



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise económica dos sistemas de climatização e preparação de AQS utilizados nos edifícios residenciais

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Autor

António Sérgio da Silva Marques

Orientador

Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo

Júri

Presidente Professor Doutor Pedro de Figueiredo Vieira Carvalheira
Professor da Universidade de Coimbra

Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo
Professor da Universidade de Coimbra

Vogais

Professor Doutor Divo Augusto Alegria Quintela
Professor da Universidade de Coimbra

Coimbra, Julho, 2010

“Be the change you want to see in the world.”

Mahatma Gandhi.

Aos meus pais,
António Marques e Isolina Marques,
pelo apoio incondicional.

Agradecimentos

A minha formação académica culmina com a realização deste trabalho, tendo sido apenas possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o devido reconhecimento.

Ao meu orientador Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo, pelos conhecimentos científicos transmitidos ao longo da minha formação académica. Pela orientação, análise crítica, confiança e disponibilidade demonstradas ao longo deste trabalho.

Aos restantes docentes que leccionam no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra, pelos conhecimentos científicos transmitidos ao longo da minha Licenciatura e do meu Mestrado.

À empresa Vulcano, em especial ao Sr. Luís Rodrigues de Carvalho, pelos conhecimentos técnicos facultados e pela disponibilidade demonstrada durante a realização deste trabalho.

Aos meus amigos de longa data, pelo carinho e incentivo em todos os momentos minha vida, e aos amigos com que Coimbra me presenteou, pela amizade e confiança demonstrada nos últimos cinco anos.

À minha família, em especial aos meus avós, pelo carinho e incentivo.

Ao meu irmão Tiago Marques, pela boa disposição e cumplicidade.

Por fim, mas não menos merecedores, agradeço aos meus pais, António Marques e Isolina Marques, pelo amor, carinho e apoio incondicional. Pela força e incentivo nos momentos mais difíceis, pela confiança e por permitirem a concretização de um sonho, acreditando sempre que sou capaz.

A todos, muito obrigado!

(António Sérgio Marques)

Resumo

Uma parte significativa dos custos associados a uma habitação deve-se às necessidades de energia para climatização e para preparação de AQS. Afigura-se, assim, interessante elaborar uma análise económica, através da determinação do CAE, com vista a identificar os equipamentos mais recomendáveis para desempenhar as funções anteriores em habitações de diferentes tipologias e qualidades térmicas.

Ao longo deste trabalho, procura-se caracterizar os diferentes tipos de sistemas/equipamentos de climatização e preparação de AQS existentes no mercado nacional, identificar os mais utilizados no desempenho dessas funções e determinar os custos associados ao consumo de energia em função das diferentes tipologias e qualidades térmicas da habitação, permitindo efectuar o estudo da viabilidade económica de cada um dos equipamentos.

Para cada habitação considerada são calculadas as necessidades de energia para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS, e a potência nominal necessária dos equipamentos capazes de desempenhar essas funções, permitindo, desta forma, a selecção dos equipamentos que mais se adequam a cada tipologia e qualidade térmica da habitação. Com a determinação dos custos relacionados com os equipamentos e com o consumo de energia é possível analisar de forma sistemática a viabilidade económica de cada equipamento, de modo a determinar o mais recomendado a cada habitação em estudo. Assim, é possível concluir que, quando se pretende apenas aquecer o ambiente interior da habitação e preparar as AQS, são recomendadas caldeiras murais instantâneas. Mas, se se pretender, também, o arrefecimento do ambiente interior da habitação, são aconselhados os ar-condicionados do tipo *split* para o aquecimento e arrefecimento, sendo a preparação de AQS assegurada por termoacumuladores para as habitações de menor tipologia (T0 e T1) ou por esquentadores para as restantes tipologias (T2 a T5).

Palavras-chave: CAE, Equipamentos, Aquecimento, AQS, Arrefecimento.

Abstract

A significant part of the costs associated with housing is owed to the needs of energy for the heating, cooling and AQS preparation. Thus, it seems interesting to work out a detailed analysis, through CAE resolution, with the purpose of identifying the most recommendable equipments to guarantee the above mentioned functions in houses of different typologies and thermo qualities.

The objective throughout this dissertation is to characterize the different types of heating, cooling and AQS preparation systems/equipments to be found in the national market; to identify the most used systems/equipments in carrying out these functions and to determine the costs associated to the consumption of energy considering the different typologies and thermo qualities of the house, thus allowing the viability of an economical study of each equipment.

For each studied house, is calculated the energy needed for heating, cooling and AQS preparation as well as the nominal power necessary for the equipment capable of performing these functions, allowing for the selection of equipments which are best appropriate for each typology and thermo quality of the house. With the quantification of costs related to equipments and the consumption of energy, it is possible to analyze, in a systematic form, the economical viability of each equipment so as to determine the most recommended one for each house in the process of being studied. In this fashion, it is possible to conclude that instant mural boilers are recommended when only the heating of the interior of the house and AQS preparation are requested, but if cooling is also wanted, what is suggested is the split air conditioners for heating and cooling, being the AQS preparation guaranteed by thermo accumulators for houses of a minor typology (T0 & T1) or by heaters for the remaining house typologies (T2 to T5).

Keywords: AQS, CAE, Cooling, Equipments, Heating.

Índice

Índice de Figuras.....	vi
Índice de Tabelas.....	vii
Índice de Gráficos.....	ix
Simbologia e Siglas.....	x
Simbologia.....	x
Siglas.....	xii
1. Introdução.....	1
2. Sistemas domésticos para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS.....	4
2.1. Sistemas de preparação de AQS.....	4
2.1.1. Caldeiras murais.....	4
2.1.2. Caldeiras de chão a gasóleo.....	7
2.1.3. Esquentadores.....	8
2.1.4. Termoacumuladores.....	9
2.1.5. Comprimento da tubagem necessária.....	10
2.2. Sistemas de aquecimento por circulação de água.....	10
2.2.1. Subsistema de produção.....	11
2.2.2. Subsistema de difusão.....	11
2.2.3. Subsistema de distribuição.....	12
2.3. Sistemas de aquecimento e arrefecimento por expansão directa.....	12
3. Caracterização das habitações.....	15
3.1. Marcação das envolventes.....	16
3.2. Marcação das PTP's.....	16
3.3. Marcação das PTL's.....	17
3.4. Levantamento das áreas.....	17
3.5. Soluções construtivas.....	18
3.6. Contribuição solar para preparação de AQS.....	19
4. Cálculo das necessidades de energia para aquecimento, para arrefecimento e para preparação de AQS.....	22
5. Cálculo das potências nominais dos equipamentos.....	26
6. Selecção dos equipamentos para análise económica.....	31
6.1. Organização dos dados dos equipamentos.....	31
6.2. Selecção dos equipamentos.....	32
7. Custos relacionados com os equipamentos.....	34
7.1. Custos com o subsistema de produção.....	34
7.2. Custos com o subsistema de distribuição.....	35
7.3. Custos com o subsistema de difusão.....	35
7.4. Custos de montagem e instalação dos sistemas.....	36
7.5. Custos de manutenção.....	36
8. Consumo e custo anual de energia.....	37
8.1. Consumo anual de energia.....	37
8.2. Custo anual de energia.....	37
9. Análise económica.....	39

9.1.	Metodologia	39
9.2.	Custos para habitação sem sistema de arrefecimento	41
9.3.	Custos para habitação com sistema de arrefecimento	43
10.	Conclusões	47
11.	Referências bibliográficas.....	50
12.	Anexo A.....	52
13.	Anexo B.....	56
14.	Anexo C.....	57
15.	Anexo D.....	59
16.	Anexo E.....	61
17.	Anexo F.....	64
18.	Anexo G.....	67
19.	Anexo H.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caldeira mural. Modelo Laura da marca Roca.....	5
Figura 2. Caldeira mural com preparação de AQS instantânea e aquecimento por circulação fechada.....	5
Figura 3. Caldeira mural com preparação de AQS por acumulação e aquecimento por circulação fechada.....	6
Figura 4. Caldeira de chão a gasóleo com acumulador incorporado.....	7
Figura 5. Caldeira de chão a gasóleo de acumulação externa.....	7
Figura 6. Esquentador da marca Vulcano. http://www.telsao.pt/images/PPP1431598.jpg ...	8
Figura 7. Termoacumulador eléctrico da marca Vulcano. http://rmelectro.com/pics/px007621fg.jpeg	9
Figura 8. Termoacumulador a gás da marca Vulcano. http://www.hipertecnica.pt/produtos/5.jpg	9
Figura 9. Tubos de cobre com 10 mm de isolamento térmico.....	10
Figura 10. Radiador da marca Vulcano. http://www.centrotorneiras.pt/img/vulcano/491044.jpg	11
Figura 11. Bomba de calor a efectuar o arrefecimento do interior da habitação.....	13
Figura 12. Bomba de calor a efectuar o aquecimento do interior da habitação.....	13
Figura 13. Unidades de um sistema <i>split</i> . Em cima, a unidade interior do tipo mural e, em baixo, o controlador e a unidade externa <i>split</i>	14
Figura 14. Esquema representativo do sistema solar em interacção com sistema de apoio. Adaptado do programa <i>Solterm</i>	20
Figuras 15. Marcação das envolventes das diferentes tipologias de habitação (T0 a T5)...	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Dimensões das diferentes tipologias de habitações consideradas.....	15
Tabela 2. Número de ocupantes convencionais por tipologia de habitação.	20
Tabela 3. Factor de correcção devido à orientação de cada divisão climatizada da habitação.	30
Tabela 4. Preço unitário, em vigor em 16-04-2010, das fontes de energia dos equipamentos seleccionados para análise económica (EDP, 2010; GalpEnergia, 2010; Galp, 2010).....	38
Tabelas 5. Características das soluções construtivas e outras características das diferentes qualidades térmicas das habitações consideradas.....	56
Tabela 6. Necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS e respectivas estimativas da qualidade energética segundo o estipulado no RCCTE.	57
Tabela 7. Necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS que na realidade são utilizadas para o cálculo dos consumos anuais de energia.	58
Tabela 8. Potência necessária dos equipamentos de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS.	59
Tabela 9. Potência necessária dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento para cada divisão climatizada da habitação.	60
Tabelas 10. Equipamentos de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS seleccionados para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3.	61
Tabelas 11. Custos do investimento inicial, da manutenção e do consumo de energia para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3 (IVA incluído).	64
Tabelas 12. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T0 e respectivo CAE.	67
Tabelas 13. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T1 e respectivo CAE.	67
Tabelas 14. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T2 e respectivo CAE.	68
Tabelas 15. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3 e respectivo CAE.	68
Tabelas 16. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T4 e respectivo CAE.	69
Tabelas 17. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T5 e respectivo CAE.	69
Tabelas 18. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T0 e respectivo CAE..	70
Tabelas 19. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T1 e respectivo CAE..	70
Tabelas 20. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T2 e respectivo CAE..	71
Tabelas 21. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3 e respectivo CAE..	71
Tabelas 22. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T4 e respectivo CAE..	72

Tabelas 23. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T5 e respectivo CAE.. 72

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Custo associado ao consumo de energia para preparação de AQS, num período de doze anos, para uma habitação do tipo T4 e com qualidade térmica média. Energaia e Edvenergia, 2004.	2
Gráfico 2. Contribuição solar anual para preparação de AQS.	21
Gráfico 3. Necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS para a habitação T3.	23
Gráfico 4. Rácio a partir do qual é possível aferir a qualidade energética no Inverno, no Verão e para preparação de AQS na habitação T3.	24
Gráfico 5. CAE do sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para cada tipologia e qualidade térmica da habitação.	43
Gráfico 6. CAE do sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para cada tipologia e qualidade térmica da habitação.	44

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

A – Área [m^2]

C_m – Caudal mássico máximo de AQS consumidas [kg/s]

c_p – Calor específico da água [kJ/(kg.°C)]

C_{trans} – Coeficiente global de transferência de calor da envolvente [W/°C]

C_v – Caudal volúmico máximo de AQS utilizadas [litros/min.]

