fonte de energia associada	Eficiência nominal	Fração servida (%)	Potência (KW)	Preços com IVA (€)
Aquecimento	Salamandra + recuperador de calor	Biomassa	0,75	100	10,1	Cerca de 700€ [77]
Arrefecimento	Sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar	Eletricidade	3,20	100	De 2,6 a 6,5 [56]	Cerca de 550€ [57]
Preparação de Águas quentes sanitárias (AQS)	Esquentador	Gás butano-propano ou natural	75% [60]	100	0,0096 a 0,0192 [61][62]	Cerca de 300 €[61][62]
<b>Preço total com IVA (€)</b>						<b>1550€</b>

## 4.4. Condicionantes e premissas do estudo realizado

Como condicionantes e premissas do estudo tem-se que:

- O edifício é novo;
- O edifício está situado no município da Covilhã;
- Região NUTS III: Cova da Beira;
- Altitude de 505 metros;
- O edifício está situado na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural;
- Distância à costa superior a 5 km;
- Área útil de pavimento 141,53 m<sup>2</sup>;
- Pé direito médio de 2,87 metros;
- Tipologia T3;
- Classe de inércia térmica forte.

A caracterização da fração, introduzida nas folhas de cálculo, encontra-se no Anexo C.

## 4.5. Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil de aquecimento de uma fração autónoma de um edifício ( $N_{ic}$ ) representa a energia útil que é necessária fornecer a essa fração por unidade de área útil de pavimento para manter o seu interior à temperatura de referência de 18°C durante toda a estação convencional de aquecimento [78].

No cálculo da transmissão de calor através dos elementos construtivos da envolvente assume-se que o regime é permanente. Esta simplificação é possível uma vez que as trocas de calor são calculadas para toda a estação de aquecimento, pelo que, na sua formulação média, os efeitos não estacionários compensam-se e podem ser desprezados [78].

Para garantir a adequada qualidade térmica da envolvente à luz dos requisitos atuais, o REH estabelece um limite máximo para o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento,  $N_i$  [78].

O valor de  $N_i$  é quantificado para o edifício em estudo admitindo valores de referência para os parâmetros térmicos da envolvente, fixados em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia [78].

De acordo com o artigo 26º do REH, o valor das necessidades nominais anuais de energia útil de aquecimento,  $N_{ic}$ , de um edifício de habitação novo, não pode exceder o valor máximo admissível de energia útil para aquecimento,  $N_i$ , determinado em portaria do membro do Governo responsável pela energia.

O artigo 26º traduz-se na condição [78]:

$$N_{ic} \leq N_i \quad (\text{Equação 4-1})$$

Onde:

$N_{ic}$  - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, em kWh/(m<sup>2</sup>.ano);

$N_i$  - Valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil de aquecimento, em kWh/(m<sup>2</sup>.ano).

Do balanço energético para a estação de aquecimento, em termos de perdas e ganhos de energia, resulta a seguinte expressão para o cálculo de  $N_{ic}$ :

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (\text{Equação 4-2})$$

Onde:

$Q_{tr,i}$  - Perdas térmicas por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente, em kWh;

$Q_{ve,i}$  - Perdas térmicas por ventilação na estação de aquecimento, em kWh;

$Q_{gu,i}$  - Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados e dos ganhos internos, em kWh;

$A_p$  - Área útil de pavimento, em m<sup>2</sup>.

A portaria 349-B/2013 apresenta os valores máximos de necessidades energéticas para os edifícios novos.

O valor limite das necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento,  $N_i$ , é calculado pela expressão:

$$N_i = \frac{Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref}}{A_p} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (\text{Equação 4-3})$$

Onde:

$Q_{tr,i,ref}$  - Perdas térmicas por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente de referência, em kWh;

$Q_{ve,i,ref}$  - Perdas térmicas por ventilação de referência na estação de aquecimento, em kWh;

$Q_{gu,i,ref}$  - Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, em kWh;

$A_p$  - Área útil de pavimento, em m<sup>2</sup>.

De tudo o referido acima e das respetivas equações tem-se que, para o caso em estudo:

$$N_{ic} = 65,75 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

$$N_i = 84,57 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Tais valores são constantes para cada um dos sistemas já que se tratam de valores de referência, não dependentes das alterações aos sistemas técnicos.

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil de arrefecimento de uma fração autónoma de um edifício ( $N_{vc}$ ) representa a energia útil que é necessária fornecer a essa fração por unidade de área útil de pavimento para manter o seu interior à temperatura de referência de 25°C durante toda a estação convencional de arrefecimento [78].

No cálculo da transmissão de calor através dos elementos construtivos da envolvente assume-se que o regime é permanente. Esta simplificação é possível uma vez que as trocas de calor são calculadas para toda a estação de arrefecimento, pelo que, na sua formulação média, os efeitos não estacionários compensam-se e podem ser desprezados [78].

Para garantir a adequada qualidade térmica da envolvente à luz dos requisitos atuais, o REH estabelece um limite máximo para o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento,  $N_v$  [78].

O valor de  $N_v$  é quantificado para o edifício em estudo admitindo valores de referência para os parâmetros térmicos da envolvente, fixados em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia [78].

De acordo com o artigo 26º do REH, o valor das necessidades nominais anuais de energia útil de arrefecimento,  $N_{vc}$ , de um edifício de habitação novo, não pode exceder o valor máximo admissível de energia útil para arrefecimento,  $N_v$ , determinado em portaria do membro do Governo responsável pela energia. O artigo 26º traduz-se na condição [78]:

$$N_{vc} \leq N_v \quad (\text{Equação 4-4})$$

Onde:

$N_{vc}$ - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, em kWh/(m<sup>2</sup>.ano);

$N_v$ - Valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil de arrefecimento, em kWh/(m<sup>2</sup>.ano).

Do balanço energético para a estação de arrefecimento, em termos de perdas e ganhos de energia, resulta a seguinte expressão para o cálculo de  $N_{vc}$ :

$$N_{vc} = \frac{(1-\eta_v) \cdot Q_{g,v}}{A_p} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (\text{Equação 4-5})$$

Onde:

$\eta_v$  - Fator de utilização dos ganhos;

$Q_{g,v}$  - Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento, em kWh/ano;

$A_p$  - Área útil de pavimento, em  $\text{m}^2$ .

O valor limite das necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento,  $N_v$ , é calculado pela expressão:

$$N_v = \frac{(1-\eta_{v,ref}) \cdot Q_{g,v,ref}}{A_p} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (\text{Equação 4-6})$$

Onde:

$\eta_{v,ref}$  - Fator de utilização dos ganhos de referência;

$Q_{g,v,ref}$  - Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento de referência, em kWh/ano;

$A_p$  - Área útil de pavimento, em  $\text{m}^2$ .

De tudo o referido acima e das respetivas equações tem-se que, para o caso em estudo:

$$N_{vc} = 7,55 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

$$N_v = 15,17 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Tais valores são constantes para cada um dos sistemas já que se tratam de valores de referência, não dependentes das alterações aos sistemas técnicos.

## 4.6. Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS

As necessidades anuais de energia útil para preparação de AQS são calculadas através da Equação [79][80]:

$$N_{ac} = \frac{Q_a}{A_p} = \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot N}{3600000 \cdot A_p} \quad [\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (\text{Equação 4-7})$$

Em que:

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

$\Delta T$  - Aumento de temperatura, em °C;

$N$  - Número de dias de consumo, em dias;

$A_p$  - Área útil de pavimento, em m<sup>2</sup>.

De tudo o referido acima e das respetivas equações tem-se que, para o caso em estudo:

$$\frac{Q_a}{A_p} = 16,80 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

$$\frac{Q_a}{A_{p,ref}} = 16,80 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Tais valores são constantes para cada um dos sistemas já que se tratam de valores de referência, não dependentes das alterações aos sistemas técnicos.

## 4.7. Necessidades nominais globais de energia primária

As necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{tc}$ , estão relacionadas com as energias primárias necessárias para aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS, ventilação mecânica e proveniente de sistemas com recurso a energias renováveis. Pelo que tem-se a seguinte equação:

$$N_{tc} = E_{p,i} + E_{p,v} + E_{p,ac} + E_{p,vent} - E_{p,ren} \quad [\text{kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (\text{Equação 4-8})$$

Em que:

$E_{p,i}$  - Energia primária para aquecimento, em [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano];

$E_{p,v}$  - Energia primária para arrefecimento, em [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano];

$E_{p,ac}$  - Energia primária para preparação de AQS, em [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano];

$E_{p,vent}$  - Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica, em [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano];

$E_{p,ren}$  - Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável, em [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano].

O limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária,  $N_t$ , é dado por:

$$N_t = E_{p,i,ref} + E_{p,v,ref} + E_{p,ac,ref} \quad [\text{kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}] \text{ (Equação 4-9)}$$

Em que:

$E_{p,i,ref}$  - Energia primária para aquecimento de referência, em [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano];

$E_{p,v,ref}$  - Energia primária para arrefecimento de referência, em [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano];

$E_{p,ac,ref}$  - Energia primária para preparação de AQS de referência, em [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano].

Abaixo segue uma tabela com os valores obtidos de  $N_{tc}$  e  $N_t$  para cada sistema.

Tabela 4-13 - Valores de  $N_{tc}$  e  $N_t$  (expressos em kWh/(m<sup>2</sup>.ano)) obtidos para cada sistema

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
$N_{tc}$	214,9	74,0	98,7	51,6	51,6	69,8	65,5	58,0	243,1	13,6	13,6	28,3
$N_t$	268,3	93,7	122,0	93,7	93,7	93,7	93,7	115,9	271,3	126,5	126,5	127,4

## 4.8. Indicadores de desempenho

### 4.8.1. Classificação energética e taxa de emissão de CO<sub>2</sub>

De acordo com o Despacho n.º 15793-J/2013 de 3 de dezembro, a classe energética para edifícios de habitação é determinada através do rácio de classe energética ( $R_{Nt}$ ), conforme se apresenta na Equação 4-10, onde  $N_{tc}$  representa o valor das necessidades nominais anuais de energia primária, em kWh/(m<sup>2</sup>.ano) e  $N_t$  o valor limite regulamentar das necessidades nominais anuais de energia primária, em kWh/(m<sup>2</sup>.ano).

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (\text{Equação 4-10})$$

A escala de classificação energética de edifícios ou frações autónomas de edifícios de habitação será composta por 8 classes acordo com o Despacho n.º 15793-J/2013 de 3 de dezembro, correspondendo a cada classe um intervalo de valores de  $R_{NT}$  de acordo com a tabela 4-14, sendo os valores arredondados a duas casas decimais.

Tabela 4-14 - Intervalos de  $R_{NT}$  correspondentes a cada classe energética

Classe Energética	Valor de $R_{NT}$
A+	$R_{NT} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{NT} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{NT} \leq 0,75$
B-	$0,76 \leq R_{NT} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{NT} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{NT} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{NT} \leq 2,50$
F	$R_{NT} \geq 2,51$

A taxa anual de emissão de  $CO_2$  ( $E.CO_2$ ) é calculada através da Equação 4-11, em  $kg CO_2/\text{ano}$ . O resultado final deve ser expresso em toneladas equivalentes de  $CO_2$  por ano ( $tonCO_2/\text{ano}$ ):

$$E.CO_2 = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \cdot f_c \cdot A_p + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \cdot f_c \cdot A_p + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \cdot f_c \cdot A_p + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} \cdot f_c \cdot A_p \quad (\text{Equação 4-11})$$

Esta equação divide-se em 4 parcelas diferentes, dentro delas:

$$\text{Aquecimento. } E.CO_2 = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \cdot f_c \cdot A_p \quad (\text{Equação 4-12})$$

$$\text{Arrefecimento. } E.CO_2 = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \cdot f_c \cdot A_p \quad (\text{Equação 4-13})$$

$$\text{AQS. } E.CO_2 = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \cdot f_c \cdot A_p \quad (\text{Equação 4-14})$$

$$\text{Ventilação. } E.CO_2 = \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} \cdot f_c \cdot A_p \quad (\text{Equação 4-15})$$

Destas 4 parcelas, a que é relativa à ventilação será desprezada já que os seus valores são constantes, não tendo influência sobre o resultado final esperado.

As variáveis das equações referidas acima assumem o seguinte significado:

- $N_{ic}$  - Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k, em kWh/(m<sup>2</sup>.ano);
- $f_{i,k}$  - Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k;
- $N_{vc}$  - Necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k;
- $f_{v,k}$  - Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k;
- $Q_a$  - Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k, em kWh/ano;
- $f_{a,k}$  - Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k;
- $\eta_k$  - Eficiência do sistema k, que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima;
- $j$  - Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável;
- $W_{vm,j}$  - Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, kWh/ano;
- $A_p$  - Área interior útil de pavimento, em m<sup>2</sup>;
- $F_{pu,j}$  - Fator de conversão de energia útil para energia primária, kWhEP/kWh;
- $\delta$  - Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento (Nvc) em que pode tomar o valor 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado;
- $f_c$  - Factor de conversão para KgCO<sub>2</sub>.