E_{solar} – Contribuição dos sistemas solares térmicos para as AQS [kWh/ano]

F_{dep} – Fracção de inércia do depósito associado ao sistema de apoio [-]

F_{solar} – Fracção de contribuição do sistema solar térmico para AQS [-]

GD – Número de “graus-dia” de aquecimento do local do edifício [°C.dias]

HR – Humidade relativa [%]

M_{si} – Massa superficial útil [kg/m²]

n_p – Número convencional de ocupantes [-]

Nic – Necessidades nominais de aquecimento [kWh/(m².ano)]

Ni – Necessidades nominais de aquecimento máximas [kWh/(m².ano)]

Nvc – Necessidades nominais de arrefecimento [kWh/(m².ano)]

Nv – Necessidades nominais de arrefecimento máximas [kWh/(m².ano)]

Nac – Necessidades nominais para preparação de AQS [kWh/(m².ano)]

Na – Necessidades nominais para preparação de AQS máximas [kWh/(m².ano)]

P – Potência [kW]

P_{apar} – Unidade de potência eléctrica (potência aparente) [kVA]

P_{aq} – Potência térmica útil de aquecimento [kW]

P_{aqs} – Potência térmica útil do equipamento convencional de AQS [kW]

P_{arr} – Potência térmica útil de arrefecimento [kW]

$PCI_{gasóleo}$ – Poder calorífico inferior do gasóleo [MJ/kg]

-
- $PCI_{propano}$ – Poder calorífico inferior do gás propano [MJ/kg]
 P_{int} – Potência útil de arrefecimento devido aos ganhos internos [kW]
 $P_{latente\ aq}$ – Potência útil latente de aquecimento [kW]
 $P_{latente\ arr}$ – Potência útil latente de arrefecimento [kW]
 $P_{sensível\ aq}$ – Potência útil sensível de aquecimento [kW]
 $P_{sensível\ arr}$ – Potência útil sensível de arrefecimento [kW]
 P_{solar} – Potência útil de arrefecimento devido à radiação solar [kW]
 P_{trans} – Potência térmica útil de arrefecimento devido à envolvente [kW]
 Q – Energia [kWh ou quilo Watt hora = 3,6 MJ]
 Q_{AN} – Caudal de ar novo insuflado no espaço [m³/h]
 Q_{aq} – Perdas de calor (brutas) no Inverno através da envolvente [kWh/ano]
 Q_{aqs} – Energia total necessária para preparação das AQS [kWh/ano]
 Q_{int} – Ganhos internos de calor (pessoas, iluminação, etc.) [kWh/ano]
 $Q_{Senvidra}$ – Ganhos solares pelos envidraçados exteriores [kWh/ano]
 Q_{solar} – Ganhos no Verão devidos à radiação solar [kWh/ano]
 Q_{Sopaco} – Ganhos solares pela envolvente opaca exterior [kWh/ano]
 Q_{trans} – Ganhos de calor (brutos) no Verão através da envolvente [kWh/ano]
 R_{aq} – Estimativa da qualidade energética das habitações no Inverno [-]
 R_{arr} – Estimativa da qualidade energética das habitações no Verão [-]
 R_{aqs} – Estimativa da qualidade energética a fornecer pelo sistema de apoio à preparação de AQS [-]
 T_{ar} – Temperatura do ar [°C]
 T_{inl} – Temperatura do ar interior desejada para o Inverno [°C]
 T_{inv} – Temperatura do ar interior desejada para o Verão [°C]
 T_{inv} – Temperatura do ar exterior de projecto de Inverno [°C]
 T_{Ver} – Temperatura do ar exterior de projecto de Verão [°C]
 U – Coeficiente de transmissão térmica superficial [W/(m².°C)]
 V_{dep} – Volume do depósito do sistema convencional de AQS [litros]
 W_e – Valor de projecto da humidade absoluta do ar exterior [g_{vapor}/kg_{ar-seco}]
 W_i – Valor requerido para a humidade absoluta do ar interior [g_{vapor}/kg_{ar-seco}]

ΔT – Aumento da temperatura da água a garantir pelo sistema convencional [°C]

ΔT_0 – Aumento da temperatura da água que é necessário [°C]

$\rho_{\text{água}}$ – Massa específica da água [kg/m³]

$\rho_{\text{gasóleo}}$ – Massa específica do gasóleo [kg/m³]

τ – Coeficiente adimensional de temperatura dos espaços não climatizados [-]

Siglas

AC – Ar-condicionado

AQS – Águas quentes sanitárias

AVAC – Aquecimento, ventilação e ar-condicionado

CAE – Custo anual equivalente

COP – Coeficiente de performance (eficiência nominal de uma bomba de calor no aquecimento)

EER – Razão de eficiência de energia (eficiência nominal de uma bomba de calor no arrefecimento)

ENU – Espaço não útil

EU – Espaço útil

FA – Fracção autónoma

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

MIEM – Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

NP – Norma Portuguesa

PTL – Ponte térmica linear

PTP – Ponte térmica plana

RCCTE – Regulamento das características de comportamento térmico de edifícios

1. INTRODUÇÃO

A energia constitui uma das necessidades básicas da humanidade, sendo utilizada para as mais diversificadas funções (Reis *et al.*, 2008) como, por exemplo, a climatização, aquecimento e arrefecimento do ambiente interior, e a preparação de AQS. Com o aumento da exigência por parte dos consumidores em relação ao conforto térmico no interior das suas habitações (Oliveira *et al.*, 2003), surge a necessidade de produzir equipamentos de climatização e preparação de AQS capazes de dar resposta a essa exigência e, ao mesmo tempo, que consumam a menor energia possível. A nova Directiva Europeia sobre o desempenho energético dos edifícios, aprovada no Parlamento Europeu em 18 de Maio de 2010, impõe que em 2020 todos os novos edifícios com mais de 250 m² sejam “edifícios com um consumo de energia quase nulo”, em que se entende por “consumo de energia” o consumo de energia não renovável e/ou produzida longe do edifício em questão (Directiva EPBD, 2010).

Anualmente, uma parte significativa dos custos associados à compra de energia de uma habitação deve-se às necessidades para climatização e para preparação de AQS (Mendes, J.F., 2006). Estes custos são afectados por factores como o tipo e a qualidade térmica da habitação, o preço de compra da energia e a eficiência dos equipamentos de climatização e de preparação de AQS utilizados. Deste modo, a elaboração de um estudo que permita determinar o equipamento mais recomendável para as funções já referenciadas pode permitir ao utilizador a selecção do equipamento com a maior viabilidade económica, isto é, o equipamento mais apropriado para a sua habitação. Trata-se, portanto, de um estudo com grande utilidade mas pouco desenvolvido em Portugal. Existem investigações relacionadas com este tema, mas direccionadas para a melhoria do conforto térmico da habitação e redução do consumo de energia na preparação de AQS (Energia e Edvenergia, 2004), havendo outros estudos que mostram a influência do sistema solar no consumo de energia para preparação de AQS (Nascimento, 2008). Isto é, investigações relacionadas apenas com o consumo anual de energia de cada equipamento, porém, sem qualquer estudo da viabilidade económica destes mesmos equipamentos.

A partir dos estudos anteriores conclui-se que a escolha de um sistema de climatização apropriado e um correcto isolamento das envolventes permite a redução do consumo de energia (Energia e Edvenergia, 2004), enquanto a utilização de um sistema solar para preparação de AQS permite igualmente uma redução do consumo de energia, como se pode verificar no Gráfico 1 (Energia e Edvenergia, 2004; Nascimento, 2008). Neste gráfico, encontram-se representados, para um período de doze anos, o custo associado ao consumo de energia para preparação de AQS de diferentes equipamentos, numa habitação do tipo T4 e com qualidade térmica média.

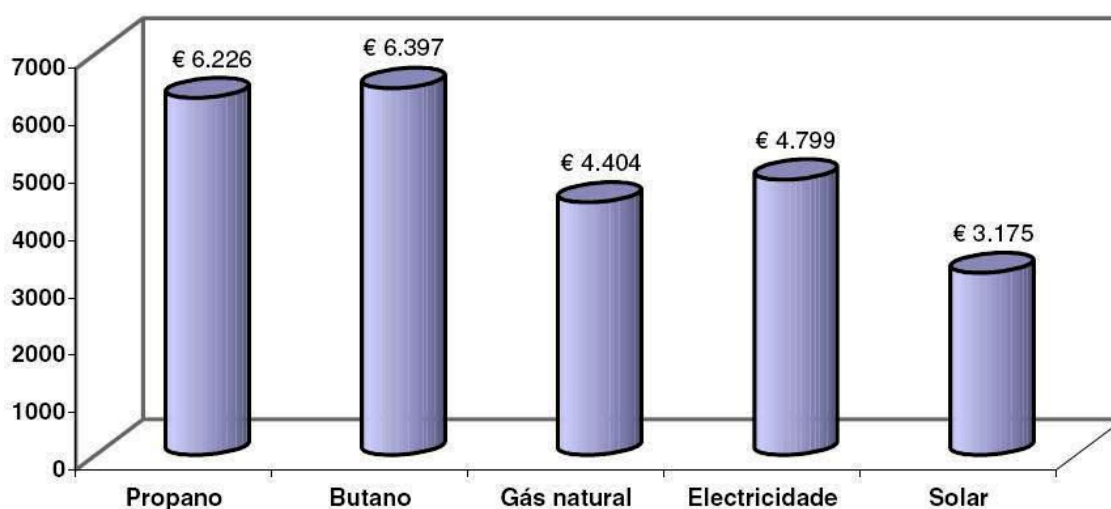


Gráfico 1. Custo associado ao consumo de energia para preparação de AQS, num período de doze anos, para uma habitação do tipo T4 e com qualidade térmica média. Energia e Edvenergia, 2004.

Deste modo, devido praticamente à inexistência de investigação nesta área, este trabalho procura caracterizar os diferentes tipos de sistemas/equipamentos de climatização e preparação de AQS existentes no mercado nacional, identificar os mais utilizados no desempenho dessas funções e determinar os custos associados ao consumo de energia em função das diferentes tipologias e qualidades térmicas das habitações. Ao efectuar um estudo da viabilidade económica de cada sistema/equipamento, é possível identificar qual o mais recomendado e o que menos se adequa a cada habitação.

O trabalho realizado teve início com uma pesquisa e pré-selecção dos sistemas/equipamentos mais utilizados em Portugal. Após o desenvolvimento e desenho das plantas das diferentes tipologias de habitação, procedeu-se ao levantamento de todas as áreas necessárias, à definição das soluções construtivas para cada qualidade térmica das soluções construtivas e da contribuição solar para preparação de AQS. A partir desta informação foi possível determinar as necessidades de energia para aquecimento,

arrefecimento e preparação de AQS, segundo o definido pelo RCCTE (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril). O cálculo, para cada habitação, da potência nominal necessária dos diferentes equipamentos para o desempenho das suas funções, assim como a eficiência e o custo de aquisição dos respectivos equipamentos, permitiu organizá-los e seleccioná-los para análise económica. A organização de todos os custos relacionados com o subsistema de produção, distribuição e difusão de cada equipamento, bem como a determinação dos consumos anuais de energia e dos respectivos custos permitiram o estudo sistemático do custo económico das diferentes soluções de climatização e preparação de AQS utilizadas nos edifícios residenciais. Esta metodologia de trabalho encontra-se descrita nos Capítulos seguintes.

As habitações analisadas, supostamente localizadas na periferia de Coimbra, têm diferentes tipologias (T0 a T5) e diferentes qualidades térmicas (muito má, média e muito boa). Para o estudo em questão, são analisadas habitações entre pisos, em prédios de vários andares. Os sistemas/equipamentos considerados são alimentados por electricidade ou por combustíveis não renováveis (gás natural, gasóleo e gás propano), apresentando diferentes eficiências de transformação de energia final para térmica.

Em suma, este trabalho procura expandir os conhecimentos do seu autor e demais interessados sobre o tema, não esquecendo a ajuda aos consumidores e aos projectistas na escolha do sistema/equipamento de climatização e preparação de AQS mais apropriado, sob o ponto de vista económico, para determinada habitação.

2. SISTEMAS DOMÉSTICOS PARA AQUECIMENTO, ARREFECIMENTO E PREPARAÇÃO DE AQS

Os sistemas de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS são compostos por três subsistemas. O equipamento responsável pela realização das funções pretendidas diz respeito ao subsistema de produção, existindo ainda o subsistema de distribuição que engloba todas as tubagens e seus acessórios, e o subsistema de difusão, constituído pelas unidades terminais, isto é, radiadores e unidades interiores dos ar-condicionados, torneiras e chuveiros, para o caso de AQS. Como o principal objectivo do estudo é conhecer o equipamento mais favorável para cada habitação, são apenas analisados os mais utilizados em Portugal apesar de existir uma vasta gama de diferentes equipamentos para estas funções. Por conseguinte, os equipamentos analisados são as caldeiras murais, as caldeiras de chão a gásóleo, os esquentadores, os termoacumuladores e os ar-condicionados do tipo *split* e *multi-split*. Estes equipamentos podem, ainda, ser agrupados em sistemas de preparação de AQS, sistemas de aquecimento por circulação de água e sistemas de aquecimento e arrefecimento por fluido frigorigéneo de expansão directa.

2.1. Sistemas de preparação de AQS

Estes sistemas são responsáveis por assegurar as necessidades de AQS de cada habitação e para isso existem diferentes equipamentos capazes de o fazer. Seguidamente, enumeram-se e descrevem-se esses equipamentos.

2.1.1. Caldeiras murais

Estas caldeiras são compactas e na sua maioria encastráveis no interior dos móveis de uma cozinha. Para uma pessoa com pouco conhecimento nesta área, seria fácil confundi-las com esquentadores (Martins, 2005). A Figura 1 ilustra uma típica caldeira mural.



Figura 1. Caldeira mural. Modelo Laura da marca Roca.
http://www.mb4.pt/imgs/roca_caldeira_laura.jpg.

Utilizando gás natural como fonte de energia, além da preparação de AQS, que pode ocorrer de forma instantânea (Fig. 2) ou por acumulação (utilização de um depósito acumulador) (Fig. 3), este tipo de caldeiras é também responsável pela produção de água quente para aquecimento, por circulação fechada, do ambiente interior de uma habitação (Figuras 2 e 3), ocorrendo a transferência de calor através dos radiadores e toalheiros, espalhados pelas diferentes divisões (Vulcano, Catálogo de caldeiras murais, 2009).

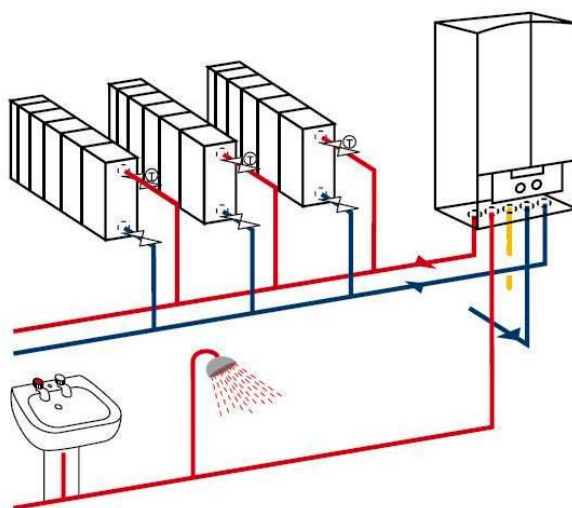


Figura 2. Caldeira mural com preparação de AQS instantânea e aquecimento por circulação fechada.
Catálogo da Vulcano, disponível em <http://www.vulcano.pt/>.

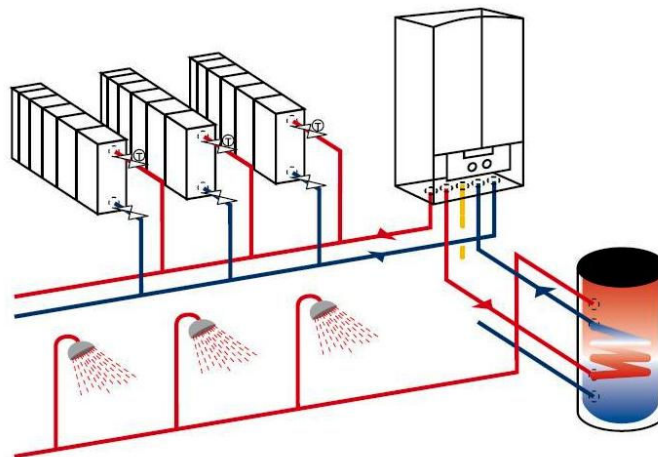


Figura 3. Caldeira mural com preparação de AQS por acumulação e aquecimento por circulação fechada.
Catálogo da Vulcano, disponível em <http://www.vulcano.pt/>.

Uma das diferenças entre os vários modelos destas caldeiras incide no tipo de exaustão utilizada: os modelos preparados para exaustão natural utilizam-se quando o local de instalação tem uma boa e permanente ventilação, os modelos de exaustão ventilada adequam-se a locais com boa admissão de ar mas insuficiente exaustão (saída dos gases de combustão), enquanto os modelos de exaustão estanque devem ser utilizados em locais com insuficiente admissão de ar e insuficiente exaustão. As caldeiras murais com tecnologia de condensação começam a surgir no mercado nacional e tendem a substituir todas as outras, visto que apresentam um aumento significativo da eficiência de transformação de energia por funcionarem a baixas temperaturas (isto é, aproveitarem o calor contido nos gases de combustão e pela condensação de parte do seu vapor de água efectuarem um pré-aquecimento da água) e possuírem uma sonda exterior que permite o ajuste automático da potência em função das necessidades, otimizando o funcionamento destas caldeiras (Vulcano, Catálogo de caldeiras murais, 2009).

Na análise económica efectuada a este tipo de caldeiras são considerados os custos associados aos subsistemas, ou seja, o custo de aquisição do equipamento, *kit* solar (caso a habitação tenha sistema solar para preparação de AQS), depósito de acumulação (caso seja uma caldeira de preparação de AQS por acumulação), tubagem, chaminé de exaustão, radiadores e respectivos acessórios, controladores e instalação, além dos custos associados à manutenção e ao consumo de energia.

2.1.2. Caldeiras de chão a gásóleo

O modo de funcionamento destas caldeiras é semelhante ao das caldeiras murais. Destinam-se, portanto, à preparação de AQS e/ou produção de água quente para aquecimento, por circulação fechada, do ambiente interior de uma habitação. A transferência de calor ocorre, como nas caldeiras murais, através dos radiadores e toalheiros espalhados pelas diferentes divisões (Vulcano, Catálogo de caldeiras de chão a gásóleo, 2009). As caldeiras de chão a gásóleo com acumulador incorporado (Figura 4) só podem ser utilizadas para o desempenho das duas funções, enquanto as caldeiras de chão a gásóleo com acumulador externo (Figura 5) podem ser utilizadas também para o desempenho das duas funções ou apenas de uma delas, tendo de possuir o *kit* de funcionamento correspondente. Apenas as últimas são compatíveis com sistema solar para preparação de AQS (Vulcano, Catálogo de caldeiras de chão a gásóleo, 2009).



Figura 4. Caldeira de chão a gásóleo com acumulador incorporado.
http://www.mb4.pt/imgs/roca_caldeira_gasoleo.gif.



Figura 5. Caldeira de chão a gásóleo de acumulação externa.
<http://www.candeias-canalizacoes.pt/pics/products/lidia.jpg>.

Na análise económica efectuada neste trabalho são apenas consideradas caldeiras de chão a gásóleo equipadas para o desempenho das duas funções.

Em comparação com as caldeiras murais, estas necessitam de um depósito de acumulação de gásóleo (não podendo ser exposto directamente à radiação solar), de uma chaminé de exaustão dos produtos resultantes da queima do combustível bastante maior, o que implica um custo superior (Martins, 2005), e de uma óptima manutenção preventiva, visto que a fuligem resultante da queima de combustíveis líquidos provoca uma drástica redução da eficiência da caldeira (Carvalho, 2010). De facto, para estas caldeiras, a análise económica efectuada considera os custos associados aos subsistemas: o custo de aquisição do equipamento, *kit* de funcionamento e depósito de acumulação (caso seja caldeira de chão com acumulador externo), depósito de gásóleo, tubagem, chaminé de exaustão, radiadores e respectivos acessórios, controladores e instalação, além dos custos associados à manutenção e ao consumo de energia.

2.1.3. Esquentadores

A função destes equipamentos é a preparação de AQS que ocorre através de um permutador exposto ao calor da chama dos queimadores (Energia e Edvenergia, 2004). Na Figura 6, podemos ver a representação de um esquentador típico.



Figura 6. Esquentador da marca Vulcano. <http://www.telsao.pt/images/PPP1431598.jpg>.

Tal como nas caldeiras murais, nos esquentadores o tipo de exaustão (natural, ventilada ou estanque) marca a diferença entre os vários modelos. De realçar que nos esquentadores já começam também a surgir os modelos de condensação, que traduzem um

aumento significativo da eficiência de transformação de energia. Se a habitação possuir um sistema solar para preparação de AQS, então certos modelos de esquentadores necessitam de um módulo solar que tem como função controlar a temperatura de saída da água no esquentador (Vulcano, Catálogo de esquentadores, 2009).

Para efectuar a análise económica a estes equipamentos é necessário ter um sistema que faça a climatização da habitação, pelo que, neste trabalho, os esquentadores são analisados em conjunto com os sistemas de aquecimento e arrefecimento por expansão directa.

2.1.4. Termoacumuladores

No mercado nacional, existem os termoacumuladores eléctricos (Figura 7) e os termoacumuladores a gás propano (Figura 8), os quais independentemente da fonte de energia são responsáveis pela preparação de AQS.



Figura 7. Termoacumulador eléctrico da marca Vulcano. <http://rmelectro.com/pics/px007621fg.jpeg>.



Figura 8. Termoacumulador a gás da marca Vulcano. <http://www.hipertecnica.pt/produtos/5.jpg>.

Nos termoacumuladores eléctricos, a água é aquecida através de uma resistência eléctrica existente no seu interior. Nos termoacumuladores a gás propano, os gases de combustão produzidos no queimador aquecem o tubo de fogo que, por sua vez, transfere este calor para a água (Vulcano, Catálogo de termoacumuladores eléctricos, 2009; Vulcano, Catálogo de termoacumuladores a gás, 2009). Trata-se, portanto, de equipamentos equiparáveis aos esquentadores e, como tal, também foram analisados em conjunto com os sistemas de aquecimento e arrefecimento por expansão directa.

2.1.5. Comprimento da tubagem necessária

Para a análise económica que está a ser desenvolvida, a tubagem é um aspecto importante, visto que para as várias tipologias de habitação vamos ter diferentes comprimentos da tubagem necessária. Após o desenho de todas as plantas das diferentes habitações com recurso ao programa *AutoCAD* da *Autodesk*, foi possível traçar a tubagem de AQS nas plantas e, deste modo, determinar o seu comprimento. Neste estudo, todas as tubagens consideradas são em cobre, com 10 mm de isolamento térmico e com diferentes diâmetros (Figura 9).



Figura 9. Tubos de cobre com 10 mm de isolamento térmico.
<http://www.ramo.ind.br/imgs/isolantetermico.jpg>.

O diâmetro interno da tubagem depende do sistema de climatização utilizado. Na Secção 7.2., encontra-se a referência aos diferentes diâmetros internos e é explicado o cálculo do custo associado à tubagem.

2.2. Sistemas de aquecimento por circulação de água

Estes sistemas são responsáveis por assegurar o aquecimento da habitação e para isso existem diferentes equipamentos com capacidade para o fazer. Nas próximas

Secções, são enumerados esses equipamentos e efectua-se a descrição do funcionamento e componentes destes sistemas.

2.2.1. Subsistema de produção

Como já foi referido anteriormente, este subsistema diz respeito aos equipamentos que fazem a transformação de energia final em calor. As caldeiras murais e as caldeiras de chão a gásóleo são boas opções para o desempenho desta função. As características, modo de funcionamento e componentes destes equipamentos já foram descritas e encontram-se nas Secções 2.1.1. e 2.1.2., respectivamente.

2.2.2. Subsistema de difusão

No que diz respeito ao sistema de aquecimento por circulação de água, o subsistema de difusão é caracterizado pelos radiadores (Figura 10) e acessórios. Cada radiador é formado por elementos ligados entre si, num mínimo de dois e no máximo de doze (segundo o fabricante), e deve ser acompanhado por um *kit* de montagem (tampões, purgadores e chave do purgador), suporte, válvula termostaticável e cabeça termostática (Vulcano, Catálogo de radiadores e toalheiros, 2009).



Figura 10. Radiador da marca Vulcano. <http://www.centrotorneiras.pt/img/vulcano/491044.jpg>.

É necessário determinar o número de elementos de radiador necessários em cada divisão climatizada, para assim poder obter o custo total associado a radiadores e acessórios em cada habitação. Da comparação entre o custo de aquisição e potência de emissão calorífica de cada um dos diferentes elementos é possível seleccionar “o elemento de radiador” mais apropriado a este estudo. Assim, conhecidas as potências de emissão

calorífica desse elemento e aquela que é necessária em cada divisão climatizada (ver Secção 5.), pode-se determinar o número de elementos de radiador necessários em cada uma dessas divisões, através da relação das potências anteriormente referidas. Uma vez conhecido esse número para cada divisão climatizada, é possível conhecer quantos radiadores são necessários em cada uma delas, obtendo deste modo o custo total associado aos radiadores e correspondentes acessórios, para cada habitação.

2.2.3. Subsistema de distribuição

Relativamente ao sistema de aquecimento por circulação de água, o subsistema de distribuição é caracterizado pela tubagem e pelas válvulas de corte (visto que os restantes acessórios estão incluídos nas unidades de produção de calor). A determinação do comprimento da tubagem necessária, como foi referido na Secção 2.1.5., é bastante importante, pois permite determinar o seu custo para cada tipologia de habitação. A metodologia para determinar o comprimento da tubagem dos sistemas de aquecimento por circulação de água é a mesma utilizada nos sistemas de preparação de AQS.

2.3. Sistemas de aquecimento e arrefecimento por expansão directa

Estes sistemas são também conhecidos como sistemas de aquecimento e arrefecimento por fluido frigorigéneo ou por ar-condicionados do tipo *split* e *multi-split*. O princípio de funcionamento destes sistemas resume-se a absorver energia de um local e libertá-la noutra; para isso, é necessário ligar uma unidade que se encontre no interior da habitação a uma unidade que se encontre no exterior através de tubos (geralmente de cobre) com isolamento térmico. No interior desses tubos, circula um fluido frigorigéneo, normalmente o refrigerante R-410A, tendo como função a absorção, transporte e libertação da energia de uma unidade para a outra (Daikin, Noções básicas sobre AC, 2010).