Abaixo segue a tabela 4-15 com os valores obtidos para cada sistema, relativamente à sua classificação energética e emissões de CO<sub>2</sub>:

Tabela 4-15 - Valores relativos à classificação energética ( $R_{NE}$ ) e emissões de CO<sub>2</sub> para cada sistema

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
<b>Classificação Energética</b>	0,8 B-	0,79 B-	0,81 B-	0,55 B	0,55 B	0,75 B	0,7 B	0,5 A	0,9 B-	0,11 A+	0,11 A+	0,22 A+
<b>Emissões CO<sub>2</sub> (tonCO<sub>2</sub>/ano)</b>	4,38	1,69	2,01	1,05	1,05	1,57	1,45	1,18	4,95	0,34	0,34	0,76

## 4.8.2. Custo de instalação e fatura energética mensal

Os custos de instalação para cada sistema são referenciados no sub-capítulo 4.3.

a) Fatura energética para aquecimento, calculada através da equação:

$$\frac{N_{ic} \times A_p \times \text{Factor de conversão de energia}}{\text{Eficiência de conversão}} \quad [€/ano] \text{ (Equação 4-16)}$$

b) Fatura energética para arrefecimento, calculada através da equação:

$$\frac{N_{vc} \times A_p \times \text{Factor de conversão de energia}}{\text{Eficiência de conversão}} \quad [€/ano] \text{ (Equação 4-17)}$$

c) Fatura energética para preparação de águas quentes sanitárias (AQS), calculada através da equação:

$$N_{vc} \times A_p \times \text{Factor de conversão de energia} \quad [€/ano] \text{ (Equação 4-18)}$$

### 4.8.2.1. Sistema Padrão S1

Custos de instalação: 970 €

Fatura energética para aquecimento: 1581,92 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 60,57 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 425,42 €/ano

Fatura energética anual total: 2067,91 €/ano

### 4.8.2.2. Sistema S2

Custos de instalação: 1400 €

Fatura energética para aquecimento: 439,42 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 285,27 €/ano

Fatura energética anual total: 781,48 €/ano

#### **4.8.2.3. Sistema S3**

Custos de instalação: 1350 €

Fatura energética para aquecimento: 439,42 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 454,09 €/ano

Fatura energética anual total: 950,3 €/ano

#### **4.8.2.4. Sistema S4**

Custos de instalação: 4170 €

Fatura energética para aquecimento: 439,42 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 148,58 €/ano

Fatura energética anual total: 644,79 €/ano

#### **4.8.2.5. Sistema S5**

Custos de instalação: 4046 €

Fatura energética para aquecimento: 439,42 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 133,56 €/ano

Fatura energética anual total: 629,77 €/ano

#### **4.8.2.6. Sistema S6**

Custos de instalação: 2049 €

Fatura energética para aquecimento: 439,42 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 232,56 €/ano

Fatura energética anual total: 728,77 €/ano

#### **4.8.2.7. Sistema S7**

Custos de instalação: 2731 €

Fatura energética para aquecimento: 439,42 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 177,27 €/ano

Fatura energética anual total: 673,48 €/ano

#### **4.8.2.8. Sistema S8**

Custos de instalação: 14442 €

Fatura energética para aquecimento: 395,48 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 50,48 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 112,26 €/ano

Fatura energética anual total: 558,22 €/ano

#### **4.8.2.9. Sistema S9**

Custos de instalação: 1455 €

Fatura energética para aquecimento: 1818,30 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 464,53 €/ano

Fatura energética anual total: 2339,62 €/ano

#### **4.8.2.10. Sistema S10**

Custos de instalação: 3705 €

Fatura energética para aquecimento: 604,25 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 189,50 €/ano

Fatura energética anual total: 850,54 €/ano

#### 4.8.2.11. Sistema S11

Custos de instalação: 4131 €

Fatura energética para aquecimento: 522,78 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 177,18 €/ano

Fatura energética anual total: 756,75 €/ano

#### 4.8.2.12. Sistema S12

Custos de instalação: 1550 €

Fatura energética para aquecimento: 620,36 €/ano

Fatura energética para arrefecimento: 56,79 €/ano

Fatura energética para preparação de AQS: 285,27 €/ano

Fatura energética anual total: 962,42 €/ano

### 4.9. Período de retorno simples

O período de retorno de investimento simples (PRS) é calculado pela Equação [79][80]:

$$PRS = \frac{CA}{RA} \quad (\text{Equação 4-19})$$

Onde:

*CA* - Custo acrescido de investimento (€);

*RA* - Redução anual da fatura energética (€/ano).

O custo acrescido de investimento (*CA*) é calculado pela diferença entre o custo inicial da solução base (Sistema Padrão S1), isto é, sem alternativa de maior eficiência energética, e o das respetivas soluções adotadas.

A redução anual da fatura energética (*RA*) é calculada pela diferença entre a fatura energética anual do sistema padrão (S1) e a das respetivas soluções adotadas.

#### 4.9.1. Sistema Padrão S1

Neste sistema não é calculado pois trata-se do sistema padrão, ao qual todos os outros sistemas são comparados.

#### 4.9.2. Sistema S2

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{430}{1286,43} = 0,33 \text{ anos}$$

$$CA = \text{custo inicial S2} - \text{custo inicial padrão} = 1400 - 970 = 430\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S2} = 2067,91 - 781,48 = 1286,43\text{€}$$

#### 4.9.3. Sistema S3

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{380}{1117,61} = 0,34 \text{ anos}$$

$$CA = \text{custo inicial S3} - \text{custo inicial padrão} = 1350 - 970 = 380\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S3} = 2067,91 - 950,3 = 1117,61\text{€}$$

#### 4.9.4. Sistema S4

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{3200}{1423,12} = 2,25 \text{ anos}$$

$$CA = \text{custo inicial S4} - \text{custo inicial padrão} = 4170 - 970 = 3200\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S4} = 2067,91 - 644,79 = 1423,12\text{€}$$

#### 4.9.5. Sistema S5

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{3076}{1438,14} = 2,14 \text{ anos}$$

$$CA = \text{custo inicial S5} - \text{custo inicial padrão} = 4046 - 970 = 3076\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S5} = 2067,91 - 629,77 = 1438,14\text{€}$$

#### 4.9.6. Sistema S6

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{1079}{1339,14} = 0,81 \text{ anos}$$

$$CA = \text{custo inicial S6} - \text{custo inicial padrão} = 2049 - 970 = 1079\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S6} = 2067,91 - 728,77 = 1339,14\text{€}$$

#### 4.9.7. Sistema S7

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{1761}{1394,43} = 1,26 \text{ anos}$$

$$CA = \text{custo inicial S7} - \text{custo inicial padrão} = 2731 - 970 = 1761\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S7} = 2067,91 - 673,48 = 1394,43\text{€}$$

#### 4.9.8. Sistema S8

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{13472}{1509,69} = 8,92 \text{ anos}$$

$$CA = \text{custo inicial S8} - \text{custo inicial padrão} = 14442 - 970 = 13472\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S8} = 2067,91 - 558,22 = 1509,69\text{€}$$

#### 4.9.9. Sistema S9

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{485}{-272,62} = -1,78 \text{ anos}$$

$$CA = \text{custo inicial S9} - \text{custo inicial padrão} = 1455 - 970 = 485\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S9} = 2067,91 - 2339,62 = -272,62\text{€}$$

#### 4.9.10. Sistema S10

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{2735}{1217,37} = 2,25 \text{ anos}$$

$$CA = \text{custo inicial S10} - \text{custo inicial padrão} = 3705 - 970 = 2735\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S10} = 2067,91 - 850,54 = 1217,37\text{€}$$

#### 4.9.11. Sistema S11

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{3161}{1311,16} = 2,41anos$$

$$CA = \text{custo inicial S11} - \text{custo inicial padrão} = 4131 - 970 = 3161\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S11} = 2067,91 - 756,75 = 1311,16\text{€}$$

#### 4.9.12. Sistema S12

$$PRS = \frac{CA}{RA} = \frac{580}{1141,49} = 0,51anos$$

$$CA = \text{custo inicial S12} - \text{custo inicial padrão} = 1550 - 970 = 580\text{€}$$

$$RA = \text{Fatura padrão} - \text{Fatura S12} = 2067,91 - 962,42 = 1141,49\text{€}$$

# Capítulo 5 - Análise e discussão de resultados

A partir dos valores obtidos no Capítulo 4 para cada sistema, de 1 (padrão) a 12, foi possível avaliar e obter diversos resultados para avaliação e comparação entre sistemas.

Como referido, os resultados de  $N_{ic}$ ,  $N_i$ ,  $N_{vc}$ ,  $N_v$  e  $N_{ac}$  são constantes para todos os sistemas pois tratam-se de valores de referência não dependentes das variações técnicas.

## 5.1. $N_{tc}$ e $N_t$

Relativamente aos valores de  $N_{tc}$  e  $N_t$ , existem variações destes para cada um dos sistemas. Sendo  $N_{tc}$  o valor correspondente às necessidades nominais globais de energia primária, este está relacionado com as energias primárias necessárias para o aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS, ventilação mecânica e energia proveniente de sistemas com recurso a energias renováveis. Por outro lado,  $N_t$  representa o limite destas necessidades nominais anuais globais de energia primária. Deste modo,  $N_{tc}$  não poderá ultrapassar  $N_t$  e, quanto maior a diferença entre estes e menores os seus valores, mais benéfico o sistema será.

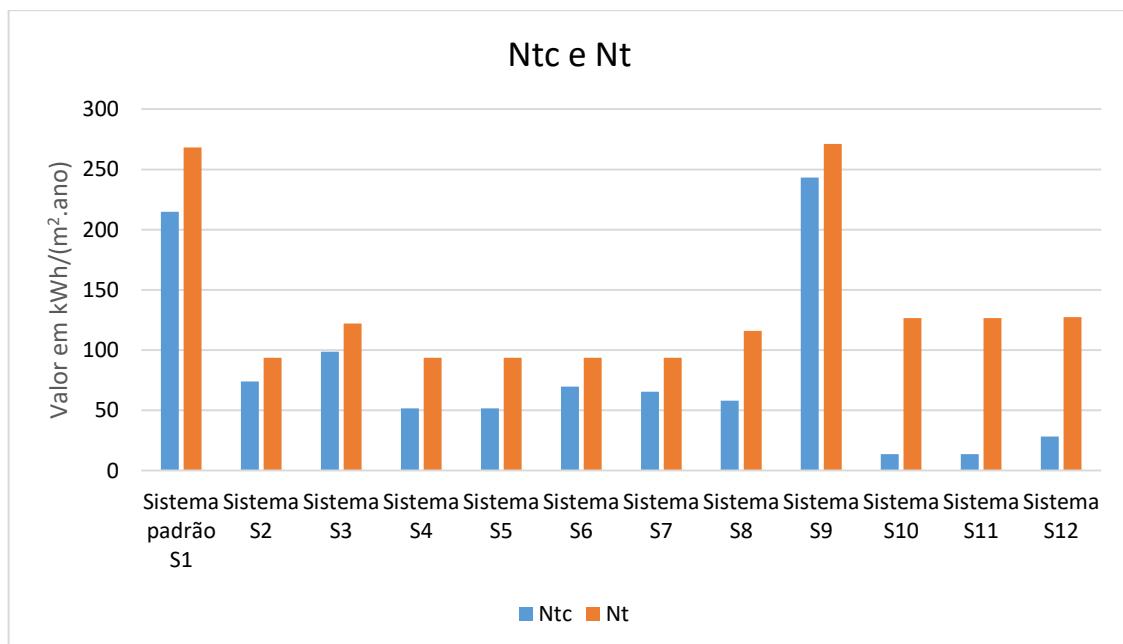


Figura 5-1 - Valores de  $N_{tc}$  e  $N_t$  para cada um dos sistemas

Primeiramente, é de salientar que nenhum dos sistemas apresenta um valor de  $N_{tc}$  superior ao de referência,  $N_t$ , demonstrando que cumprem o requisito  $N_{tc} \leq N_t$ .

A partir do gráfico da figura 5-1, verifica-se que o sistema padrão S1 e o sistema S9 apresentam os valores de necessidades globais de energia primária mais elevados.

Os restantes sistemas apresentam valores sensivelmente mais baixos, sendo de destacar o sistema S10 e S11 que apresentam um valor de  $N_{tc}$  bastante mais baixo em relação ao de referência.

Entre os sistemas S4 e S5; e S10 e S11 não são apresentadas diferenças de valores pois a variação exercida entre os sistemas foi o tipo de combustível utilizado pela caldeira a biomassa para preparação de AQS, sendo que esta alteração apenas tem valor significativo noutras variantes que serão estudadas nos subcapítulos seguintes.

Em suma, deste gráfico poderá concluir-se, numa avaliação macroscópica, que os sistemas S10 e S11 são os mais promissores.

## 5.2. Classificação energética

Abaixo apresenta-se a figura 5-2, relativa à classificação energética de cada sistema. É de referenciar que quanto mais baixo for o valor, melhor é a classificação energética da habitação, como referido no subcapítulo 4.8.