Estes equipamentos possuem modelos que apenas efectuam o arrefecimento da habitação e modelos com capacidade de aquecer e arrefecer a mesma. Um equipamento com as duas funções pode ser também chamado de bomba-de-calor (Daikin, Bombas de calor, 2010), sendo estes os únicos equipamentos de ar-condicionado analisados no presente trabalho. Na Figura 11, observa-se um esquema representativo de uma bomba de

calor a arrefecer o ar interior da habitação (modo de arrefecimento) e, na Figura 12, encontra-se o mesmo equipamento mas no modo de aquecimento.

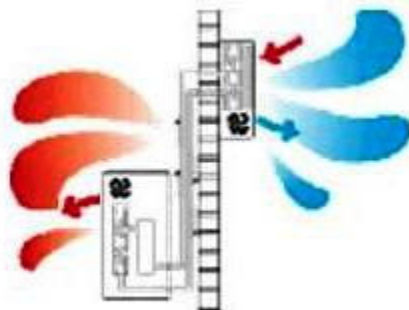


Figura 11. Bomba de calor a efectuar o arrefecimento do interior da habitação.
<http://www.daikin.pt/about-airco/what-does-it-do/heat-pumps.jsp>.

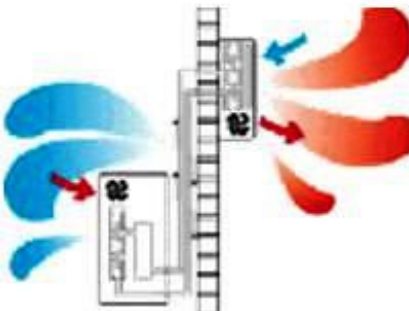


Figura 12. Bomba de calor a efectuar o aquecimento do interior da habitação.
<http://www.daikin.pt/about-airco/what-does-it-do/heat-pumps.jsp>.

As bombas de calor podem ainda ser agrupadas em sistemas *split* ou *multi-split*, tendo sido ambos alvo de análise neste trabalho. Os sistemas *split* são caracterizados por cada unidade exterior possuir apenas uma unidade interior, enquanto nos *multi-split* uma unidade exterior pode estar ligada a várias unidades interiores de forma independente, isto é, sem que uma unidade interior interfira no funcionamento de outra.

No mercado nacional, existem diferentes tipos de unidades interiores, tais como as unidades murais que podem ser instaladas na parede, acima da altura de uma pessoa, as unidades de chão que são instaladas no chão logo acima do rodapé, as unidades de conduta que são instaladas num tecto falso, ficando apenas à vista as grelhas de aspiração e descarga de ar, e as unidades tipo cassette que permitem a aspiração e descarga em todos os sentidos, sendo instaladas também no tecto falso (Daikin, Catálogo geral, 2010). Comparando o custo de aquisição, COP e EER de todos estes tipos de unidades

interiores, pode-se verificar que as mais recomendadas para a nossa análise económica são as unidades murais.

Na Figura 13, encontra-se um dos equipamentos *split* utilizados na análise económica. O sistema *split* é constituído por uma unidade interior, uma unidade exterior e um controlador para o utilizador programar e regular as condições de conforto da divisão onde se encontra instalada o sistema (temperatura, potência térmica, modo de ventilação, caudal de ar em recirculação, etc.). Num sistema *multi-split*, podem existir vários controladores e a unidade exterior deve ser escolhida em função do número e da potência das unidades interiores a instalar (a selecção da unidade exterior *multi-split* é feita através de tabelas com todas as combinações possíveis).



Figura 13. Unidades de um sistema *split*. Em cima, a unidade interior do tipo mural e, em baixo, o controlador e a unidade externa *split*.

http://eshop.europaclima.com/images/product/FTXS-G_esterna.jpg

Como já foi referido ao longo deste trabalho, a determinação do comprimento da tubagem necessária é bastante importante, na medida em que permite determinar o seu custo para cada habitação. A metodologia para determinar o comprimento da tubagem dos sistemas de aquecimento e arrefecimento por expansão directa é a mesma utilizada nos sistemas de preparação de AQS.

Como estes sistemas apenas têm a função de aquecimento e arrefecimento do ambiente interior da habitação, na análise económica são-lhes associados equipamentos com a função de preparação de AQS.

3. CARACTERIZAÇÃO DAS HABITAÇÕES

Neste capítulo, caracterizam-se todos os parâmetros necessários das habitações consideradas no estudo, com o objectivo de determinar as suas necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS e as potências térmicas requeridas para os respectivos equipamentos. As habitações analisadas, hipoteticamente situadas na periferia de Coimbra, dizem respeito a apartamentos localizados em pisos intermédios e têm diferentes tipologias, de T0 a T5. Estas habitações são meramente simbólicas, representando apenas valores médios da realidade nacional. As suas plantas foram imaginadas e desenhadas com o auxílio do programa *AutoCAD* da *Autodesk*, onde se teve em consideração as dimensões típicas de cada divisão, conforme se apresenta na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensões das diferentes tipologias de habitações consideradas.

Dados base	Tipologia					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Área pavimento total [m ²]	37	55	67	86	108	132
Área cozinha [m ²]	10	10	10	10	10	10
Área casas de banho [m ²]	5	5	5	10	10	15
Área sala [m ²]	20	20	20	20	30	35
Área quartos [m ²]	0	14	26	38	50	62
Número quartos	1	1	2	3	4	5
Número casas de banho	1	1	1	2	2	3
Pé direito [m]	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4

Além de se respeitar o número de divisões e correspondentes áreas para cada tipologia de habitação, foi seguida uma coerência no desenho de todas as plantas. Deste modo, manteve-se a mesma dimensão para envidraçados, portas, pilares, vigas e utilizou-se uma malha de pilares a distarem entre si 3,6 a 4,0 m. Foi ainda considerada a existência de uma área circular livre em cada divisão, com diâmetro de 1,5 m, para permitir que uma pessoa de cadeira de rodas se movimente sem necessidade de ajuda (condição obrigatória por lei nos edifícios novos). Além de um armário na circulação comum das escadas, onde se encontram os contadores e ligações de água, electricidade, telefone, televisão, etc.,

existe também em todas as tipologias uma varanda, uma despensa e couretes nas instalações sanitárias, cozinha e circulação comum das escadas (necessárias para a passagem das tubagens, fios e rede de esgotos entre pisos).

As espessuras apresentadas nas plantas para as diferentes envolventes, pilares, vigas e caixas de estore são meramente representativas, pois, consoante a qualidade térmica da habitação, essas espessuras variam.

3.1. Marcação das envolventes

Após a elaboração das plantas, é possível identificar os espaços úteis (EU's), os espaços não úteis (ENU's) e marcar os tipos de envolvente de cada fracção autónoma (FA), neste caso de cada apartamento. Nestas FA's, as casas de banho, cozinha, sala, quartos e circulação interior são EU's, enquanto a circulação comum das escadas, a lavandaria, a despensa e as couretes são ENU's. Quanto às envolventes, são consideradas a envolvente exterior (conjunto dos elementos da FA que estabelece a fronteira entre o espaço interior e o ambiente exterior) e a envolvente interior (fronteira que separa a FA de espaços não climatizados ou de outras FA adjacentes ou de edifícios vizinhos). Esta última pode ainda ser dividida em envolvente interior com requisitos de envolvente interior (para espaços não úteis com $\tau \leq 0,7$) e em envolvente interior com requisitos de envolvente exterior (para espaços não úteis com $\tau > 0,7$). Segundo o RCCTE, τ pode ser obtido tendo em conta o tipo de ENU em questão, o seu grau de ventilação e a relação entre a área do elemento que separa o espaço útil interior do não útil e a área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril).

Deste modo, após a determinação dos τ 's dos diferentes ENU's é possível marcar as envolventes de cada habitação com recurso ao programa *AutoCAD* da *Autodesk* (ver Anexo A), tendo sido identificadas envolventes: (i) exterior; (ii) interior com requisitos de envolvente exterior; e (iii) interior com requisitos de envolvente interior.

3.2. Marcação das PTP's

Para além das envolventes, devem ser marcadas as pontes térmicas planas (PTP's), que são heterogeneidades inseridas na zona corrente das envolventes (Dec. Lei nº

80/2006 de 4 de Abril). Assim, pilares, vigas e caixas de estore são PTP's a considerar nas habitações deste estudo.

Uma vez mais, com o auxílio do programa *AutoCAD* da *Autodesk*, foi possível marcar estas PTP's, as portas e os envidraçados. A fim de não ultrapassar o limite máximo de páginas permitido em dissertações, não se apresenta um anexo com as marcações anteriores.

3.3. Marcação das PTL's

As PTL's são zonas das envolventes em que a resistência térmica é significativamente alterada devido a uma modificação da geometria dessas envolventes (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril). Só são contabilizadas as PTL's de separação dos EU's com o exterior ou com ENU's com $\tau > 0,7$. Por conseguinte, apesar de existirem vários tipos de PTL's, uma análise das plantas das habitações consideradas mostra apenas a existência de PTL's do tipo C (ligação de fachada com pavimentos intermédios), tipo E (ligação de fachada com varanda), tipo F (ligação de duas paredes verticais), tipo G (ligação de fachada com caixa de estore) e tipo H (ligação de fachada com padieira, ombreira ou peitoril).

Recorrendo, novamente, ao programa *AutoCAD* da *Autodesk*, foi possível marcar estas PTL's. Mais uma vez devido ao limite de páginas a considerar, não se apresenta um anexo com essas marcações.

3.4. Levantamento das áreas

Após a marcação de todas as envolventes, PTP's e PTL's, pode-se fazer o levantamento das áreas e comprimentos necessários para a determinação das necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS e para o cálculo das cargas térmicas. Para o correcto levantamento destas áreas e comprimentos pode usar-se, novamente, o programa *AutoCAD* da *Autodesk* e fazer a cotagem das plantas das habitações consideradas. Deste modo, conhece-se a área bruta das fachadas exteriores, a área dos envidraçados exteriores para EU's e das diferentes PTP's, o que permite a determinação da área da zona corrente das fachadas exteriores. A diferença entre a área bruta das paredes interiores e a área de portas e envidraçados interiores permite a determinação da área da

zona corrente das paredes interiores. Também se pode obter a área de pavimento, de cobertura e de paredes de compartimentação interior, assim como o desenvolvimento linear (comprimento) dos vários tipos de PTL's.

3.5. Soluções construtivas

Cada tipologia de habitação considerada é analisada com várias soluções construtivas, de modo a possuir diferentes qualidades térmicas, resultando em diferentes necessidades de aquecimento e de arrefecimento, que podem obrigar à selecção de diferentes equipamentos para a análise económica. Considera-se, então, três qualidades térmicas em cada habitação: muito má, média e muito boa. Cada qualidade térmica da habitação é definida através de diferentes paredes externas, paredes internas com $\tau \leq 0,7$, paredes internas com $\tau > 0,7$, pilares, vigas, caixas de estore, janelas e portas envidraçadas, pavimento e cobertura. Nas janelas e portas envidraçadas, as diferenças entre as qualidades térmicas devem-se ao uso de caixilharia metálica com ou sem corte térmico e à utilização da lâmina de ar com diferentes dimensões. A espessura das paredes, pilares, vigas, caixas de estore, pavimento e cobertura vai variando com a qualidade térmica da habitação, pois pode existir ou não a utilização de isolamento térmico, caixa-de-ar ou um segundo pano estrutural. A classe da caixilharia, a existência de grelhas auto-reguláveis nas fachadas e portas bem vedadas são outros parâmetros importantes para a definição da qualidade térmica das habitações.

As necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento, assim como a potência térmica necessária para os respectivos equipamentos, dependem de vários factores, nomeadamente da qualidade térmica das soluções construtivas opacas (representada pelos correspondentes valores do coeficiente de transmissão térmica superficial (U) e da massa superficial útil (M_{si})). Também têm grande influência a densidade e severidade das pontes térmicas, o caudal de renovação do ar interior, a qualidade térmica dos envidraçados e respectivas protecções da radiação solar (sombreamentos), entre outros factores de menor impacto. Apresentam-se no Anexo B algumas das características térmicas consideradas para as diferentes qualidades térmicas dos apartamentos analisados.

3.6. Contribuição solar para preparação de AQS

A qualidade térmica de uma habitação também é influenciada pela existência ou não de um sistema solar térmico para aquecimento das AQS. Obviamente que a energia necessária para alimentar o sistema convencional de apoio à preparação de AQS será menor quanto maior for a contribuição do sistema solar térmico. Na prossecução deste trabalho, assume-se que os apartamentos de qualidade térmica muito má não estão equipados com este tipo de sistema de aproveitamento de energias renováveis.

Para determinar a contribuição solar para a preparação de AQS foi utilizado o programa *Solterm* do INETI, onde é necessário escolher o concelho pretendido, definir a obstrução do horizonte, o tipo de sistema solar a utilizar, bem como as características dos colectores solares, do depósito solar, da serpentina e do consumo de AQS.

Como já foi referido, este estudo considera habitações localizadas na periferia de Coimbra e, devido à inexistência de informação sobre o sombreamento do horizonte, considera-se um ângulo de sombreamento de 20°.

Tratando-se de habitações num prédio multi-familiar, utiliza-se um sistema solar por circulação fechada, em que o depósito solar é abastecido por água fria sendo esta aquecida através de uma serpentina. O líquido que existe no interior da serpentina é forçado a circular entre esta e os colectores solares com recurso a uma bomba, ocorrendo deste modo a transferência da energia captada nos colectores para a água do depósito. Quando é necessário o consumo de AQS, a água proveniente do depósito solar passa pelo sistema de apoio (caldeira mural, caldeira de chão a gásóleo, esquentador ou termoacumulador) onde se procede a um reaquecimento caso a temperatura desta não seja a desejada para consumo (ver Figura 14). Caso o sistema de apoio tenha um depósito de acumulação, este encontra-se ligado em série ao depósito solar, recebendo as AQS deste último e enviando-as, antes do consumo, ao sistema de apoio para reaquecimento se necessário.

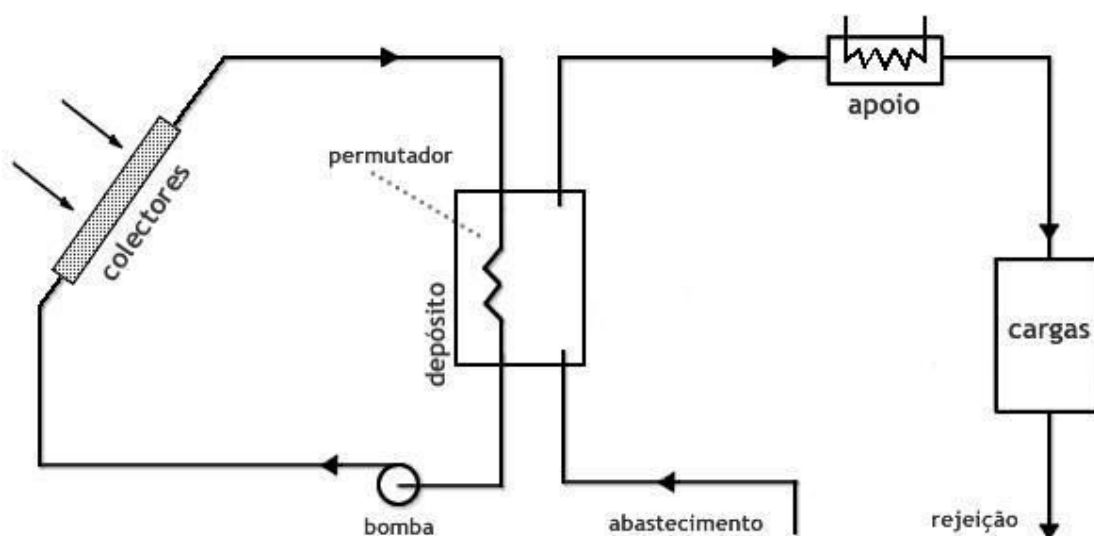


Figura 14. Esquema representativo do sistema solar em interação com sistema de apoio. Adaptado do programa *Solterm*.

Na legislação em vigor (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril), uma habitação com sistema solar deve possuir uma área de colectores solares equivalente a 1 m² por ocupante convencional, sendo o número de ocupantes convencionais o especificado na Tabela 2.

Tabela 2. Número de ocupantes convencionais por tipologia de habitação.

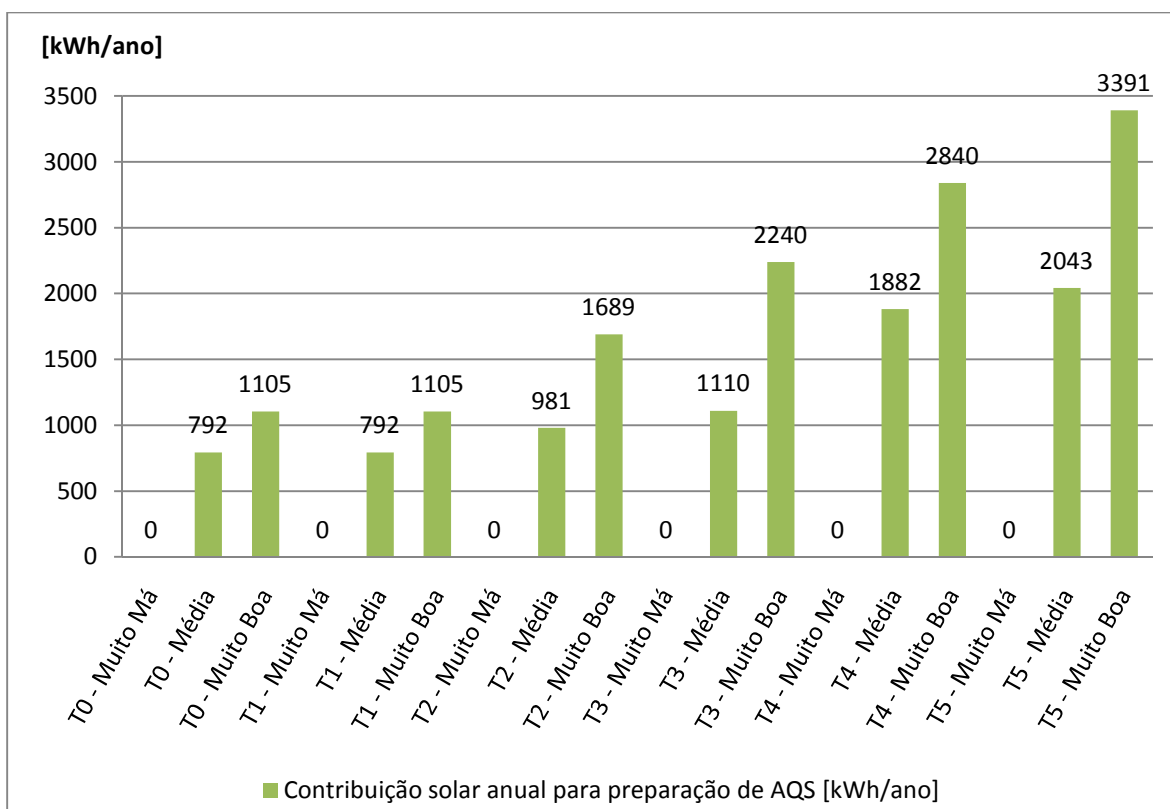
Tipologia	T0	T1	T2	T3	...	Tn
Número de ocupantes	2	2	3	4	...	n + 1

Para fazer a distinção entre as habitações de qualidade térmica média e muito boa foi considerado que as primeiras possuem uma área de colectores solares equivalente a 0,5 m² por ocupante convencional (redução de 50% da área de colectores solares estipulada pelo RCCTE), enquanto as segundas possuem 1,5 m² por ocupante convencional (acréscimo de 50%).

Numa habitação residencial, o consumo diário de AQS por ocupantes convencional é de 40 litros a 60 °C (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril). Deste modo, a capacidade do depósito solar utilizado em cada habitação é considerada igual ao consumo diário de AQS com uma margem de segurança de 10%. A serpentina do sistema solar possui uma eficiência constante de 55% (definido pelo programa *Solterm*), independentemente da tipologia de habitação.

Na simulação, consideraram-se os colectores solares da *FogãoSol* (colectores certificados) com uma área de 1,66 m². O número de colectores solares utilizado em cada habitação foi o que mais se aproxima da área de colectores pretendida. O depósito solar considerado foi o que, de entre os possíveis, se aproximava mais da capacidade pretendida para cada habitação. No Gráfico 2 apresenta-se a contribuição solar anual para a preparação de AQS para cada tipologia de habitação e respectivas qualidades térmicas.

Gráfico 2. Contribuição solar anual para preparação de AQS.



Da análise do gráfico anterior pode concluir-se que com o aumento da tipologia e com o melhoramento da qualidade térmica das habitações ocorre um aumento da contribuição solar para preparação de AQS.

4. CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO, PARA ARREFECIMENTO E PARA PREPARAÇÃO DE AQS

Após a caracterização das habitações consideradas, é possível calcular as necessidades de energia térmica para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS para cada tipologia e qualidade térmica da habitação. A determinação destes consumos de energia foi efectuada recorrendo a uma folha de cálculo programada em *Microsoft Office Excel 2007* pelo Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo, a qual se baseia na metodologia de cálculo proposta pelo RCCTE (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril).

Para obter os resultados pretendidos, é necessário introduzir nesta folha de cálculo informação sobre a localização do edifício, as características gerais da FA em análise, a sua envolvente opaca exterior e interior, as PTL's, não esquecendo as características dos envidraçados exteriores (tanto na estação de aquecimento como de arrefecimento), sistemas de aquecimento, de arrefecimento, de preparação de AQS e as especificidades da ventilação.

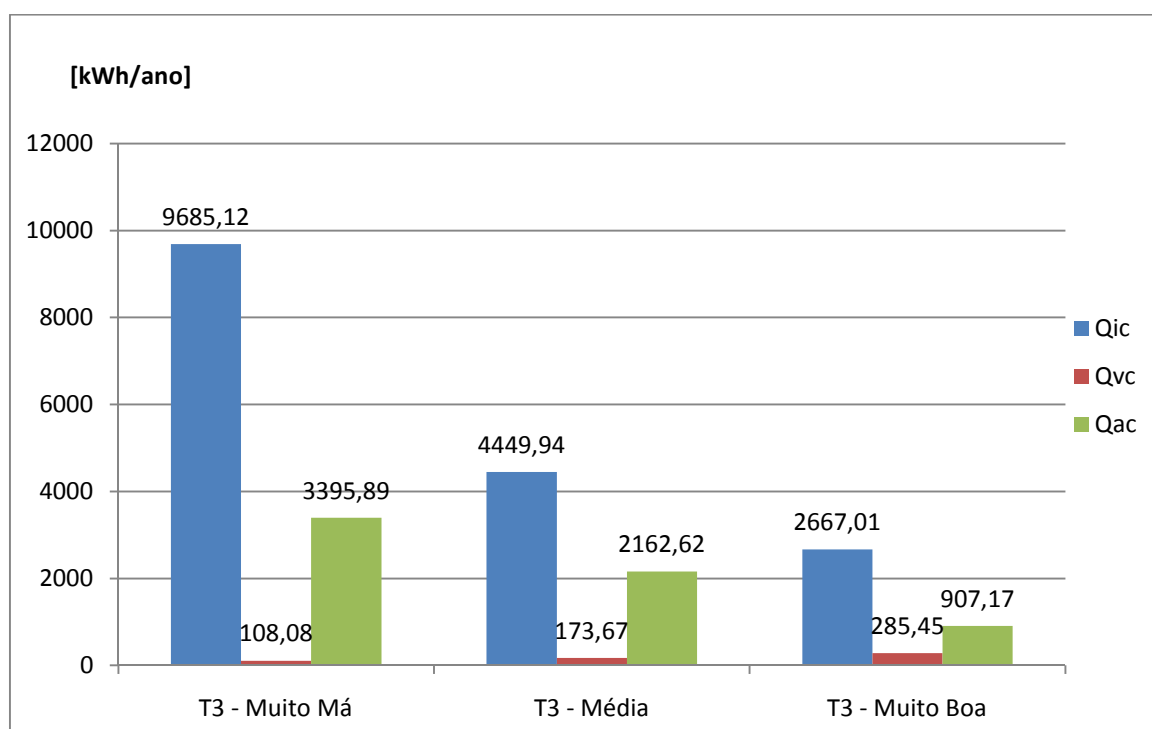
No cálculo assumiu-se o edifício situado em Coimbra, na periferia da zona urbana, a 35 km do mar e com uma cota de soleira de 100 m. Consideram-se, para análise, apartamentos localizados no terceiro andar do edifício, superiormente e inferiormente em contacto com FA's residenciais. A cor da face exterior das paredes em contacto com o exterior e suas PTP's (pilares, vigas e caixas de estore) é considerada clara. Assume-se ainda que estas paredes e respectivas PTP's possuem o U no Inverno igual ao U no Verão. Para a envolvente opaca interior, considera-se que a despensa é um espaço não útil (por não ser climatizado e não possuir qualquer abertura, permanente ou móvel, para os espaços úteis) do tipo "armazém", as couretes um "espaço fortemente ventilado", a lavandaria uma "varanda fechada, marquise ou similar" e o vão de escadas comum a todo o edifício uma "circulação comum sem abertura directa para o exterior" (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril). Relativamente às PTL's do tipo H, assume-se que há contacto entre o isolante e a caixilharia sempre que existe isolamento térmico na caixa-de-ar das paredes. Os caixilhos das janelas dos vãos envidraçados exteriores são considerados em alumínio e sem

quadrícula. Estes vãos envidraçados possuem vidro duplo com persianas de régua plásticas como protecção exterior. O ângulo de sombreamento do horizonte é de 20° e os ângulos de sombreamento dos elementos horizontais e verticais próximos são calculados através das dimensões retiradas da cotagem das plantas. É considerado que as habitações não cumprem a norma NP 1037-1 e que, para além de equipamentos com funcionamento esporádico (exautores na cozinha e extractores nas instalações sanitárias), não existem outros dispositivos mecânicos para ventilação.