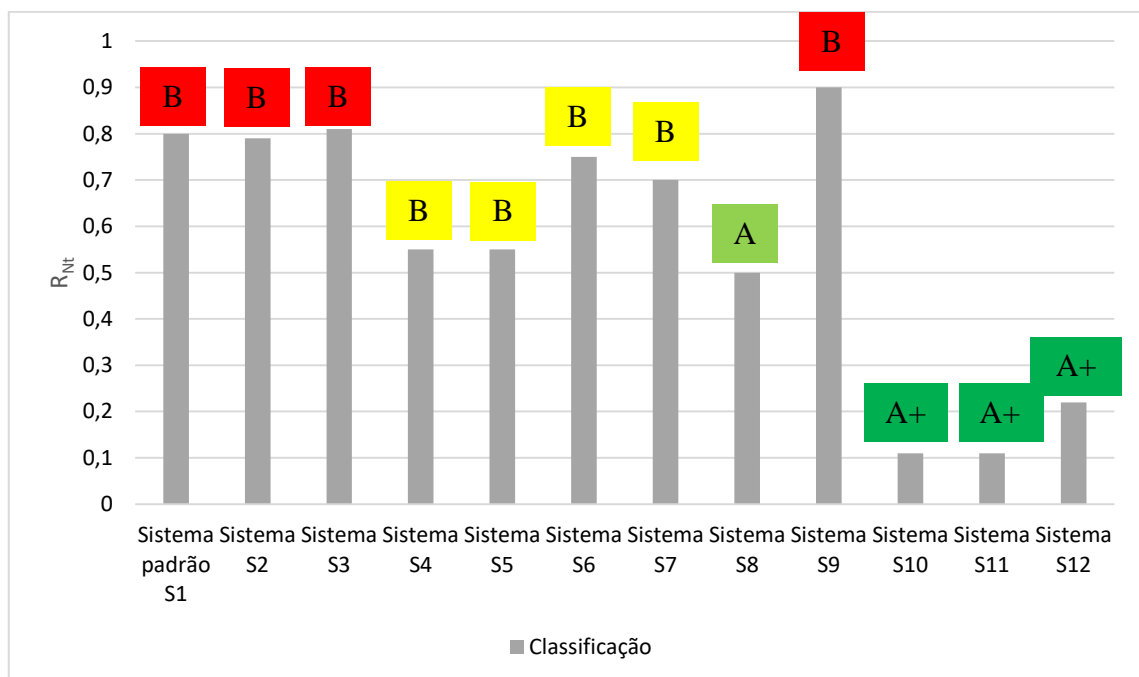


Figura 5-2 - Classificação energética de cada sistema baseada na relação entre  $N_{tc}$  e  $N_t$ .

Como se pode averiguar, os sistemas que apresentaram melhor classificação (A+) foram os sistemas S10, S11 e S12, sendo que dentro destes, o sistema S10 e S11 apresentam o valor mais baixo ( $R_{NE}=0,11$ ).

O sistema padrão S1, como esperado, apresenta uma classificação energética baixa, bem como o sistema S2, S3 e S9 (sendo que este apresenta um valor pior ao padrão, com um  $R_{NE}$  0,1 mais elevado que o padrão).

Num grau intermédio têm-se os sistemas S4, S5, S6 e S7, com uma classificação de B e valores de  $R_{NE}$  a variar entre 0,55 e 0,75.

Num espectro positivo, com uma classificação de A, tem-se o sistema S8.

Pode-se concluir através deste gráfico, que, numa perspetiva de classificação energética, os sistemas S10 e S11 são os mais benéficos, seguidos do sistema S12 e posteriormente S8.

### 5.3. Emissões de CO<sub>2</sub>

Na figura 5-3 segue um gráfico relativo às emissões de CO<sub>2</sub> para cada sistema. Quanto menor for o valor obtido para cada sistema, menor será a pegada ecológica que a habitação apresentará.

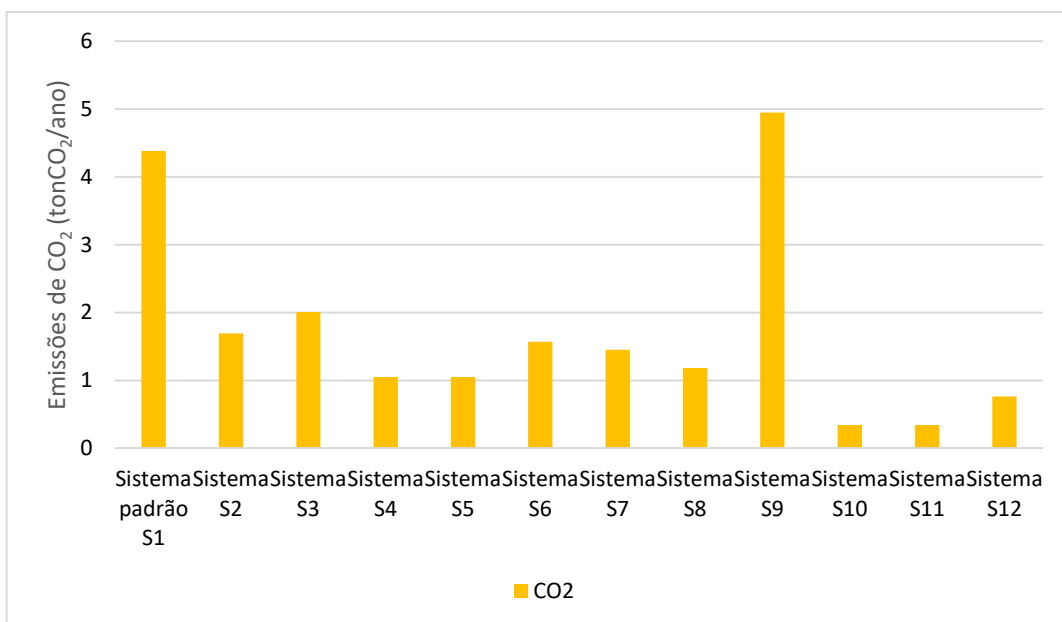


Figura 5-3 - Emissões de CO<sub>2</sub> em tonCO<sub>2</sub>/ano

Analisando o gráfico conclui-se que o sistema que apresenta a maior pegada ecológica é o S9, seguido do sistema padrão.

Os sistemas S10 e S11 apresentam a menor emissão de CO<sub>2</sub> sendo, portanto, numa perspetiva ecológica, os mais benéficos.

Apesar disto todos os restantes sistemas (excecioneado o S1 e S9) apresentam valores razoavelmente baixos.

## 5.4. Custo de instalação e fatura energética mensal

Para fazer uma avaliação a nível de custos de cada sistema, foram contabilizados os custos de instalação e fatura energética mensal (total e para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS).

Abaixo segue um gráfico relativo ao custo de instalação de cada sistema.

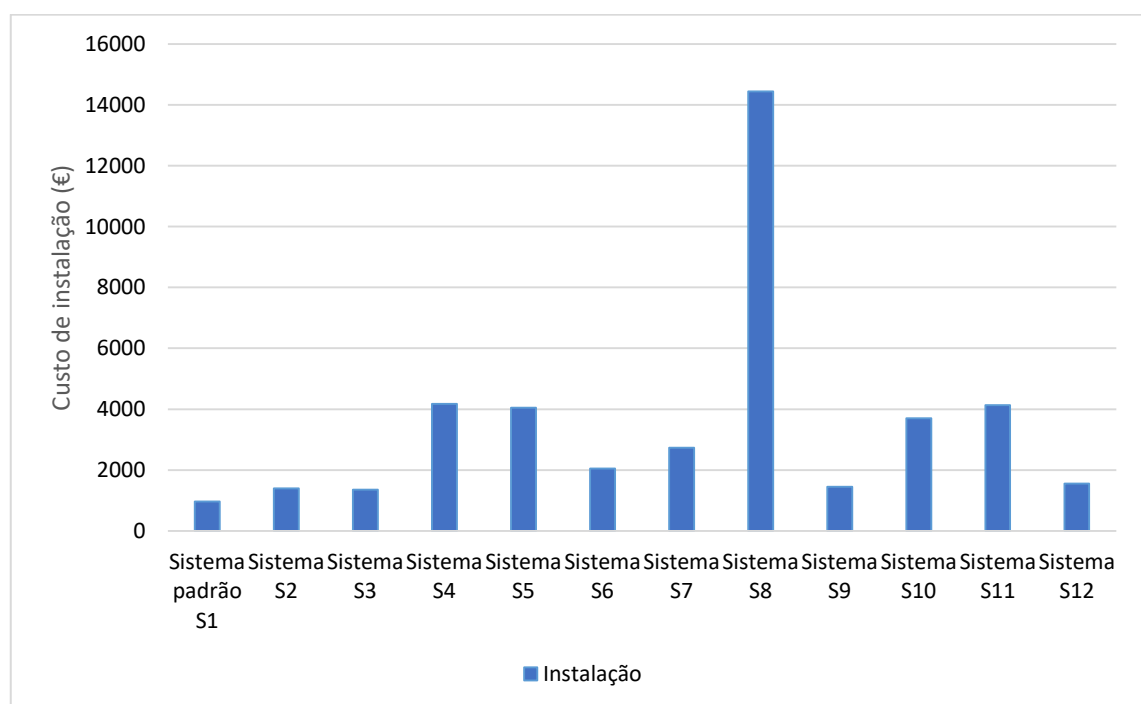


Figura 5-4 - Custos de instalação para cada sistema, em euros €.

A partir deste gráfico pode-se concluir que os sistemas que apresentam os valores de instalação mais baixos são o S1, S2, S9 e S12.

Destaca-se também o sistema S8 com um valor bastante elevado de cerca de 14 000 euros de instalação. É de referenciar que, no entanto, o facto de um sistema apresentar um valor de

instalação mais elevado não significa necessariamente que vá apresentar uma fatura energética mensal mais baixa.

Para fazer uma melhor avaliação de custos apresenta-se, de seguida, um gráfico relativo aos custos energéticos anuais para cada sistema.

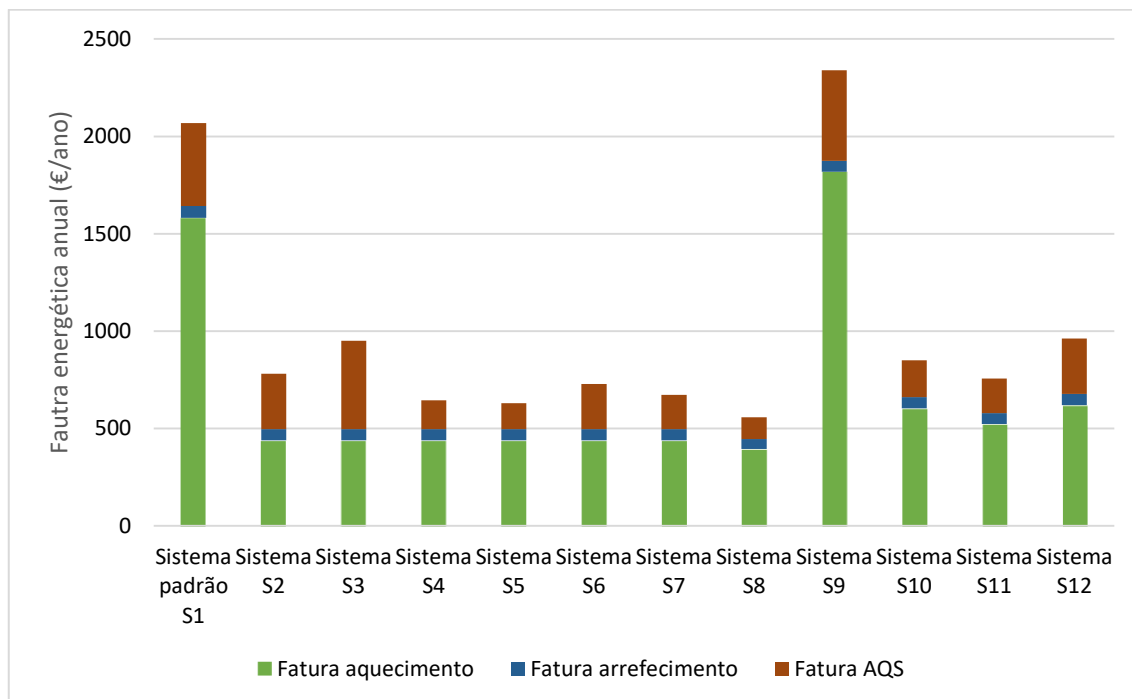


Figura 5-5 - Faturas energéticas anuais divididas por aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS, em euros por ano (€/ano)

A partir do gráfico apresentado conclui-se que o sistema que apresenta maiores custos totais (e também para aquecimento) é o sistema S9, seguido do sistema padrão S1.

Os restantes sistemas apresentam valores intermédios de 558,22€/ano (para o sistema S8) até 962,42€/ano (para o sistema S12).

Em suma, numa perspetiva apenas de custos anuais de energia, o sistema S8 apresenta-se como o mais benéfico e os sistemas S1 e S9 apresentam-se como os menos benéficos.

## 5.5. Período de retorno simples

Para uma avaliação conjunta dos preços de instalação de cada sistema, em comparação aos custos mensais energéticos por ano em relação ao sistema padrão S1, apresenta-se na figura 5-6, o gráfico relativo ao período de retorno simples, em anos.

Quanto menor for o valor, positivo, mais benéfico se apresentará o sistema. Caso seja negativo, então o sistema não terá retorno dos custos investidos no sistema.

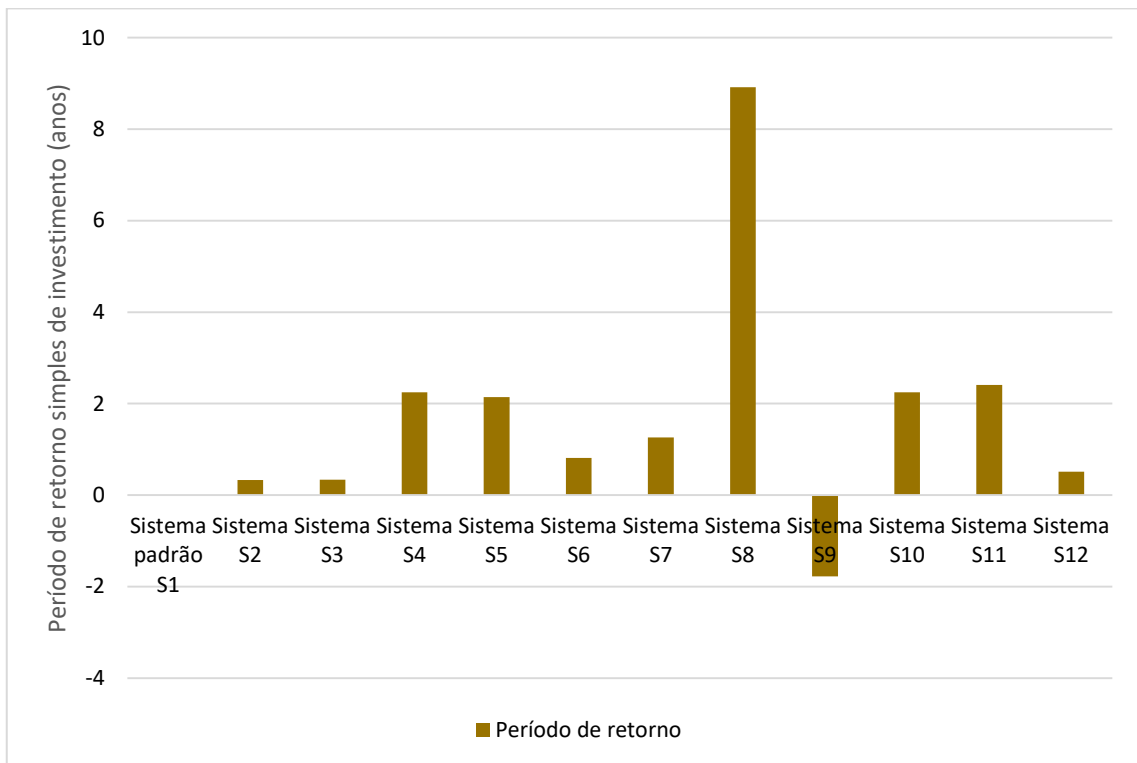


Figura 5-6 - Período de retorno simples, em anos

A partir da análise do gráfico pode-se concluir que o sistema S9 apresenta um período de retorno negativo, significando que o custo de investimento nunca será retomado. Tal caso é problemático pois significa que, investindo em tal sistema, os preços mensais energéticos nunca permitirão recuperar o valor do investimento.

O sistema S8 apresenta um período de retorno muito elevado (mais de 8 anos), não sendo benéfico, já que maior parte dos sistemas utilizados poderão apresentar um tempo de vida inferior.

Os sistemas S2, S3 e S12 apresentam-se com os melhores valores de período de retorno (inferiores a 1 ano), seguidos do sistema S6 e S7.

Resumindo, os sistemas que apresentam maior potencial, numa perspetiva de retorno de investimento, são o S2, S3 e S12.

## 5.6. Análise conjunta de todos os fatores

Tendo sido apresentadas análises de todos os sistemas para cada um dos fatores, deve-se agora efetuar uma análise generalizada, tomando em consideração todos os pontos.

Para tal, todos os valores foram resumidos numa única tabela, tendo-se dado cores a cada valor consoante o quão benéfico este se apresenta, ou não.

Tabela 5-1 - Tabela de análise por cor de cada sistema

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
$N_{tc}$	214,87	73,96	98,74	51,56	51,56	69,82	65,48	58	243,1	13,61	13,61	28,3
$N_t$	268,27	93,7	122,01	93,7	93,7	93,7	93,7	115,82	271,25	126,54	126,54	127,44
Classificação	0,8	0,79	0,81	0,55	0,55	0,75	0,7	0,5	0,9	0,11	0,11	0,22
CO <sub>2</sub>	4,38	1,69	2,01	1,05	1,05	1,57	1,45	1,18	4,95	0,34	0,34	0,76
Instalação	970	1400	1350	4170	4046	2049	2731	14442	1455	3705	4131	1550
Fatura aquecimento	1581,92	439,42	439,42	439,42	439,42	439,42	439,42	395,48	1818,3	604,25	522,78	620,36
Fatura arrefecimento	60,57	56,79	56,79	56,79	56,79	56,79	56,79	50,48	56,79	56,79	56,79	56,79
Fatura AQS	425,42	285,27	454,09	148,58	133,56	232,56	177,27	112,26	464,53	189,5	177,18	285,27
Fatura total	2067,91	781,48	950,3	644,79	629,77	728,77	673,48	558,22	2339,62	850,54	756,75	962,42
Período de retorno	-	0,33	0,34	2,25	2,14	0,81	1,26	8,92	-1,78	2,25	2,41	0,51

A partir da Tabela 5-1, pode-se concluir que, como esperado, o sistema padrão S1 se apresenta como um sistema de baixa qualidade. Além deste, tem-se ainda o sistema S9, apresentando um valor de período simples negativo, tornando-o um sistema não recomendável a ser escolhido.

Na generalidade, o sistema ideal seria aquele que demonstrasse uma classificação energética elevada aliada a uma fatura energética anual baixa e um período de retorno baixo. Como tal, pode-se concluir que as melhores escolhas seriam os sistemas S10, S11 e S12. Salienta-se que o sistema S10 e S11 apresentam períodos de retorno superiores ao S12. No entanto, o sistema S1, apesar de apresentar um período de retorno muito mais baixo, apresenta uma fatura energética anual mais elevada.

Na escolha de um sistema a implementar numa habitação e, tendo em conta todos os fatores, o utilizador poderá ter preferência por certos aspetos de alguns sistemas em relação a outros. Na opção por um ou outro sistema, o utilizador poderá formular as seguintes questões:

- Estou disposto a pagar um preço de aquisição mais elevado pelo sistema mas que me levará a uma fatura energética baixa a longo prazo?
- Até quantos anos de período de retorno do investimento considero viável a compra de um sistema?
- Valorizo mais o aspeto económico do sistema a ser escolhido ou o impacto ambiental que este poderá ter?

Perguntas como estas, e muitas outras, poderão redirecionar a escolha que o utilizador pretenderá fazer na implementação de um sistema de climatização e preparação de AQS na sua habitação.

# Capítulo 6 - Conclusões

O presente trabalho vem, numa conjuntura atual de valorização dos aspetos económicos e ambientais, tratar um tema cada vez mais relevante para um avanço tecnológico habitacional equilibrado e vocacionado para a poupança energética e condizente com a preocupação ambiental.

O que há anos atrás se considerava como uma habitação exemplar tomou, nos dias de hoje, um novo significado. Deixou-se não só de se ter uma preocupação com a fatura energética a pagar ou o preço de aquisição dos equipamentos, como também de que forma estes mesmos equipamentos influenciam a classificação energética da habitação ou o impacto ambiental que haverá a curto e longo prazo.

No âmbito deste trabalho foi realizado um caso de estudo de uma habitação unifamiliar isolada de tipologia T3 a ser edificada no concelho da Covilhã a 505 metros de altitude. A esta habitação corresponde uma zona climática, estando portanto numa zona climática I2-V3. Em todas as soluções analisadas neste trabalho, são cumpridos os requisitos energéticos relativamente às necessidades nominais de energia útil de preparação de AQS e necessidades nominais globais de energia primária.

No caso de estudo analisaram-se diversos sistemas de climatização e de preparação de AQS, relativamente ao impacto que teriam na certificação energética, emissões de CO<sub>2</sub>, fatura energética e período de retorno. É definido, segundo o REH, um sistema padrão (designado de S1 no presente trabalho), caso não seja definido em projeto qualquer intenção de implementação de equipamentos na habitação. Os restantes sistemas, de S2 a S12, foram definidos com diversos equipamentos (incluindo fontes de energias renováveis), com o objetivo de efetuar uma comparação ao sistema padrão e concluir os benefícios que cada um apresentaria.

A partir dos resultados obtidos concluiu-se que:

- A classificação energética de uma habitação não está apenas dependente dos aspetos construtivos mas também dos sistemas de climatização e AQS a utilizar;
- A uma classificação energética mais elevada, corresponderá uma emissão de CO<sub>2</sub> baixa;
- A classificação energética e consequentes emissões de CO<sub>2</sub>, em nada se relacionam com os preços de aquisição dos equipamentos ou faturas energéticas mensais. Ou seja, é possível que a uma boa classe energética estejam aliadas faturas energéticas mensais relativamente baixas ou altas;

- Os gastos mais significativos apresentam-se para o aquecimento da habitação, seguido das AQS e, por último, arrefecimento. O impacto da escolha do equipamento relativo ao aquecimento será, então, mais significativo na fatura energética do que a escolha dos equipamentos relativos ao arrefecimento e AQS;
- Aquando da escolha dos sistemas a implementar, deverá ter-se em atenção a relação entre o seu preço de aquisição e a redução nas faturas energéticas. Tal relação é apresentada como o período de retorno. Um sistema de valor de aquisição mais elevado poderá, a longo prazo, ter um retorno mais rápido do que um sistema de valor de aquisição inicial baixo, que poderá apresentar retornos de investimento mais lentos (por exemplo, por apresentar faturas energéticas mensais mais elevadas);
- O período de retorno em nada se relaciona com a classificação energética da habitação, já que edifícios de classe energética baixa podem apresentar períodos de retorno mais baixos do que outros de classe energética mais elevada.

## Referências Bibliográficas

[1]- HAJDUKIEWICZ, Magdalena; GOGGINS, Jamie. 2015. The influence of heat transfer and storage in structural precast building components on indoor environments. Department of Civil Engineering, National University of Ireland Galway.

[2]- POR DATA - Consumo de energia eléctrica: total e por tipo de consumo. [Em linha]. (2015). [Consultado a 4 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+el%C3%A9ctrica+total+e+por+tipo+de+consumo-1124>

[3]- NREL, National Renewable Energy Laboratory - Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. [Em Linha]. (2006), p. 3. [Consultado a 4 Agosto 2017].

[4]- SARTORI, Igor; NAPOLITANO, Assunta; VOSS, Karsten. 2012. Net zero energy buildings: A consistente definition framework. Energy and Buildings.

[5]- ANDRADE, Pedro Brogueira - Eficiência Energética em Edifícios: Oportunidades e Desafios. Porto: FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012. Tese de mestrado.

[6]- PRADO, Miguel - Dependência de Portugal da energia comprada lá fora atinge 2º melhor valor da década. Expresso. [Em linha]. [Consultado a 18 de Janeiro 2018]. Disponível na internet: <http://expresso.sapo.pt/economia/2017-06-30-Dependencia-de-Portugal-da-energia-comprada-la-fora-atinge-2-melhor-valor-da-decada>

[7]- FONSECA, Sara Mendonça Barbosa Jesus - Caracterização do Consumo de Energia no Sector Residencial em Portugal. Lisboa: IST - Instituto Superior Técnico, 2015. Tese de mestrado.

[8]- PNAEE - Enquadramento. [Em linha]. (2017). [Consultado a 18 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.pnaee.pt/pnaee#enquadramentopnaee>

[9]- ADENE, Agência para a energia - Guia da eficiência energética. [Em linha]. (2012), p. 13. [Consultado a 3 Agosto 2017]. Disponível na Internet: [http://www.adene.pt/sites/default/files/guiaee\\_v1310.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/guiaee_v1310.pdf)

[10]- EUROPEAN COMMISSION - Buildings. [Em linha]. (2017). [Consultado a 4 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

- [11]- BPIE, Buildings Performance Institute Europe - Europe's buildings under the microscope. [Em linha]. (2011), p. 10-11. [Consultado a 3 Agosto 2017]. Disponível na Internet: [http://www.bpie.eu/documents/BPIE/HR\\_%20CbC\\_study.pdf](http://www.bpie.eu/documents/BPIE/HR_%20CbC_study.pdf)
- [12]- EuroACE, The European Alliance of Companies for Energy Efficiency in Buildings - Towards Energy Efficient Buildings in Europe. [Em linha]. (2004), p. 11. [Consultado a 4 Agosto 2017].
- [13]- ENERGY GOV - Selecting a New Water Heater. [Em linha]. (2017). [Consultado a 10 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://energy.gov/energysaver/selecting-new-water-heater>
- [14]- THE WORLDS OF DAVID DARLING - solar collector. [Em linha]. [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/S/AE\\_solar\\_collector.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/S/AE_solar_collector.html)
- [15]- ESRU - Solar Collectors. [Em linha]. (2003). [Consultado a 14 Agosto 2017]. Disponível na Internet: [http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web\\_sites/02-03/zero\\_emission\\_bldgs/descripsolarcollectors.htm](http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/02-03/zero_emission_bldgs/descripsolarcollectors.htm)
- [16]- SolarServer - Solar collectors. [Em linha]. (2017). [Consultado a 14 Agosto 2017]. Disponível a Internet: <http://www.solarserver.com/knowledge/basic-knowledge/solar-collectors.html>
- [17]- ENERGY GOV - Solar Water Heaters. [Em linha]. (2017). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://energy.gov/energysaver/solar-water-heaters>
- [18]- ENERGY GOV - Tankless or Demand-Type Water Heaters. [Em linha]. (2017). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://energy.gov/energysaver/tankless-or-demand-type-water-heaters>
- [19]- My Georgia Plumber - How Does a Tankless Water Heater Work?. [Em linha]. (2017). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://mygeorgiaplumber.com/default.asp.pg-HowDoesaTanklessWaterHeaterWork>
- [20]- WORCESTER, Bosch Group - Learn about boilers. [Em linha]. (2017). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.worcester-bosch.co.uk/products/boilers/explained>
- [21]- HELP-LINK - Electric Boiler: Cost, Efficiency & How They Work. [Em linha]. (2017). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.help-link.co.uk/boilers-and-central-heating/electric-boilers/>