Como o objectivo era determinar a energia útil necessária para aquecimento, para arrefecimento e para preparação de AQS (ou seja, respectivamente, a energia sob a forma de calor a fornecer ao ar interior, a retirar e a fornecer às água sanitárias), não foi necessário especificar em concreto os sistemas de aquecimento e de arrefecimento. Como sistema de apoio à preparação de AQS, considerou-se um termoacumulador eléctrico com uma eficiência de 100%.

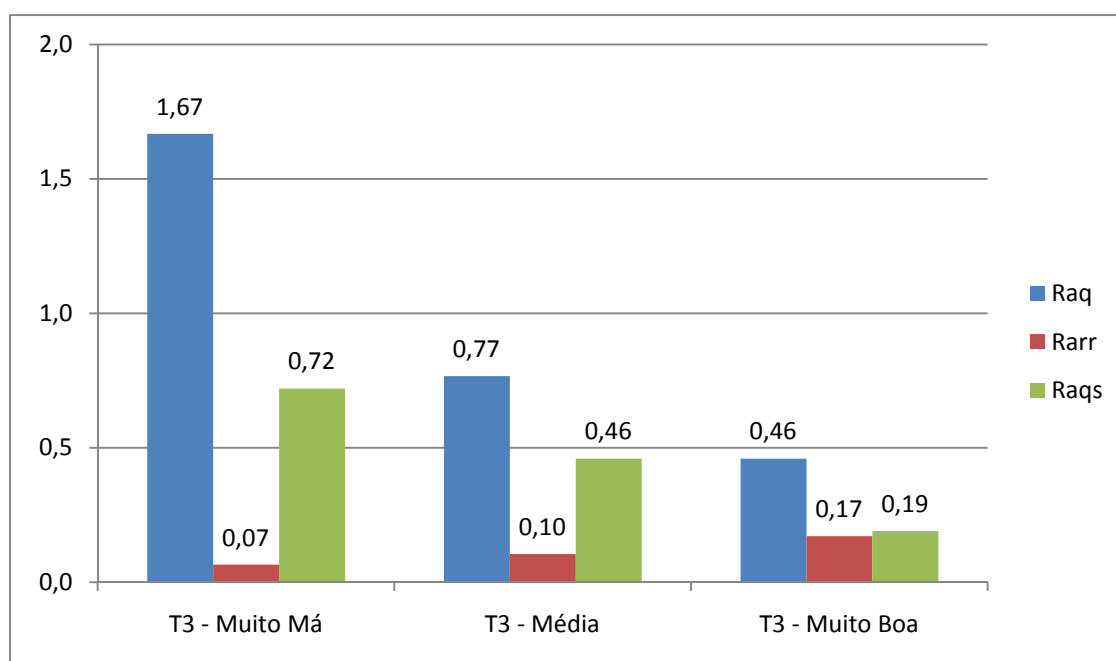
Com as considerações anteriores e com os dados retirados da caracterização das habitações é possível determinar as necessidades de energia útil para aquecimento, para arrefecimento e para preparação de AQS, seguindo na íntegra o estipulado no RCCTE. No Gráfico 3 estão patentes estas necessidades para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3.

Gráfico 3. Necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS para a habitação T3.



Da relação (R) entre as necessidades de energia útil e os correspondentes valores máximos permitidos pelo RCCTE para as mesmas funções obtém-se uma estimativa da qualidade energética das habitações no Inverno (aquecimento), no Verão (arrefecimento) e a fornecer pelo sistema de apoio à preparação de AQS. No Gráfico 4 apresentam-se os rácios anteriores para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3, em que R_{aq} ($= N_{ic} / N_i$) diz respeito ao aquecimento, R_{arr} ($= N_{vc} / N_v$) ao arrefecimento e R_{aqs} ($= N_{ac} / N_a$) ao sistema convencional de apoio à preparação de AQS.

Gráfico 4. Rácio a partir do qual é possível aferir a qualidade energética no Inverno, no Verão e para preparação de AQS na habitação T3.



Da análise dos Gráficos 3 e 4 torna-se evidente que as necessidades de climatização e preparação de AQS se encontram relacionadas com a qualidade térmica da habitação, pois quando esta melhora as necessidades de aquecimento e preparação de AQS tendem a diminuir, enquanto que as necessidades de arrefecimento tendem a aumentar. Na Tabela 6 do Anexo C, encontram-se as necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS e respectivas estimativas da qualidade energética para cada tipologia e qualidade térmica da habitação. Os valores apresentados na Tabela 6 são os obtidos para as necessidades de energia térmica, seguindo na íntegra o estipulado no RCCTE.

A análise dos valores anteriormente apresentados permite constatar que os valores obtidos para as necessidades de energia útil para aquecimento e para o sistema

convencional de apoio à preparação das AQS são lógicos e minimamente realistas. Por outro lado, os valores obtidos para as necessidades de energia útil para arrefecimento são tão baixos que podem ser desprezados. Este facto contraria a realidade, pelo que a metodologia de cálculo deste parâmetro preconizada pelo RCCTE não é a mais adequada. Assim, para contornar esta situação são utilizados os ganhos térmicos totais (somatório dos ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores, dos ganhos solares pela envolvente opaca exterior e dos ganhos internos totais) para a determinação da necessidade anual de energia útil para o arrefecimento. Na determinação da necessidade anual de energia térmica para a preparação de AQS opta-se pela utilização da energia total necessária para esta função, sendo dada pela subtração das contribuições do sistema solar e de outras energias renováveis à energia despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS. Deste modo, na Tabela 7 do Anexo C encontram-se as necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS que são utilizadas para a determinação do consumo anual de energia, nesta análise económica. Os valores apresentados na Tabela 7 são obtidos através da metodologia de cálculo do RCCTE, mas não seguem na íntegra o estipulado neste documento legislativo.

Após a determinação das necessidades de energia térmica para aquecimento e para arrefecimento a considerar na análise económica, é possível calcular estas necessidades em cada divisão climatizada da habitação, o que permitirá determinar o consumo de energia associado a cada uma delas (ver Secção 8.1.). Isto torna-se importante, uma vez que na análise de sistemas de aquecimento e arrefecimento por expansão directa podem existir equipamentos diferentes (com COP e EER diferentes) em cada divisão. Portanto, do quociente entre as necessidades de aquecimento e a área total climatizada obtém-se as necessidades de aquecimento por unidade de área climatizada, a qual multiplicada pela área de cada divisão climatizada, resulta nas necessidades de aquecimento para cada uma dessas divisões. A mesma metodologia é usada para a determinação das necessidades de arrefecimento em cada divisão das habitações consideradas.

5. CÁLCULO DAS POTÊNCIAS NOMINAIS DOS EQUIPAMENTOS

O conhecimento das potências dos equipamentos mais apropriadas para garantir o aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS de uma habitação é fundamental para a selecção dos modelos dos equipamentos a utilizar na análise económica. Como não existe bibliografia sobre a metodologia de cálculo destas potências, utilizam-se algumas expressões definidas no RCCTE (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril) para a sua determinação.

Para obter a potência de aquecimento com uma margem de segurança são desprezados os ganhos térmicos que possam existir, sendo, por isso, consideradas as necessidades brutas de aquecimento como ponto de partida para a determinação da potência sensível de aquecimento dos equipamentos. Segundo o RCCTE, as necessidades brutas de aquecimento são dadas pela expressão

$$Q_{aq} = 0,024 \times GD \times C_{trans} \quad (1)$$

em que 0,024 é um coeficiente de integração, GD o número de graus-dias de aquecimento e C_{trans} um coeficiente que inclui as transferências de calor por condução com o exterior e com os ENU's, através dos elementos em contacto com o terreno, das PTL's e devido à renovação do ar interior (seja por ventilação natural ou mecânica). Conhecido o valor de Q_{aq} , o valor de C_{trans} é obtido por

$$C_{trans} = \frac{Q_{aq}}{0,024 \times GD} \quad (2)$$

Assim, a potência sensível de aquecimento é dada pela expressão:

$$P_{sensível\ aq} = \frac{C_{trans} \times (T_{inl} - T_{lnv})}{1000} \quad (3)$$

em que T_{inl} é a temperatura do ar interior desejada no Inverno ($T_{inl} = 25^{\circ}\text{C}$), T_{lnv} é a temperatura do ar exterior de projecto (para Coimbra, $T_{lnv} = 1^{\circ}\text{C}$ (Mendes *et al.*, 1989)) e a constante 1000 serve para converter W em kW.

Como apenas são consideradas as cargas latentes associadas ao caudal de ar novo insuflado nos espaços, a potência latente de aquecimento ($P_{latente\ aq}$) é nula, visto que não

é assumida a existência de dispositivos específicos para a humedificação do ar. Deste modo, a potência térmica útil do equipamento necessária para aquecer o ar interior da habitação é dada por:

$$P_{aq} = P_{sensível\ aq} \quad (4)$$

Para obter a potência de arrefecimento com uma margem de segurança, são desprezadas as perdas térmicas que possam existir. Os ganhos térmicos devem-se aos ganhos brutos através da envolvente (Q_{trans}), aos ganhos devido à radiação solar (Q_{solar}) e aos ganhos por produção interna de calor (Q_{int}).

A potência sensível de arrefecimento devido aos ganhos brutos através da envolvente é dada pela expressão:

$$P_{trans} = \frac{C_{trans} \times (T_{Ver} - T_{inV})}{1000} \quad (5)$$

em que C_{trans} assume o mesmo valor que para o aquecimento, T_{inV} é a temperatura do ar interior desejada no Verão ($T_{inV} = 20^{\circ}\text{C}$), T_{Ver} é a temperatura do ar exterior de projecto (para Coimbra $T_{Ver} = 33^{\circ}\text{C}$ (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril)) e a constante 1000 serve para converter W em kW.

Para determinar a potência sensível de arrefecimento devido aos ganhos solares, é necessário calcular primeiro os ganhos solares brutos no Verão, sendo estes obtidos por:

$$Q_{solar} = Q_{Senvidra} + Q_{Sopaco} \quad (6)$$

em que $Q_{Senvidra}$ representa os ganhos solares pelos envidraçados exteriores e Q_{Sopaco} os ganhos solares pela envolvente opaca exterior [em kWh/ano]. Segundo o RCCTE, a estação de arrefecimento tem uma duração de 122 dias (Junho, Julho, Agosto e Setembro); considerando que nestes meses há 12 horas/dia de sol, obtêm-se 1464 horas/ano de radiação solar. Tendo em conta que a intensidade da radiação solar máxima diária é cerca de quatro vezes o seu valor médio, pode afirmar-se que a potência sensível de arrefecimento devido aos ganhos solares [em kW] é dada pela expressão:

$$P_{solar} = \frac{4 \times Q_{solar}}{1464} \quad (7)$$

Por outro lado, os 122 dias de duração da estação de arrefecimento correspondem a 2928 horas/ano (24 horas/dia); tendo em conta o perfil diário dos ganhos por produção interna de calor, pode admitir-se que o seu valor máximo é cerca de duas

vezes o seu valor médio. Deste modo, a potência sensível de arrefecimento devido aos ganhos internos [em kW] é dada por:

$$P_{int} = \frac{2 \times Q_{int}}{2928} \quad (8)$$

Assim, a potência sensível de arrefecimento total é obtida pela expressão:

$$P_{sensível\ arr} = P_{trans} + P_{solar} + P_{int} \quad (9)$$

A potência latente de arrefecimento relativa à renovação de ar de cada espaço ($P_{latente\ arr}$) é dada por:

$$P_{latente\ arr} = \frac{0,81 \times Q_{AN} \times (W_e - W_i)}{1000} \quad (10)$$

em que Q_{AN} é o caudal de ar novo insuflado no espaço, W_e o valor de projecto da humidade absoluta de ar exterior ($W_e = 12 \text{ g}_{\text{vapor}}/\text{kg}_{\text{ar seco}}$), W_i o valor pretendido para a humidade absoluta do ar interior (para uma $HR = 50\%$ e $T_{ar} = 20^\circ\text{C}$ obtém-se $W_i = 7 \text{ g}_{\text{vapor}}/\text{kg}_{\text{ar seco}}$) e a constante 1000 para obter esta potência em kW.

A potência que o equipamento necessita para arrefecer o ar interior da habitação [em kW] é obtida pela expressão:

$$P_{arr} = P_{sensível\ arr} + P_{latente\ arr} \quad (11)$$

A potência de preparação de AQS depende de vários factores, como o pré-aquecimento da água através de um sistema solar, o caudal mássico instantâneo de consumo de AQS, a existência ou não de um depósito de acumulação associado ao sistema convencional, o volume deste depósito e o aumento da temperatura da água necessário.

O aumento da temperatura da água que o sistema de preparação de AQS tem de garantir depende da existência ou não de pré-aquecimento pelo sistema solar. Considerando que, na pior das hipóteses, o sistema solar assegura apenas 50% da sua prestação média diária, a contribuição deste sistema é estimada através da seguinte fracção solar definida por:

$$F_{solar} = \frac{0,5 \times E_{solar}}{Q_{aqs}} \quad (12)$$

em que E_{solar} é a contribuição do sistema solar para preparação de AQS e Q_{aqs} a energia total necessária para o desempenho desta função. Neste sentido, o aumento de temperatura da água que o sistema de preparação de AQS deve garantir é obtido através de:

$$\Delta T = \Delta T_0 \times (1 - F_{solar}) \quad (13)$$

em que ΔT_0 é o aumento necessário da água (valor recomendado de projecto $\Delta T_0 = 30^\circ\text{C}$).