- [22]- ELECTRIC BOILERS - Electric boilers. [Em linha]. (2010). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.electric-boilers.org.uk/>
- [23]- BETTER BRICKS - Boilers. [Em linha]. (2010). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: [https://betterbricks.com/sites/default/files/operations/om\\_of\\_boilers\\_final.pdf](https://betterbricks.com/sites/default/files/operations/om_of_boilers_final.pdf)
- [24]- THE GREENAGE - Introduction to biomass boilers. [Em linha]. (2015). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.thegreenage.co.uk/tech/biomass-boiler/>
- [25]- ENERGY GOV - Heat Pump Systems. [Em linha]. (2017). [Consultado a 11 Agosto de 2017]. Disponível na Internet: <https://energy.gov/energysaver/heat-pump-systems>
- [26]- SAVE WITH SRP - Learn all about electric heat pumps. [Em linha]. (2017). [Consultado a 10 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.savewithsrp.com/advice/heatpump.aspx>
- [27]- GUIA CASA EFICIENTE - Guia bombas de calor. [Em linha]. (2015). [Consultado a 11 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.guiacasaeficiente.com/Aquecedores/AqGuiaBombasGeo.html>
- [28]- Water2Energy - Invest in heat pumps. [Em linha]. (2017). [Consultado a 17 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.veoliawater2energy.com/en/references/heat-pumps/>
- [29]- TEMPERATURE CORPORATION - Chillers and Chiller Systems. [Em linha]. (2017). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.temperaturecorporation.com/chillers.htm>
- [30]- BRIGHT HUB ENGINEERING - WHAT are Water Chillers?. [Em linha]. (2009). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.brighthubengineering.com/hvac/27168-what-are-water-chillers>
- [31]- CA, COMPACT APPLIANCE - Mini-Split Heat Pumps: The Advantages & Disadvantages of Ductless Heating. [Em linha]. (2015). [Consultado a 12 Agosto de 2017]. Disponível na Internet: <https://learn.compactappliance.com/mini-split-heat-pumps/>
- [32]- DAIKIN global - Split/multi-split type air conditioners. [Em linha]. (2017). [Consultado a 11 Agosto de 2017]. Disponível na Internet: [https://www.daikin.com/products/ac/lineup/split\\_multi\\_split/](https://www.daikin.com/products/ac/lineup/split_multi_split/)
- [33]- PIERSONS - Multi-Room Heat Pumps for Christchurch Conditions. [Em linha]. (2017). [Consultado a 11 Agosto de 2017]. Disponível na internet: <http://www.piersons.co.nz/multi-room-heat-pumps-for-christchurch-conditions/>

- [34]- SUN, Kaizheng; LI, Guannan; CHEN, Huanxin; LIU, Joangyan; LI, Jiong; HU, Wenju. 2016. A novel efficient SVM-based fault diagnosis method for multi-split air conditioning system's refrigerant charge fault amount. Applied Thermal Engineering.
- [35]- COOL AUTOMATION - VRV or VRF?. [Em linha]. (2017). [Consultado a 12 Agosto de 2017]. Disponível na Internet:<https://coolautomation.com/wiki/vrv-or-vrf/>
- [36]- LI, Ziai; WANG, Baolong; LI, Xianting; SHI, Wenxing; ZHANG, Shaolong; LIU, Yunzhong. 2017. Simulation of recombined household multi-split variable refrigerante flow system with split-type air conditioners. Applied Thermal Engineering.
- [37]- Bryant, Heating & Cooling Systems - Rooftop Units Level 1: Constant Volume. [Em linha]. (2006). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://pt.scribd.com/document/64027509/tdp-06-b796-056-preview>
- [38]- POPULAR MECHANICS - How It Works: Heat Recovery Ventilator. [Em linha]. (2000). [Consultado a 15 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.popularmechanics.com/home/interior-projects/how-to/a149/1275121/>
- [39]- The Renewable Energy Hub - Types of Heat Recovery System. [Em linha]. (2017). [Consultado a 17 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/heat-recovery-systems-information/types-of-heat-recovery-system.html>
- [40]- STOVAX - How a Wood Burning Stove Works. [Em linha]. (2017). [Consultado a 17 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.stovax.com/appliance/stoves/wood-burning-stoves/buying-wood-burning-stove/how-a-stove-works/>
- [41]- CARVALHO, R. L.; JENSEN, O. M.; TARELHO; L. A. C. 2016. Mapping the performance of wood-burning stoves by installations worldwide. Energy and Buildings.
- [42]- SFGATE - How Do Wood Burning Stoves Work?. [Em linha]. (2013). [Consultado a 17 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://homeguides.sfgate.com/wood-burning-stoves-work-70432.html>
- [43]- how stuff works - How Wood Stoves Work. [Em linha]. (2017). [Consultado a 17 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://home.howstuffworks.com/home-improvement/heating-and-cooling/wood-stoves1.htm>
- [44]- ENERGY GOV - Electric Resistance Heating. [Em linha]. (2017). [Consultado a 17 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://energy.gov/energysaver/electric-resistance-heating>

- [45]- ENERGY GOV - Heat Distribution Systems. [Em linha]. (2017). [Consultado a 17 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://energy.gov/energysaver/heat-distribution-systems>
- [46]- DIRETIVA 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação). Jornal Oficial da União Europeia. (18-06-2010)
- [47]- DECRETO-LEI nº 118/2013. D. R. 1ª Série. 159 (20-08-2013)
- [48]- PORTARIA nº 349-B/2013. D. R. 1ª Série. 232 (29-11-2013)
- [49]- PORTARIA n.º 349-C/2013. D. R. 1ª Série. 233 (2-12-2013)
- [50]- DESPACHO (extrato) nº 15793-D/2013. D. R. 2ª Série. 234 (03-12-2013)
- [51]- DESPACHO (extrato) nº 15793-H/2013. D. R. 2ª Série. 234 (03-12-2013)
- [52]- DESPACHO (extrato) nº 15793-I/2013. D. R. 2ª Série. 234 (03-12-2013)
- [53]- DESPACHO (extrato) nº 15793-J/2013. D. R. 2ª Série. 234 (03-12-2013)
- [54]- DESPACHO (extrato) nº 15793-L/2013. D. R. 2ª Série. 234 (03-12-2013)
- [55]- WORTEN - Aquecedores. [Em linha]. [Consultado a 18 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.worten.pt/grandes-eletrdomesticos/climatizacao-de-ar/aquecedores>
- [56]- VULCANO - Ar condicionado. Catálogo de informação técnica, 2017.
- [57]- WORTEN - Ar condicionado. [Em linha]. [Consultado a 18 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.worten.pt/grandes-eletrdomesticos/climatizacao-de-ar/ar-condicionado>
- [58]- VULCANO - Termoacumuladores elétricos. Catálogo de Informação técnica, 2016.
- [59]- WORTEN - Termoacumuladores. [Em linha]. [Consultado a 18 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.worten.pt/grandes-eletrdomesticos/aquecimento-de-agua/termoacumuladores>
- [60]- VULCANO - Esquentadores a gás. Manual de Instalação e utilização, 2016.
- [61]- RP - Aquecimento de Águas. [Em linha]. [Consultado a 18 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.radiopopular.pt/categoria/?id=1763>

[62]- WORTEN - Esquentadores. [Em linha]. [Consultado a 18 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.worten.pt/grandes-eletrrodomesticos/aquecimento-de-agua/esquentadores>

[63]- WORTEN - Termoacumulador ARISTON Blue Eco 100V. [Em linha]. [Consultado a 19 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.worten.pt/grandes-eletrrodomesticos/aquecimento-de-agua/termoacumuladores/termoacumulador-ariston-blue-eco-100-v-5217967>

[64]- WORTEN - Termoacumulador VULCANO ES 120-5E. [Em linha]. [Consultado a 18 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.worten.pt/grandes-eletrrodomesticos/aquecimento-de-agua/termoacumuladores/termoacumulador-vulcano-es-120-5e-5534246>

[65]- WORTEN - Termoacumulador VULCANO ES 120-5E. [Em linha]. [Consultado a 18 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.worten.pt/grandes-eletrrodomesticos/aquecimento-de-agua/termoacumuladores/termoacumulador-vulcano-es-120-5e-5534246>

[66]- VULCANO - Caldeira a Lenha Gama AquaSolid. [Em linha]. [Consultado a 19 Agosto 2017]. Disponível na Internet: [http://www.vulcano.pt/consumidor/productos/catalogo/producto\\_24449](http://www.vulcano.pt/consumidor/productos/catalogo/producto_24449)

[67]- PRINFOR - Caldeira a lenha Metlor - CL36PYRO. [Em linha]. [Consultado a 19 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.prinfor.pt/aquecimento-tratamento-de-aguas/92893-caldeira-a-lenha-metlor-cl36pyro.html>

[68]- SANILUZ - Caldeira Pellets CP25. [Em linha]. [Consultado a 19 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.saniluz.pt/9600000903-caldeira-pellets-cp25.html>

[69]- LEROY MERLIN - Vulcano Lifestar ZSB 22-3 CE N. [Em linha]. [Consultado a 19 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.leroymerlin.pt/Site/Produtos/Canalizacao/Caldeiras/17908226.aspx>

[70]- VULCANO - Tabela de preços solar térmico, 2015.

[71]- PORTAL Solar - Folha de dados do painel solar - o que você precisa saber. [Em linha]. (2017). [Consultado a 20 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.portalsolar.com.br/folha-de-dados-do-painel-solar---o-que-voce-precisa-saber.html>

[72]- DAIKIN - Tabela de Preços, 2016.

- [73]- LEROY MERLIN - Roca Dubal 70/60 6 Elementos. [Em linha]. [Consultado a 20 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <http://www.leroymerlin.pt/Site/Produtos/Aquecimento-e-Climatizacao/Aquecimento-central/Radiadores/12773404.aspx>
- [74]- DAIKIN - Catálogo de unidades ventilo-convectoras, 2012.
- [75]- KAYSUN - Tabela de preços, 2015
- [76]- SANILUZ - Caldeira ZW24. [Em linha]. [Consultado a 20 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.saniluz.pt/297736503013-caldeira-zw24-2dh-kep-23-natural-exautao-natural.html>
- [77]- SANILUZ - Recuperador calor a ar ref.: Vitrus 75. [Em linha]. [Consultado a 21 Agosto 2017]. Disponível na Internet: <https://www.saniluz.pt/9600000214-recuperador-calor-a-ar-ref.-vitrus-75.html>
- [78]- NEPOMUCENO, M.C.S. - Física das Construções: Desempenho Energético de Edifícios. «Documento de apoio às aulas de Física das Construções», UBI, 2014 (270 pág.)
- [79]- PACHECO, Cláudia Francisca Figueiredo Pires Ribeiro - Impacto dos Sistemas de Climatização e AQS na Certificação Energética de Edifícios no âmbito do RCCTE: Caso de Estudo. Covilhã: UBI - Universidade da Beira Interior, 2010. Tese de Mestrado.
- [80]- Pacheco, C.; Nepomuceno, M.C.S.; Silva, P.N.D.P. - Impacto dos sistemas de climatização e AQS na certificação energética de edifícios no âmbito do RCCTE: Estudo de caso, ICEUBI2011 - International Conference on Engineering, Covilhã, Portugal, Nov. 2011, ISBN: 978-989-654-079-1



## **Anexos**



## **Anexo A**

### **Memória Descritiva do Edifício em Estudo**



## MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA DE CÁLCULO

### 1. Introdução

#### 1.1. Âmbito de aplicação

A memória descritiva e justificativa de cálculo que aqui se apresenta diz respeito ao relatório do estudo do comportamento térmico de uma fração autónoma para habitação, constituída por uma moradia unifamiliar isolada de tipologia T3 (2 quartos e 1 escritório), a edificar na freguesia da Covilhã e Canhoso, Concelho do Covilhã. A moradia encontra-se no âmbito do REH.

#### 1.2. Organização do relatório

O relatório inclui a memória descritiva e justificativa de cálculo com a descrição da fração autónoma e a verificação do cumprimento da conformidade regulamentar, detalhando e justificando todas as opções de projeto.

### 2. Caracterização da fração autónoma

#### 2.1. Descrição geral e relação com a envolvente

Moradia unifamiliar isolada de tipologia T3, a edificar, com área útil de pavimento de 141,53 m<sup>2</sup> e pé-direito médio de 2,87 m, com dois pisos acima da cota da soleira e uma garagem exterior à fração. O rés-do-chão inclui a sala, cozinha, despensa, escritório, uma I.S., circulações interiores e caixa de escada com acesso ao 1.º andar. O 1.º andar inclui dois quartos, um vestíário, uma I.S. e circulações interiores. O edifício localiza-se no concelho do Covilhã, freguesia da Covilhã e Canhoso, a uma altitude de 505 m (zona climática I2-V3), sem obstruções significativas aos ganhos solares em toda a envolvente. A inércia térmica é forte e as soluções de isolamento térmico incluem, em todas as fachadas, paredes duplas de alvenaria de tijolo com isolante ocupando parcialmente a caixa-de-ar. A cobertura é inclinada, com telha lusa cerâmica de cor clara, formada por um desvão fortemente ventilado, não acessível, com isolante térmico sobre a laje de esteira. Os vãos envidraçados são simples, de caixilharia plástica, sem classificação, com vidro duplo incolor 6+16+5 mm sem quadrícula e proteção exterior com persianas de réguas plásticas de cor clara (caixa de estore interior), à exceção de um vão situado a Norte, que possui vidro triplo incolor 5+10+4+10+4 mm. Prevê-se ventilação natural, com exaustor na cozinha. Para produção de AQS serão instalados 3,0 m<sup>2</sup> de coletores solares térmicos na cobertura e sistema de apoio com esquentador termostático a gás natural. Os sistemas de climatização incluem a utilização de uma caldeira a biomassa para aquecimento, enquanto para arrefecimento não é especificado qualquer equipamento.

## **2.2. Área útil e pé-direito médio**

A área útil da fração autónoma inclui todos os compartimentos, circulações interiores, instalações sanitárias e arrumos interiores listados no quadro que a seguir se apresenta, para os quais se requerem as condições de referência de conforto térmico. O pé-direito corresponde ao valor ponderado em função da área de cada compartimento.

As medições efetuadas permitiram concluir que a fração autónoma apresenta uma área útil ( $A_p$ ) de 141,53 m<sup>2</sup> e um pé-direito médio ponderado ( $P_d$ ) de 2,87 m.

## **2.3. Condições de referência e caracterização de espaços não úteis**

### **2.3.1. Condições de referência de conforto térmico interior**

O Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), aprovado pelo Dec. Lei 118/2013 de 20 de agosto, fixa uma taxa mínima de renovação do ar de 0,4 renovações por hora para garantia da qualidade do ar interior e considera as seguintes condições interiores de conforto de referência: para a estação de aquecimento (inverno) estabelece uma temperatura do ar de 18 °C e para a estação de arrefecimento (verão) estabelece uma temperatura do ar de 25 °C.

### **2.3.2. Caracterização dos espaços não úteis**

Para a delimitação da envolvente da fração autónoma em análise foram assumidas as seguintes premissas relativamente aos espaços não úteis adjacentes:

#### Cobertura sob desvão 1 (laje de esteira horizontal)

O desvão localizado superiormente à fração autónoma em análise constitui um espaço não habitado, fortemente ventilado e não acessível, assumindo-se claramente como um espaço não útil. Admitindo que o espaço será fortemente ventilado, deverá assumir-se um valor de  $b_{tr} = 1$ .

#### Cobertura sob desvão 2 (laje de esteira horizontal)

O desvão localizado superiormente à fração autónoma em análise constitui um espaço não habitado, fortemente ventilado e não acessível, assumindo-se claramente como um espaço não útil. Admitindo que o espaço será fortemente ventilado, deverá assumir-se um valor de  $b_{tr} = 1$ .

#### Desvão sanitário

O desvão sanitário, fortemente ventilado e ocupando completamente a área de implantação do edifício, localiza-se inferiormente à fração autónoma em análise e foi admitida como um espaço

não útil. Admitindo que o espaço será fortemente ventilado, deverá assumir-se um valor de  $b_{tr} = 1$ .

### Garagem

A garagem adjacente à fração autónoma em análise constitui um espaço não habitado, sem aberturas permanentemente abertas (fracamente ventilado), assumindo-se claramente como um espaço não útil. A relação  $A_i/A_u$  é de 0,34. De acordo com a Tabela 22 - Coeficiente de redução de perdas para ENU do Despacho nº 15793-K/2003, adota-se um valor de  $b_{tr} = 1$ .

## 2.4. Definição da envolvente

Na delimitação da envolvente foram considerados os elementos da envolvente exterior, os elementos da envolvente interior com requisitos de exterior ( $b_{tr} > 0,7$ ), os elementos da envolvente interior com requisitos de interior ( $b_{tr} \leq 0,7$ ) e os elementos sem requisitos térmicos.

## 2.5. Parâmetros térmicos dos elementos da envolvente opaca exterior

### 2.5.1. Paredes exteriores

#### PRE1 - Parede exterior (Fachadas)

PRE1- Parede exterior (fachada) composta (do interior para o exterior) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.°C); 2) tijolo furado (11 cm) com resistência térmica de 0,27 m<sup>2</sup>.°C/W; 3) isolante térmico XPS (8 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C); 4) espaço de ar não ventilado (2 cm) com resistência térmica 0,170 m<sup>2</sup>.°C/W; 5) tijolo furado (15 cm) com resistência térmica 0,39 m<sup>2</sup>.°C/W; 6) Reboco exterior em argamassa tradicional (2 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m <sup>2</sup> ]	46,21	43,76	40,97	23,76
U [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,311	0,311	0,311	0,311

### 2.5.2. Pontes térmicas planas inseridas em paredes exteriores

#### PPE1 - Ponte térmica plana (Vigas/pilares inseridos na parede PRE1)

PPE1 - Ponte térmica plana (viga/pilar) inserida na parede PRE1, composta (do interior para o exterior) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.°C); 2) tijolo furado (7 cm) com resistência térmica de 0,19 m<sup>2</sup>.°C/W; 3) isolante

térmico XPS (5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C); 4) pilar ou viga em betão armado (25 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 2,0 W/(m.°C); 5) Reboco exterior em argamassa tradicional (2 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m <sup>2</sup> ]	4,94	5,18	4,12	2,42
U [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,618	0,618	0,618	0,618

#### PPE2 - Ponte térmica plana (Caixa de estore inserida na parede PRE1)

PPE2 - Ponte térmica plana (Caixa de estore) inserida na parede PRE1, composta (do interior para a caixa de ar) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.°C); 2) isolante térmico XPS (6 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C); 3) aparas de madeira aglomeradas com cimento (8 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,23 W/(m.°C); 4) isolante térmico EPS de alta densidade (33 mm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C);

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m <sup>2</sup> ]	1,11	1,77	1,44	
U [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,351	0,351	0,351	

### 2.5.3. Portas exteriores

#### POE1 - Porta exterior (No acesso principal e cozinha)

POE1 - Porta metálica de batente com aro constituído por perfis quinados de chapa de aço electrozincado de 2 mm de espessura soldados entre si, sem envidraçados e com aplicação de borracha ou equivalente em todo o perímetro.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste
Área [m <sup>2</sup> ]	1,68	1,89		
U [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	3,30	3,30		

### 2.5.4. Pontes térmicas lineares da envolvente exterior

Considerou-se a existência das seguintes pontes térmicas lineares da envolvente exterior:

PLB1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PAVIMENTO SOBRE ESPAÇO NÃO ÚTIL;

PLC1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PAVIMENTOS INTERMÉDIOS;

PLD1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM COBERTURA SOB DESVÃO NÃO ÚTIL;

PLE1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM VARANDA;

PLF1-LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES VERTICAIS;

PLG1-LIGAÇÃO DA FACHADA COM CAIXA DE ESTORE;

PLH1- LIGAÇÃO DA FACHADA COM PADIEIRA, OMBREIRA E PEITORIL.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para as pontes térmicas lineares:

Elemento	B [m]	$\psi$ [W/m.°C]
PLB1	34,31	0,75
PLC1	64,39	0,50
PLD1	36,76	1,00
PLE1	2,11	0,55
PLF1	40,12	0,50
PLG1	12,40	0,30
PLH1	46,94	0,20

## 2.6. Parâmetros térmicos dos elementos da envolvente opaca interior

### 2.6.1. Paredes da envolvente interior

#### PR11 - Parede em contacto com espaço não útil (garagem)

PR12 - Parede interior em contacto com espaço não útil (garagem), composta (do interior para o espaço não útil) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.°C); 2) tijolo furado (11 cm) com resistência térmica de 0,27 m<sup>2</sup>.°C/W; 3) isolante térmico XPS (8 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C); 4) espaço de ar não ventilado (2 cm) com resistência térmica 0,170 m<sup>2</sup>.°C/W; 5) tijolo furado (15 cm) com resistência térmica 0,39 m<sup>2</sup>.°C/W; 6) Reboco exterior em argamassa tradicional (2 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m <sup>2</sup> ]	16,12
U [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,303
Parâmetro $b_{tr}$ do ENU	1,00

### PRI2 - Parede em contacto com espaço não útil (desvão)

PRI2 - Parede interior em contacto com espaço não útil (garagem), composta (do interior para o espaço não útil) por: 1) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.°C); 2) tijolo furado (11 cm) com resistência térmica de 0,27 m<sup>2</sup>.°C/W; 3) isolante térmico XPS (8 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C); 4) espaço de ar não ventilado (2 cm) com resistência térmica 0,170 m<sup>2</sup>.°C/W; 5) tijolo furado (15 cm) com resistência térmica 0,39 m<sup>2</sup>.°C/W; 6) Reboco exterior em argamassa tradicional (2 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m <sup>2</sup> ]	4,06
$U$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,303
Parâmetro $b_{tr}$ do ENU	1,00

### **2.6.2. Portas da envolvente interior**

#### POI1 - Porta da envolvente interior (garagem)

POI1 - Porta metálica de batente com aro constituído por perfis quinados de chapa de aço electrozincado de 2 mm de espessura soldados entre si, sem envidraçados e com aplicação de borracha ou equivalente em todo o perímetro.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m <sup>2</sup> ]	1,89
$U$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	3,30
Parâmetro $b_{tr}$ do ENU	1,00

### **2.6.3. Pavimentos sobre espaços não úteis**

#### PVI1 - Pavimento sobre espaço não útil (desvão sanitário)

PVI1 - Pavimento interior sobre espaço não útil (cave), composto (de cima para baixo) por: 1) ladrilhos cerâmicos (1,0 cm) e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C); 2) argamassa de regularização (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(m.°C); 3) betão de agregados leves de argila expandida (7 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,70 W/(m.°C); 4) laje em betão armado (20 cm) com resistência térmica de 0,15 m<sup>2</sup>.°C/W (ascendente) e 0,16 m<sup>2</sup>.°C/W (descendente); 5) isolante térmico XPS (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m <sup>2</sup> ]	65,66
$U_{asc.}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,641
$U_{desc.}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,584
Parâmetro $b_{tr}$ do ENU	1,00

#### PV12 - Pavimento sobre espaço não útil (desvão sanitário)

PV11 - Pavimento interior sobre espaço não útil (cave), composto (de cima para baixo) por: 1) acabamento de piso em pavimento flutuante (1,0 cm) com resistência térmica de 0,11 m<sup>2</sup>.°C/W (ascendente) e 0,11 m<sup>2</sup>.°C/W (descendente); 2) argamassa de regularização (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,8 W/(m.°C); 3) betão de agregados leves de argila expandida (7 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,70 W/(m.°C); 4) laje em betão armado (20 cm) com resistência térmica de 0,15 m<sup>2</sup>.°C/W (ascendente) e 0,16 m<sup>2</sup>.°C/W (descendente); 5) isolante térmico XPS (4 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m <sup>2</sup> ]	12,08
$U_{asc.}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,601
$U_{desc.}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,551
Parâmetro $b_{tr}$ do ENU	1,00

#### **2.6.4. Coberturas sob espaços não úteis**

##### CB11 - Cobertura sob espaço não útil (desvão 1)

CB11 - Cobertura sob desvão não útil, formando laje de esteira horizontal, constituída (de cima para baixo) por: 1) isolante térmico XPS (12 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C); 2) laje em betão armado (20 cm) com resistência térmica de 0,15 m<sup>2</sup>.°C/W (ascendente) e 0,16 m<sup>2</sup>.°C/W (descendente); 3) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.°C).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m <sup>2</sup> ]	67,27
$U_{asc.}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,275
$U_{desc.}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,264
Parâmetro $b_{tr}$ do ENU	1,00

## CBI2 - Cobertura sob espaço não útil (desvão 2)

CBI1 - Cobertura sob desvão não útil, formando laje de esteira horizontal, constituída (de cima para baixo) por: 1) isolante térmico XPS (12 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C); 2) laje em betão armado (20 cm) com resistência térmica de 0,15 m<sup>2</sup>.°C/W (ascendente) e 0,16 m<sup>2</sup>.°C/W (descendente); 3) estuque tradicional (1,5 cm) com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,40 W/(m.°C).

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para o elemento em análise.

Área [m <sup>2</sup> ]	11,10
$U_{asc.}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,275
$U_{desc.}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	0,264
Parâmetro $b_{tr}$ do ENU	1,00

### 2.6.5. Pontes térmicas lineares da envolvente interior

Foram identificadas as seguintes situações de pontes térmicas lineares da envolvente interior em paredes que confinam com espaços não úteis com  $b_{tr} > 0,7$ :

**PLB1i-** LIGAÇÃO DA FACHADA COM PAVIMENTO SOBRE ESPAÇO NÃO ÚTIL;

**PLD1i-** LIGAÇÃO DA FACHADA COM COBERTURA SOB DESVÃO NÃO ÚTIL;

**PLE1i-** LIGAÇÃO DA FACHADA COM VARANDA;

**PLF1i-** LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES VERTICAIS.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para as pontes térmicas lineares da envolvente interior em paredes que confinam com espaços não úteis com  $b_{tr} > 0,7$ :

Elemento	$B$ [m]	$\psi$ [W/m.°C]	$b_{tr}$
<b>PLB1i</b>	6,97	0,75	1,00
<b>PLD1i</b>	7,69	1,00	1,00
<b>PLE1i</b>	4,48	0,55	1,00
<b>PLF1i</b>	5,73	0,50	1,00

## 2.7. Parâmetros térmicos dos vãos envidraçados da envolvente exterior

### 2.7.1. Identificação dos vãos envidraçados

A fracção autónoma em estudo possui um total de 11 vãos envidraçados, identificados individualmente com as siglas EEV1 a EEV11.