A influência de um depósito de acumulação associado ao sistema convencional de apoio à preparação de AQS pode ser tida em conta através de um factor de inércia:

$$F_{dep} = 1 + 8 \times \left(\frac{V_{dep}}{40 \times n_p} \right) \quad (14)$$

em que V_{dep} representa o volume do depósito de acumulação associado ao sistema de preparação de AQS, n_p é o número de ocupantes convencionais de cada habitação e 40 é o consumo diário de AQS por cada um desses ocupantes.

O caudal volúmico máximo de consumo de AQS pode relacionar-se com o número de ocupantes convencionais através da expressão:

$$C_v = C_1 \times n_p^{0,5} \quad (15)$$

com $C_1 = 6$ litros/minuto para o caso de edifícios de habitação. Desta forma, é possível determinar o caudal mássico máximo de consumo de AQS através de:

$$C_m = \frac{\rho_{\text{água}} \times C_v}{60\,000} \quad (16)$$

em que $\rho_{\text{água}}$ é a massa específica da água ($\rho_{\text{água}} = 982,8 \text{ kg/m}^3$) e a constante 60 000 para converter litros/minuto para m^3/s .

Após a obtenção de todas as expressões dos factores que influenciam a potência de preparação de AQS, identifica-se a sua expressão. Assim, a potência de que o equipamento convencional de apoio necessita para preparar as AQS é dada por:

$$P_{aqs} = \frac{C_m \times c_p \times \Delta T}{F_{dep}} \quad (17)$$

em que c_p é o calor específico da água ($c_p = 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$).

Para calcular, correctamente, a potência do equipamento de preparação de AQS, é necessário definir o volume do depósito de acumulação, caso este exista associado a este sistema. Considera-se que equipamentos com funcionamento a combustível não

renovável devem possuir um depósito de acumulação de capacidade igual a metade do consumo diário convencional da habitação. Isto justifica-se com o facto de, para a mesma temperatura da água acumulada, as perdas térmicas pelas paredes do depósito aumentarem com o volume deste. Por outro lado, não se deve ter pouca água quente acumulada, pois o sistema pode não ter capacidade de resposta perante as necessidades pontuais de AQS. Assim, o depósito de acumulação seleccionado para a determinação da potência de preparação de AQS é, consoante as diferentes marcas, o que tiver uma capacidade mais próxima da necessária. Para os equipamentos com funcionamento a electricidade (termoacumuladores eléctricos) são recomendados depósitos que possuem uma capacidade igual ao consumo diário convencional da habitação.

Com a metodologia apresentada nesta Secção, foram determinadas as potências nominais dos equipamentos necessárias para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS, encontrando-se organizadas na Tabela 8 do Anexo D. Com esta tabela, conclui-se que com a melhoria da qualidade térmica das habitações as potências de aquecimento e de arrefecimento diminuem e que a existência de sistema solar para preparação de AQS faz reduzir as potências dos equipamentos que desempenham esta função.

Para seleccionar as unidades interiores dos sistemas de aquecimento e arrefecimento por expansão directa, deve-se calcular as potências de aquecimento e de arrefecimento para cada divisão climatizada da habitação. Do quociente entre a potência de aquecimento e a área total climatizada obtém-se a potência de aquecimento por unidade de área climatizada, a qual multiplicada pela área de cada divisão climatizada e por um factor de correcção (ver Tabela 3), devido à orientação dessa divisão, resulta na potência de aquecimento para cada uma delas. A mesma metodologia é usada para a determinação da potência de arrefecimento em cada divisão climatizada.

Tabela 3. Factor de correcção devido à orientação de cada divisão climatizada da habitação.

	Aquecimento	Arrefecimento
Norte e Este	1.15	0.90
Sul e Oeste	0.90	1.15

Sempre que uma divisão climatizada apresenta orientações da envolvente exterior que obrigam à utilização dos dois factores de correcção, é feita uma ponderação entre esses factores e a área da envolvente exterior correspondente. Os resultados destas potências para cada divisão climatizada encontram-se na Tabela 9 do Anexo D.

6. SELECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA ANÁLISE ECONÓMICA

Os equipamentos considerados para a análise económica são as caldeiras murais, as caldeiras de chão a gasóleo, os esquentadores, os termoacumuladores e os ar-condicionados do tipo *split* e *multi-split*. Procedeu-se a uma análise exaustiva dos catálogos de diferentes marcas que possuem estes equipamentos e fez-se uma pré-selecção dos modelos que se adaptam aos edifícios residenciais, pois o RCCTE (Dec. Lei nº 80/2006 de 4 de Abril) impõe 25 kW como limite de potência útil dos equipamentos de climatização, não existindo qualquer limite para a potência dos equipamentos de preparação de AQS. Após esta pré-selecção, os diferentes modelos de equipamentos de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS são organizados e seleccionados apenas os que mais se adequam à análise económica em função da tipologia e qualidade térmica da habitação.

6.1. Organização dos dados dos equipamentos

Após a pré-selecção dos diferentes modelos dos equipamentos de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS procede-se à sua organização, de modo a facilitar e tornar coerente a selecção destes para a análise económica.

As caldeiras murais são organizadas consoante o modo de funcionamento da preparação de AQS (instantâneo e por acumulação) e pelo tipo de exaustão (natural, ventilada e estanque). Dentro de cada uma destas subdivisões, os equipamentos são ordenados, independentemente das marcas, pela eficiência sazonal, o que facilita a comparação desta com o custo de aquisição dos equipamentos.

Por sua vez, as caldeiras de chão a gasóleo são organizadas, independentemente da marca, em função do tipo de acumulador que possuem (incorporado e externo) e ordenadas pela eficiência sazonal dos diferentes modelos.

Os esquentadores são organizados pelo tipo de exaustão (natural, ventilada e estaque) e, uma vez mais, ordenados pela eficiência sazonal, de forma a facilitar a selecção dos modelos que devem ser incluídos na análise económica.

Os termoacumuladores dividem-se em termoacumuladores eléctricos e a gás propano (ver Secção 2.1.4.). Os eléctricos estão ordenados, independentemente da marca, pela capacidade de acumulação de água, enquanto os termoacumuladores a gás propano pela eficiência de conversão de energia.

Por último, os ar-condicionados dividem-se em sistemas *split* e *multi-split* (ver Secção 2.3.). Os sistemas *split* estão agrupados, independentemente das marcas, pelo tipo de unidade interior (mural, chão, chão/tecto, cassete e condutas) e ordenados pelo COP. Os sistemas *multi-split* são caracterizados por uma unidade exterior da mesma marca que as unidades interiores. Deste modo, as unidades interiores organizam-se por marca e por tipo (mural, chão, cassete e condutas) e surgem ordenadas pela potência de aquecimento e arrefecimento, enquanto nas unidades exteriores se tem em conta, também, a marca e são ordenadas pelo COP.

6.2. Seleção dos equipamentos

A partir da listagem organizada dos equipamentos de aquecimento, de arrefecimento e para preparação de AQS é possível a selecção dos mesmos.

A selecção das caldeiras murais inicia-se comparando as potências de aquecimento e de preparação de AQS necessárias com as dos equipamentos pré-seleccionados, seguindo-se a escolha dos equipamentos que apresentam, para a mesma eficiência sazonal, o menor custo de aquisição. Isto é realizado, em separado, para os diferentes modos de preparação de AQS e para as diferentes tipologias e qualidades térmicas da habitação, pois a utilização de um sistema solar para preparação de AQS obriga à utilização de um *kit* solar (ver Secção 2.1.1) em alguns modelos, encarecendo-os.

A selecção das caldeiras de chão a gásóleo, independentemente do tipo de acumulador que possuem, é feita através da comparação da potência de aquecimento necessária com a dos equipamentos pré-seleccionados, seguindo-se, novamente, a comparação da eficiência sazonal com o custo de aquisição. Nas caldeiras de chão a gásóleo com acumulador incorporado (ou interno) é necessário ter em consideração o volume desse depósito. Se a sua capacidade não for suficiente para satisfazer as necessidades de AQS da FA em questão, esses equipamentos são excluídos. Segundo informação de um dos fabricantes (a Vulcano), as caldeiras a gásóleo com depósito interno

não são compatíveis com um sistema solar para preparação de AQS. Deste modo, apenas as caldeiras de chão a gasóleo com acumulador externo são consideradas nas habitações equipadas com sistema solar térmico.

A selecção dos esquentadores inicia-se comparando a potência de preparação de AQS necessária com a dos equipamentos pré-seleccionados, seguindo-se, uma vez mais, a comparação da eficiência sazonal com o custo de aquisição. Isto é realizado em separado para as diferentes tipologias e qualidades térmicas da habitação, pois a utilização de um sistema solar para preparação de AQS obriga à utilização de um módulo solar em alguns modelos, tornando-os mais caros.

A selecção dos termoacumuladores eléctricos e a gás é feita através da comparação da potência de preparação de AQS necessária com a dos equipamentos pré-seleccionados e da capacidade mínima que o termoacumulador necessita para cada tipologia de habitação; seguindo-se a escolha do equipamento que apresente o menor custo de aquisição para as características de selecção anteriormente definidas.

Os sistemas de ar-condicionado *split* são seleccionados, inicialmente, comparando-se as potências de aquecimento e de arrefecimento necessárias em cada divisão climatizada com as dos equipamentos pré-seleccionados, seguindo-se a comparação do COP com o custo de aquisição. Desta última comparação conclui-se que é recomendável a utilização de sistemas *split* do tipo mural, visto que os restantes tipos apresentam, para o mesmo COP, um custo de aquisição bastante superior.

As unidades interiores dos sistemas de ar-condicionado *multi-split* são seleccionadas através da comparação das potências de aquecimento e arrefecimento necessárias para cada divisão climatizada com as dos equipamentos pré-seleccionados; seguindo-se, a escolha da unidade interior (uma por marca), para cada divisão climatizada, com o menor custo de aquisição. Comprova-se, novamente, que as unidades interiores do tipo mural são as mais recomendadas para o estudo em questão. A selecção das unidades exteriores (uma por marca) é feita através do número de unidades interiores necessárias, da comparação das potências totais de aquecimento e de arrefecimento necessárias com as dos equipamentos pré-seleccionados e da comparação do COP com o custo de aquisição.

Neste trabalho, foram seleccionados equipamentos de todos os tipos para as diferentes habitações consideradas, mas para reduzir o número de páginas deste trabalho, apresentam-se no Anexo E apenas os equipamentos seleccionados para a tipologia T3.

7. CUSTOS RELACIONADOS COM OS EQUIPAMENTOS

Após a selecção dos equipamentos para a análise económica, é possível determinar os diferentes custos que lhes estão associados. Nas Secções deste Capítulo são caracterizados todos estes custos.

7.1. Custos com o subsistema de produção

O subsistema de produção diz respeito aos equipamentos responsáveis pela transformação de energia final (electricidade, gás, gasóleo, etc.) em energia térmica (calor). Nos custos com este subsistema encontram-se os custos (em vigor no dia 9 de Abril de 2010) de aquisição das caldeiras murais e de chão a gasóleo, dos esquentadores, termoacumuladores e ar-condicionados, assim como de todos os acessórios destes equipamentos (descritos de seguida).

Quando existe um sistema solar para preparação de AQS, algumas caldeiras murais e esquentadores, para se tornarem compatíveis com este sistema, necessitam de um *kit* solar ou de um módulo solar, respectivamente.

Todas as caldeiras de chão a gasóleo exigem um depósito para armazenamento do gasóleo, sendo ainda necessário nas caldeiras deste tipo com acumulador externo um *kit* de funcionamento para o desempenho das funções pretendidas (ver Secção 2.1.2.). A análise económica considera que o depósito de gasóleo é em plástico, com capacidade para 1000 litros, e que o custo deste acessório já inclui *kit* de bombagem e filtros de aspiração.

Os equipamentos que funcionam a combustível necessitam de chaminé adequada em função do combustível. O custo desta chaminé para as caldeiras de chão a gasóleo, relativamente aos restantes equipamentos, é bastante superior, uma vez que para se obter rendimentos elevados nestes equipamentos não é permitida a acumulação de fuligem no seu interior.

Alguns modelos dos equipamentos considerados exigem um depósito externo para acumulação de AQS, escolhido através do volume que é necessário acumular, sendo este em função do consumo diário de AQS de cada tipologia de habitação.

Quando é considerado um sistema de ar-condicionado *multi-split*, em que é preciso interligar várias unidades interiores, é necessário, por vezes, utilizar caixas de derivação e tubos de distribuição.

Em alguns modelos dos equipamentos considerados, os seus controladores já são incluídos no custo de aquisição, mas nos restantes são adquiridos em separado. Na análise económica, considera-se o custo desses controladores cuja aquisição é feita de forma independente.