### 2.7.2. Parâmetros dos vãos envidraçados

#### EEV1 a EEV10 - Vãos envidraçados exteriores

EEV1 a EEV10 - Vãos envidraçados exteriores verticais simples, com caixilharia plástica, sem classificação, com vidro duplo incolor 6+16+5 mm, sem quadrícula e proteção exterior com persianas de réguas plásticas de cor clara (caixa de estore interior), com factor solar de 0,04 com o sistema 100% activo e  $U_{wdn}$  de 2,1 W/(m<sup>2</sup>.°C).

Tratando-se de uma habitação com ocupação nocturna importante, com vãos envidraçados dotados de sistema de oclusão, foi quantificado o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite recorrendo à publicação do LNEC ITE50. Admitiu-se na estimativa de  $U_{wdn}$  que o sistema de oclusão nocturna confere baixa permeabilidade ao ar quando encerrado.

Os parâmetros geométricos necessários para a quantificação dos ganhos térmicos solares pelos vãos envidraçados nas estações de aquecimento e de arrefecimento foram obtidos a partir das peças desenhadas. Não existem obstruções de horizonte significativas nas várias orientações.

Para a determinação do fator solar do vão nas estações de aquecimento (inverno) e de arrefecimento (verão) foram efetuadas as devidas correções tendo em conta que o fator solar do vidro é de 0,75.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para estes elementos.

Identificação	Área total, em [m <sup>2</sup> ]	$U_{wdn}$ , em [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
<b>EEV1 a EEV10</b>	17,50	2,10

#### EEV11 - Vão envidraçado exterior

EEV11 - Vão envidraçado exterior vertical simples, com caixilharia plástica, sem classificação, com vidro triplo incolor 5+10+4+10+4 mm, sem quadrícula e sem proteção exterior, com fator solar de 0,72 e  $U_{wdn}$  de 1,68 W/(m<sup>2</sup>.°C).

Os parâmetros geométricos necessários para a quantificação dos ganhos térmicos solares pelos vãos envidraçados nas estações de aquecimento e de arrefecimento foram obtidos a partir das peças desenhadas. Não existem obstruções de horizonte significativas nas várias orientações.

Para a determinação do fator solar do vão nas estações de aquecimento (inverno) e de arrefecimento (verão) foram efetuadas as devidas correções tendo em conta que o fator solar do vidro é de 0,72.

O Quadro seguinte resume os valores obtidos para este elemento.

Identificação	Área total, em [m <sup>2</sup> ]	$U_w$ , em [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
EEV11	1,65	1,68

### 2.8. Classe de inércia térmica

A fração autónoma possui uma classe de inércia térmica FORTE.

### 2.9. Taxa de renovação do ar

A taxa de renovação de ar foi calculada com recurso à aplicação desenvolvida pelo LNEC.

### 2.10. Parâmetros térmicos do sistema convencional de produção de AQS

O sistema de apoio convencional para AQS previsto em projeto é constituído por um esquentador termostático a gás natural com eficiência de 0,92.

A tubagem de distribuição de AQS terá isolante térmico em espuma elastomérica à base de borracha sintética com resistência térmica de pelo menos 0,25 m<sup>2</sup>.°C/W.

### 2.11. Parâmetros do sistema de aproveitamento de energias renováveis

Serão colocados 3,0 m<sup>2</sup> de coletores solares planos de circulação forçada, com um depósito de acumulação de 300 l colocados no interior e na posição vertical. A contribuição anual Eren é de 900 kWh/ano, sendo que toda a energia é utilizada para produção de AQS. O cálculo foi do Eren foi efetuado com recurso ao programa Solterm do INETI. Os coletores são certificados pela CERTIF e serão instalados por instaladores credenciados pela DGEG.

### 2.12. Parâmetros térmicos do sistema de climatização

Para climatização (aquecimento) está prevista a instalação de uma caldeira a biomassa com uma eficiência de conversão de 0,9. A potência da caldeira prevista será inferior a 25 kW.

Para climatização (arrefecimento) não está previsto em projeto qualquer equipamento.

### 3. Verificação do cumprimento da conformidade regulamentar do edifício

#### 3.1. Verificação do cumprimento dos requisitos de qualidade térmica

Foram cumpridos os requisitos quanto aos elementos opacos e envidraçados.

Foram cumpridos os requisitos mínimos relativos a ventilação.

Foram cumpridos os requisitos mínimos quanto a eficiência mínima dos sistemas mecânicos.

#### 3.2. Verificação do cumprimento dos limites das necessidades energéticas

Como resultado da aplicação das folhas de cálculo para verificação detalhada, obtiveram-se os seguintes valores para as necessidades energéticas:

Fração autónoma	$A_p$ [m <sup>2</sup> ]	Taxa renov. (Rph)	$N_{ic}$	$N_i$	$N_{vc}$	$N_v$	$N_{tc}$	$N_t$
			[kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]				[kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)]	
Moradia	141,53	0,52	65,7	90,8	7,6	15,2	18,09	130,7

Os resultados apresentados confirmam o cumprimento de todos os limites das necessidades energéticas exigidos pelo REH.

#### 3.3. Classe energética e taxa de emissão de CO<sub>2</sub>

Da análise efetuada verifica-se que a moradia terá uma **Classificação Energética A+** e uma emissão anual estimada de **0,50 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>**.

### 4. Processo formal de licenciamento

Todos os elementos necessários ao processo formal de licenciamento são apresentados neste documento.



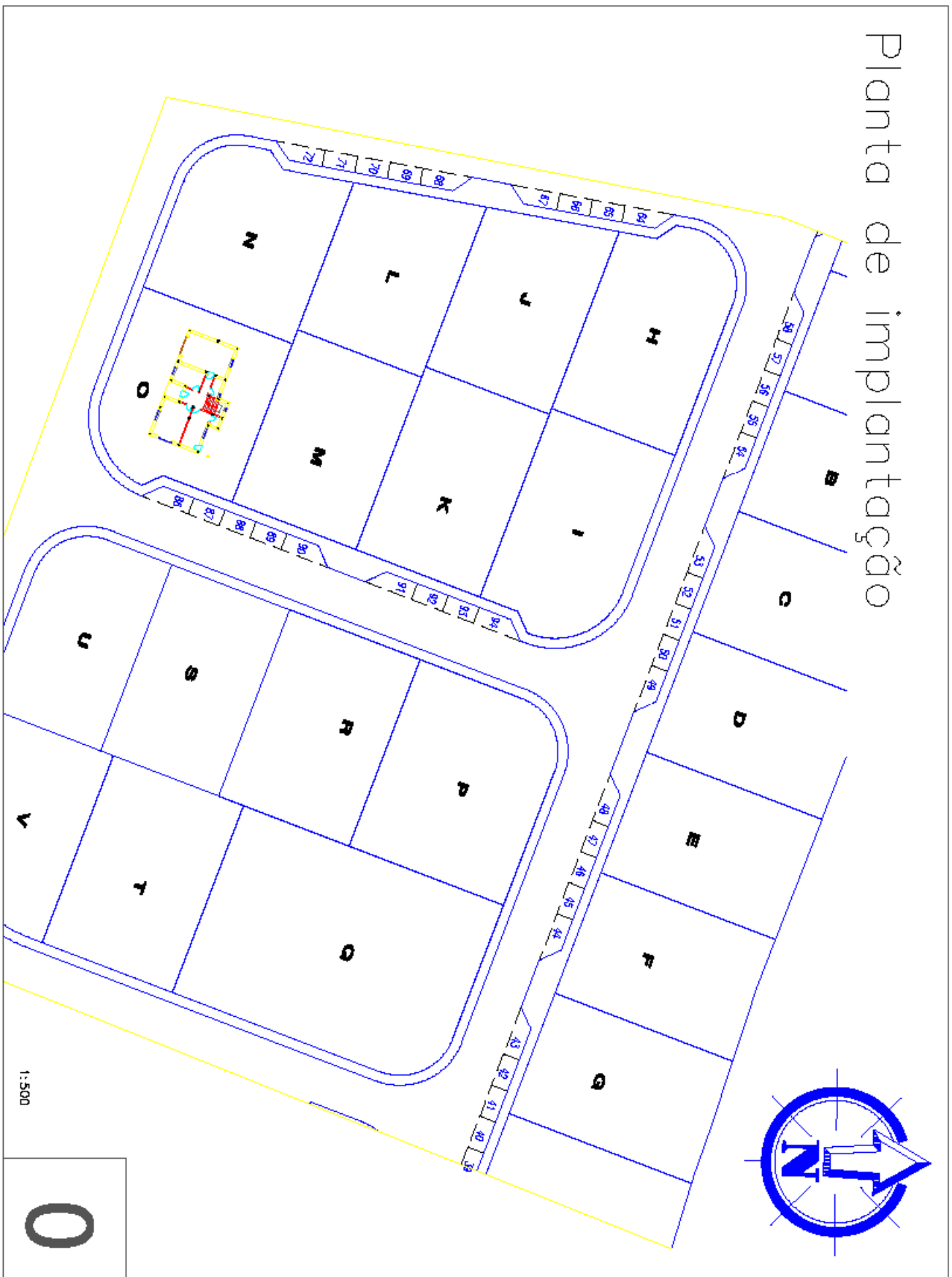
## **Anexo B**

### **Peças Desenhadas**

**(Plantas, alçados, cortes e Definição da envolvente)**



# Planta de implantação



1:500

0

# Plantas, alçados e cortes

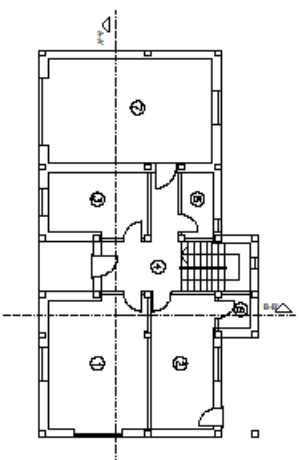
LEGENDA (distribuição):

PISO 0

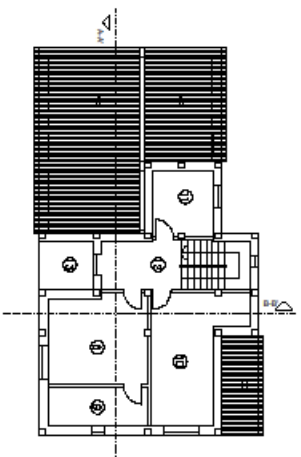
- ① – Sala de estar (25,05 m<sup>2</sup>)
- ② – Cozinha (16,23 m<sup>2</sup>)
- ③ – Escritório (11,98 m<sup>2</sup>)
- ④ – Circulações (17,91 m<sup>2</sup>)
- ⑤ – Instalações sanitárias (3,94 m<sup>2</sup>)
- ⑥ – Despensa (2,04 m<sup>2</sup>)
- ⑦ – Garagem (33,29 m<sup>2</sup>)

PISO 1

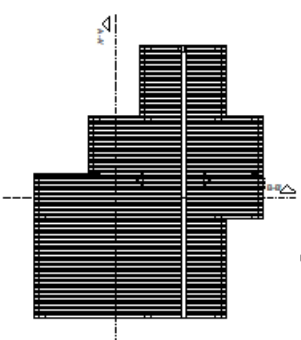
- ⑧ – Quarto (17,00 m<sup>2</sup>)
- ⑨ – Vestibulo (7,44 m<sup>2</sup>)
- ⑩ – Quarto (18,47 m<sup>2</sup>)
- ⑪ – Instalações sanitárias (7,51 m<sup>2</sup>)
- ⑫ – Circulações (13,98 m<sup>2</sup>)
- ⑬ – Varanda (6,00 m<sup>2</sup>)



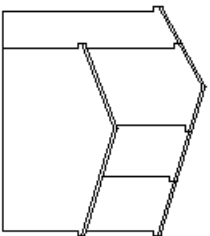
Planta Piso 0



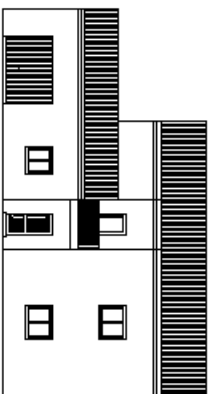
Planta Piso 1



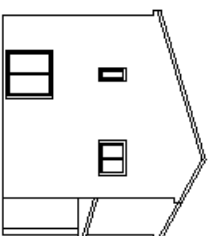
Planta Cobertura



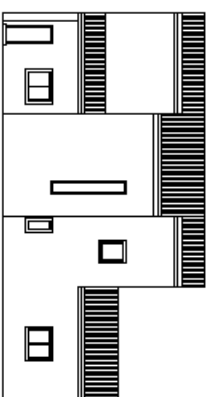
Alçado Oeste (Esquerda)



Alçado Sul (Frente)

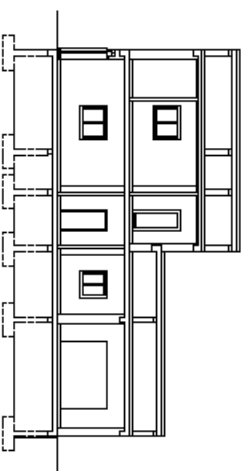


Alçado Este (Direita)

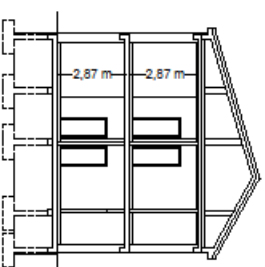


Alçado Norte (Traseira)

1:200



CORTE A-A'

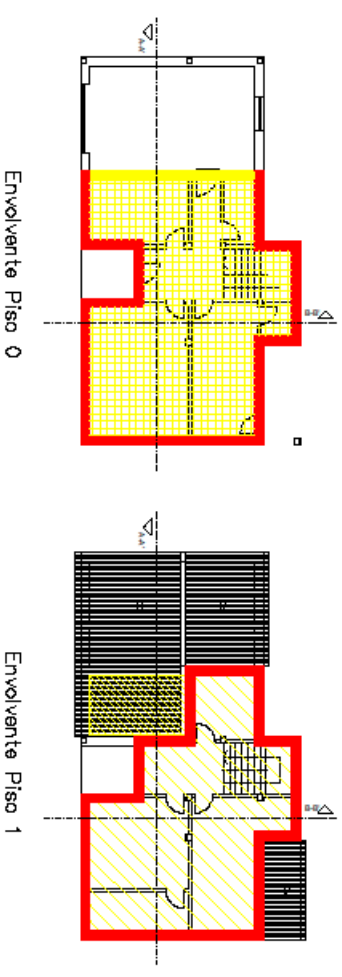


CORTE B-B'

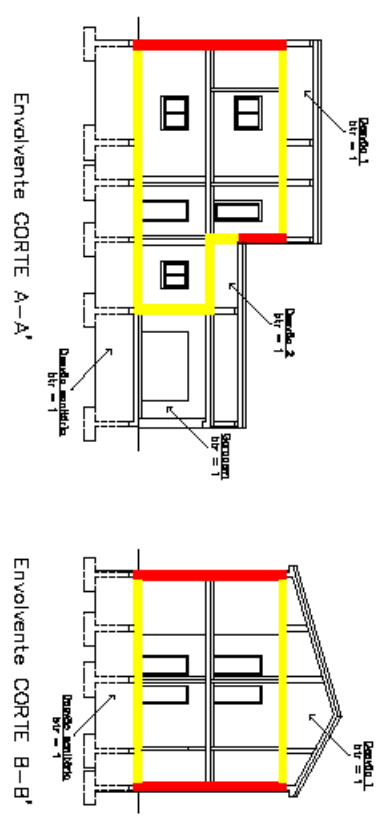
1:200

1

# Definição da envolvente



1:200



1:200

- LEGENDA (envolvente):
- █ Envolvente exterior
  - █ Envolvente interior com requisitos de exterior
  - █ Envolvente interior com requisitos de interior
  - █ Envolvente sem requisitos
  - █ Em planta o pavimento (com a respectivo cor)
  - █ Em planta a cobertura Piso 0 (com a respectivo cor)
  - █ Em planta a cobertura Piso 1 (com a respectivo cor)



## **Anexo C**

### **Caracterização da fração e Sistema Padrão S1**



**Caracterização da Fração:****NOVO**

Edifício/FA situada no município  Região NUTS III  Região   
 a uma altitude de  m distância à costa  Rugosidade   
 Edifício situado  Pé-direito médio  ROADMAP   
 Área útil de Pavimento  Classe de Inércia Térmica do Edifício   
 Tipologia

**Sistemas:**

O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?

Qual?

Os chuveiros ou sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?

<sup>0)</sup> caso o edifício se encontre abrangido pela rede urbana CLIMASPAÇO devem ser considerados os sistemas por defeito.

Designação do Sistema	Resistência Eléctrica	Tipo de Equipamento <sup>0)</sup>	Resistência Eléctrica	Fonte de energia associada	Eficiência Nominal	Fracção servida %
<b>AQUECIMENTO</b>						
Designação do Sistema	Resistência Eléctrica	Tipo de Equipamento <sup>0)</sup>	Resistência Eléctrica	Fonte de energia associada	1	100
<b>Sistema por defeito</b>						
				Electricidade	1	0
<b>ARREFECIMENTO</b>						
Designação do Sistema	Unidade split	Tipo de Equipamento <sup>0)</sup>	Unidades split, multi-split e VRF / permuta ar-ar	Fonte de energia associada	3	100
				Electricidade		
<b>Sistema por defeito</b>						
				Electricidade	3,00	0

PRODUÇÃO DE AQS Designação do Sistema	Tipo de Equipamento <sup>(1)</sup>	Fonte de energia associada	Eficiência Nominal	Fracção servida %
Termoacumulador Elétrico	Termoacumulador eléctrico	Electricidade	0,95	100
Sistema por defeito			0,89	0
		Gás Natural		

ENERGIA RENOVÁVEL PRODUZIDA PARA CONSUMO	Tipo de Sistema	Fonte de Energia Renovável	Contribuição Anual E <sub>ren</sub> kWh/ano	Parcela p/ aquecimento %	Parcela p/ arrefecimento %	Parcela p/ AQS %	Parcela p/ Ventilação %
Designação do Sistema							

VENTILAÇÃO **EFFECTUAR CÁLCULO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA PELO LNEC DESIGNADA " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS "**

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento R<sub>ph,i</sub>  h<sup>-1</sup>

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento R<sub>ph,v</sub>  h<sup>-1</sup>

Existe sistema de ventilação mecânica em funcionamento contínuo?

## **Anexo D**

### **Indicadores energéticos, Indicadores de desempenho e dados climáticos**



**Indicadores Energéticos**

		valor de cálculo	valor de referência
<b>Nic</b>	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	65,7	84,6
<b>Nvc</b>	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	7,6	15,2
<b>Qa</b>	Energia Útil necessária para preparação de AQS (kWh/ano)	2 377	2 377
<b>Wvm</b>	Energia eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica (kWh/ano)	0	
<b>Eren</b>	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0	
<b>Eren, ext</b>	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		
<b>Ntc</b>	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	214,87	268,27

**Indicadores de Desempenho**

	Valor de referência (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Valor de cálculo (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Renovável (%)
<b>Aquecimento</b>	84,6	65,7	0%
<b>Arrefecimento</b>	5,1	2,5	0%
<b>AQS</b>	17,7	17,7	0%
Energia Renovável (%)	0%	Emissões de CO2 (t/ano)	4,4

**Dados Climáticos**

Graus-dias	1 684		
Zona Climática de Inverno	I2	Zona Climática de Verão	V3
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	8	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	22,5
Duração da estação de aquecimento (meses)	7,1	Duração da estação de arrefecimento (meses)	4

**Indicadores de Aquecimento** (ver separador "A-Transmissão")

**Indicadores de Arrefecimento** (ver separador "D-Ganhos Verão")

		Cálculo	Referência	
	Aenv/Ap	14%	14%	
A - Transmissão	Hext (W/°C)	241,8	205,4	perdas de calor através da envolvente interior
	Hint (W/°C)	98,2	67,1	
	Hecs (W/°C)	0	0	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/°C)	340,0	272,4	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,56	0,56	Perdas associadas à renovação de ar
	Hve,i (W/°C)	77,3	77,3	
	Rph,v (h-1)	0,60	-	
	Hve,v (W/°C)	82,9	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2894	2894	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	4828	721	
	Qg,i (kWh/ano)	7722	3615	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	1658	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	2123	-	
	Qg,v (kWh/ano)	3781	7683	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	13742	11012	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	3126	3126	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	$\eta_i$	0,98	0,60	
	Qgu,i (kWh/ano)	7562	2169	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	65,75	85	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	2477	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	604	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	$\eta_v$	0,72	0,72	
	Qg,v (kWh/ano)	3781	7683	
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	7,55	15	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	164,37	211,43	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	6,29	12,64	Energia primária para arrefecimento
	feh	1,00	1,00	
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	16,80	16,80	
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	44,20	44,20	Energia primária para a preparação de AQS
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0,00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0,00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	<b>214,87</b>	<b>268,27</b>	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc
<b>CLASSE ENERGÉTICA</b>	<b>Ntc/Nt</b>	<b>0,80</b>	<b>B-</b>	

## **Anexo E**

### **Análise económica da medida padrão e exemplo para o sistema S2**



	€/kWh	kgCO <sub>2</sub> /kWh	F <sub>pu</sub>
Electricidade	0,17	0,144	2,5
Gasóleo	0,096	0,267	1
Gás Natural	0,09	0,202	1
GPL (canalizado)	0,156	0,170	1
GPL (garrafas)	0,151	0,170	1
Biomassa (Não Renovável)	0,05	0,000	1
Biomassa	0,05	0,000	1
Climascope	-	-	-
Renovável Térmica	0	0	1
Renovável Eléctrica	0	0	2,5

## ANÁLISE ECONÓMICA DE MEDIDAS DE MELHORIA

### SITUAÇÃO INICIAL

Identificação do Imóvel / Processo de Certificação						
Área útil de Pavimento, Ap (m <sup>2</sup> )	141,53	$N_{e,0}$ (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	214,87	$N_{i,0}$ (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	268,27	
Classe de Desempenho Energético	B-	Custos Anuais Globais de Energia útil (€/ano)		2067,90		
				Emissões de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /ano)		4,38

### G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

AQUECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{e,0}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_t$	$\delta$	$\eta$	$F_{p,0}$ kWh <sub>tep</sub> /kWh	$f_t \delta N_{e,0} F_{p,0} \eta$ (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)		
Resistência Eléctrica	Electricidade	65,75	1,00		1,00	2,5	164,37	0,17 €/kWh	11,18 €/m <sup>2</sup>	1581,92 €	0,144		
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		1,00	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144		
<b>TOTAL</b>									<b>1581,92 €</b>				

### G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

ARREFECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{e,0}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_t$	$\delta$	$\eta$	$F_{p,0}$ kWh <sub>tep</sub> /kWh	$f_t \delta N_{e,0} F_{p,0} \eta$ (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)		
Unidade split	Electricidade	7,55	1,00		3,00	2,5	6,29	0,17 €/kWh	0,43 €/m <sup>2</sup>	60,57 €	0,144		
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144		
<b>TOTAL</b>									<b>60,57 €</b>				

### G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

AQS Designação do Sistema	Fonte de Energia	$Q_{d,A,0}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_t$	$\delta$	$\eta$	$F_{p,0}$ kWh <sub>tep</sub> /kWh	$f_t \delta (Q_{d,A,0}) F_{p,0} \eta$ (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)		
Temosacumulador Eléctrico	Electricidade	16,80	1,00		0,95	2,5	44,20	0,17 €/kWh	3,01 €/m <sup>2</sup>	425,41 €	0,144		
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00		0,89	1	0,00	0,09 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,202		
<b>TOTAL</b>									<b>425,41 €</b>				

### G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	0	kWh/ano	Custo Electricidade (€/kWh)	0,17	Custos Anuais (€)	0,00 €	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0,144
--	---	---------	-----------------------------	------	-------------------	--------	---	-------

**MEDIDA DE MELHORIA 1**

Medida Considerada no Cálculo da Classe de Desempenho Energético?  Pretende que o custo de investimento associado a esta medida de melhoria seja contabilizado na avaliação do Impacto das Medidas de Melhoria?

Medida Associada a:  Descrição Sucinta da Medida Proposta:

Descrição Detalhada da Medida Proposta:

Classe de Desempenho Energético	<input type="text" value="B-"/>	Novo $N_{e,util}$ (kWh <sub>util</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	<input type="text" value="73,96"/>	Novo $N_i$ (kWh <sub>util</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	<input type="text" value="93,70"/>
Custo de Investimento Estimado (€)	<input type="text"/>	Custos Anuais Globais de Energia útil (€/ano)	<input type="text" value="781,48"/>	Emissões de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /ano)	<input type="text" value="1,69"/>
Redução Anual da Factura Energética (€/ano)	<input type="text" value="1286,42"/>			Redução das Emissões de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /ano)	<input type="text" value="2,69"/>

**G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO**

AQUECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{e,util}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_e$	$\delta$	$\eta_{s,util}$	$F_{req}$ kWh <sub>util</sub> /kWh	$f_e \delta N_{e,util} F_{req} \eta_{s,util}$ (kWh <sub>util</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)		
Unidade split	Electricidade	65,75	1,00		3,60	2,5	45,66	0,17 €/kWh	3,10 €/m <sup>2</sup>	439,42 €	0,144		
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		1,00	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144		
<b>TOTAL</b>									<b>439,42 €</b>				

**G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO**

ARREFECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{c,util}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_e$	$\delta$	$\eta_{s,util}$	$F_{req}$ kWh <sub>util</sub> /kWh	$f_e \delta N_{c,util} F_{req} \eta_{s,util}$ (kWh <sub>util</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)		
Unidade split	Electricidade	7,55	1,00		3,2	2,5	5,90	0,17 €/kWh	0,40 €/m <sup>2</sup>	56,79 €	0,144		
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144		
<b>TOTAL</b>									<b>56,79 €</b>				

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

AQS Designação do Sistema	Fonte de Energia	$Q_{u,AQS}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_e$	$\delta$	$\eta_{s,util}$	$F_{req}$ kWh <sub>util</sub> /kWh	$f_e \delta (Q_{u,AQS}) F_{req} \eta_{s,util}$ (kWh <sub>util</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)		
Esquentador	Gás Natural	16,80	1		0,75	1	22,40	0,09 €/kWh	2,02 €/m <sup>2</sup>	285,27 €	0,202		
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00		0,89	1	0,00	0,09 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,202		
<b>TOTAL</b>									<b>285,27 €</b>				