7.2. Custos com o subsistema de distribuição

O subsistema de distribuição é caracterizado pela tubagem, sendo esta em cobre, com 10 mm de isolamento térmico e com diferentes diâmetros, consoante o equipamento a que se destina. Nos sistemas de ar-condicionado, é utilizado um tubo de ¼" e outro de ¾" por cada unidade interior, enquanto nos restantes equipamentos a tubagem utilizada é de ½". Deste modo, os custos com este subsistema correspondem aos custos das diferentes tubagens para cada tipologia de habitação e equipamento(s) considerado(s).

Conhecido o preço do metro de cada tubagem (em vigor no dia 19 de Abril de 2010), e após a determinação do comprimento da tubagem para cada tipologia de habitação em função do equipamento considerado, é possível determinar o custo das diferentes tubagens.

7.3. Custos com o subsistema de difusão

O subsistema de difusão é caracterizado pelos radiadores e correspondentes acessórios. Para determinar os seus custos em cada tipologia de habitação é necessário determinar o número de elementos de radiador de cada divisão climatizada. A metodologia de cálculo deste número e, por consequência, do número de radiadores e acessórios nas habitações consideradas já se encontra descrita neste trabalho, na Secção 2.2.2..

7.4. Custos de montagem e instalação dos sistemas

Os custos de montagem e instalação dos sistemas de aquecimento, de arrefecimento e para preparação de AQS são os custos relacionados com a mão-de-obra. Nesta análise económica, o tempo dispendido com esta actividade é independente da tipologia de habitação e do sistema de climatização e preparação de AQS utilizado, sendo considerado que são necessárias 16 horas para montagem e instalação dos equipamentos. No dia 19 de Abril de 2010, o custo da mão-de-obra por hora recomendado fixava-se nos 15 euros, o que permite a determinação dos custos a que se refere esta secção.

7.5. Custos de manutenção

Como nos dois primeiros anos de utilização os equipamentos se encontram sob garantia, não são considerados custos de manutenção. A partir dessa altura, considera-se um custo anual de manutenção consoante o equipamento analisado. Devido a existirem peças que possuem um maior desgaste, de cinco em cinco anos pode ser necessário substituí-las, o que provoca um aumento significativo desse valor.

Todas as caldeiras murais e de chão a gasóleo, esquentadores e termoacumuladores considerados possuem estes dois tipos diferentes custos de manutenção, tendo sido os seus valores fornecidos pela empresa Vulcano (Carvalho, 2010). Relativamente aos sistemas de ar-condicionado, apenas é considerado um custo anual de manutenção igual a 8% do custo de aquisição dos equipamentos, não existindo de cinco em cinco anos qualquer acréscimo a esse valor.

O investimento inicial para cada sistema de climatização e/ou preparação de AQS é dado pelo somatório dos custos de montagem e instalação e dos custos com o subsistema de produção, de distribuição e de difusão. Foram compilados custos relacionados com os equipamentos considerados para todas as tipologias de apartamento e qualidade térmica das suas soluções construtivas. No entanto, de modo a não tornar este estudo muito extenso, apresentam-se no Anexo F apenas os custos relacionados com a tipologia T3, os quais aparecem classificados como “custos do investimento inicial”, “custos de manutenção” e “custos da energia anual consumida”. Os custos com o consumo de energia são o assunto a abordar no próximo Capítulo.

8. CONSUMO E CUSTO ANUAL DE ENERGIA

Na análise económica, além dos custos relacionados com o investimento inicial e com a manutenção dos equipamentos, são tidos em conta os custos associados ao consumo de energia para climatização e para preparação de AQS.

8.1. Consumo anual de energia

Após a determinação das necessidades de climatização e para preparação de AQS para cada tipologia e qualidade térmica da habitação, a considerar na análise económica, e a selecção dos respectivos equipamentos para o desempenho dessas funções, é possível determinar o consumo anual de energia para aquecimento, para arrefecimento e para preparação de AQS, através do quociente entre cada uma das necessidades correspondentes e o rendimento sazonal do equipamento capaz de desempenhar essa função. Assim, para as caldeiras murais e de chão a gásóleo, pode-se calcular o consumo anual de energia para aquecimento e preparação de AQS, enquanto para os esquentadores e termoacumuladores apenas se calcula o consumo anual de energia para preparação de AQS. Devido à selecção de diferentes modelos de unidades interiores para as divisões a climatizar em cada habitação, nos sistemas de ar-condicionado são determinados os consumos anuais de energia para aquecimento e para arrefecimento por divisão climatizada, uma vez que os diversos equipamentos possuem diferentes eficiências (COP e EER), provocando consumos distintos para as mesmas necessidades de climatização.

8.2. Custo anual de energia

Com a determinação do consumo anual de energia para aquecimento, para arrefecimento e para preparação de AQS de cada modelo de equipamento, tipologia e qualidade térmica da habitação a considerar na análise económica, e conhecendo o preço unitário da fonte de energia, é possível determinar o custo associado a esses consumos.

Os equipamentos seleccionados são alimentados por gásóleo de aquecimento, gás natural, gás propano ou electricidade. O preço unitário do gás natural é retirado do

tarifário da Lusitaniagás (região de Coimbra) para o escalão 2 (gama de consumo anual típico de uma habitação residencial), o gás propano é adquirido em botijas de 45 kg, enquanto, para electricidade, se considera a tarifa simples de baixa tensão normal até 20,7 kVA. A Tabela 4 apresenta o preço unitário de todas as fontes de energia consideradas.

Tabela 4. Preço unitário, em vigor em 16-04-2010, das fontes de energia dos equipamentos seleccionados para análise económica (EDP, 2010; GalpEnergia, 2010; Galp, 2010).

Fonte de Energia	Preço divulgado	Preço por kWh
Gasóleo	0,8400 €/litro	0,0842 €/kWh
Gás Natural	0,0577 €/kWh	0,0577 €/kWh
Gás Propano	1,8733 €/kg	0,1435 €/kWh
Electricidade	0,1285 €/kWh	0,1285 €/kWh

Para se obter os custos anuais associados ao consumo, é necessário que as diferentes necessidades e preços unitários possuam unidades de grandeza compatíveis. Assim, foi preciso converter a unidade de grandeza do gasóleo para €/kWh, tendo sido utilizada a seguinte expressão:

$$Preço_{unit.gas\acute{o}leo} [€/kWh] = \frac{Preço_{unit.gas\acute{o}leo} [€/l] \times 3,6 \times 10^{-3}}{PCI_{gas\acute{o}leo} \times \rho_{gas\acute{o}leo}} \quad (18)$$

em que $PCI_{gas\acute{o}leo}$ é o poder calorífico inferior do gasóleo ($PCI_{gas\acute{o}leo} = 43$ MJ/kg (Águas, 2008)), $\rho_{gas\acute{o}leo}$ é a massa específica do gasóleo ($\rho_{gas\acute{o}leo} = 835$ kg/m³ (Águas, 2008)) e a constante 3,6 utilizada para converter MJ a kWh.

De igual modo, foi necessário converter a unidade de grandeza do gás propano. Para isso, utilizou-se a seguinte expressão:

$$Preço_{unit.propano} [€/kWh] = \frac{Preço_{unit.propano} [€/kg] \times 3,6}{PCI_{propano}} \quad (19)$$

em que $PCI_{propano}$ é poder calorífico inferior do propano ($PCI_{propano} = 47$ MJ/kg (Águas, 2008)) e a constante 3,6 utilizada para converter MJ a kWh.

Foram determinados custos anuais com os consumos de energia relacionados com todos os equipamentos considerados para todas as tipologias de apartamento e qualidade térmica das suas soluções construtivas. No entanto, de modo a reduzir o número de páginas deste trabalho, apresentam-se no Anexo F apenas os custos relacionados com a tipologia T3, os quais aparecem classificados como “custos do investimento inicial”, “custos de manutenção” e “custos da energia anual consumida”.

9. ANÁLISE ECONÓMICA

A determinação dos custos relacionados com o investimento inicial e com a manutenção dos equipamentos e dos custos associados ao consumo de energia para aquecimento, para arrefecimento e para preparação de AQS permite efectuar a análise económica pretendida neste trabalho. Esta análise baseia-se num método muito eficaz de comparação de projectos com proveitos não mensuráveis em termos monetários, mas equiparáveis em termos de benefícios. Trata-se de uma metodologia baseada no conceito de custo anual para uma análise a preços constantes, através da qual é possível determinar o Custo Anual Equivalente (CAE) aos custos totais do(s) sistema(s) suportados pelo consumidor. A partir dos valores obtidos para o CAE, é possível fazer uma seriação em função do custo global para o utilizador, bem como identificar o(s) equipamento(s) mais recomendado(s) para cada tipologia e qualidade térmica da habitação.

Com o objectivo de analisar equipamentos com benefícios equiparáveis são realizadas duas análises económicas independentes. Na primeira, são estudados equipamentos apenas com as funções de aquecimento e de preparação de AQS, enquanto que, na segunda, são analisados equipamentos capazes de aquecer e de arrefecer o ambiente interior da habitação e de preparar as AQS.

9.1. Metodologia

Independentemente do equipamento, da tipologia e qualidade térmica da habitação, a análise económica é realizada a preços constantes, isto é, os custos e os proveitos são avaliados pelos valores que teriam se ocorressem no instante de arranque do projecto de investimento (Raimundo, 2009). Este projecto tem um período de vida útil de 10 anos, ou seja, a análise económica considera que os equipamentos são adquiridos, instalados e encontram-se prontos a iniciar as suas funções no instante “0”, sendo-lhes dada a utilização apropriada durante 10 anos, ao fim dos quais apresentam um valor residual correspondente a 20% do valor de aquisição do equipamento. Este valor residual corresponde à actualização das quantias estimadas correspondentes aos benefícios que se

prevêem obter com a utilização dos equipamentos para além dos 10 anos de vida, considerados na análise (Raimundo, 2009).

Para iniciar o cálculo do CAE de cada equipamento, é necessário definir o *cash-flow* anual (fluxo monetário anual de e para o projecto de investimento) (Quintas, 2009), sendo este dado pela expressão:

$$CF_k = R_k - D_k \quad (20)$$

em que R são os rendimentos esperados, D são os custos associados e k é o índice de referência do ano em questão (Raimundo, 2009). Como os equipamentos de climatização e preparação de AQS não possuem receitas, o *cash-flow* anual é apenas dado pelos custos associados ao equipamento no ano, ou seja:

$$CF_k = -D_k \quad (21)$$

sendo de referir que estes custos são os da manutenção e o do consumo de energia. Os custos de montagem e instalação e os custos com o subsistema de produção, de distribuição e de difusão são investimento inicial e, desse modo, não fazem parte do *cash-flow* anual.

A taxa de actualização a preços constantes, isto é, a taxa que é utilizada para converter um valor de uma data futura a valores de hoje (Quintas, 2009), pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$i = P_p \times i_p + P_a \times i_a \quad (22)$$

em que P_p é a percentagem de capitais próprios a aplicar no projecto e i_p a taxa de rendimento efectiva dos capitais próprios, enquanto P_a é a percentagem de capitais alheios e i_a a taxa de juro efectiva a pagar pelos capitais alheios (Raimundo, 2009). A taxa de rendimento dos capitais próprios (i_p) corresponde aos custos de oportunidades, ou seja, ao rendimento que se perde por estar a utilizar recursos financeiros no projecto em vez de os ter a render (por exemplo, num depósito a prazo ou noutra aplicação de retorno garantido). Tendo em conta a conjuntura económica portuguesa actual, considerou-se aqui que um $i_p = 3\%$ /ano representa um compromisso aceitável. Visto que o “projecto de investimento” em questão é financiado exclusivamente por capitais próprios, temos:

$$i = i_p \quad (23)$$

Uma vez conhecido o *cash-flow* anual e a taxa de actualização a preços constantes, pode obter-se o Valor de Líquido Actual (VLA), isto é, a soma de todos os *cash-flow* e investimentos depois de actualizados (Raimundo, 2009):

$$VLA = \sum_{k=0}^n \frac{CF_k - I_k}{(1+i)^k} + \frac{VR}{(1+i)^n} \quad (24)$$

em que I_k é o investimento no ano em questão com o equipamento, n a sua vida útil ($n = 10$ anos) e VR o seu valor residual. No momento inicial “0”, apenas existe o investimento inicial associado aos sistemas de climatização e de preparação de AQS, pois o *cash-flow* é nulo (já que diz respeito a um instante e não a um período de tempo). Durante os 10 anos de duração da análise, apenas se contabiliza o *cash-flow*, pois considera-se somente a existência de um único investimento (o inicial).

Com a determinação do valor líquido anual é possível determinar o custo anual equivalente através da expressão:

$$CAE = -VLA \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (25)$$

em que o segundo termo do produto é um factor de distribuição (Raimundo, 2009) que permite obter a renda anual média representativa do VLA do projecto, sabendo-se, assim, qual o custo anual equivalente dos sistemas de climatização e preparação de AQS para cada tipologia e qualidade térmica da habitação. De notar que, se o valor obtido para o CAE for negativo, se está perante um lucro anual equivalente.

9.2. Custos para habitação sem sistema de arrefecimento

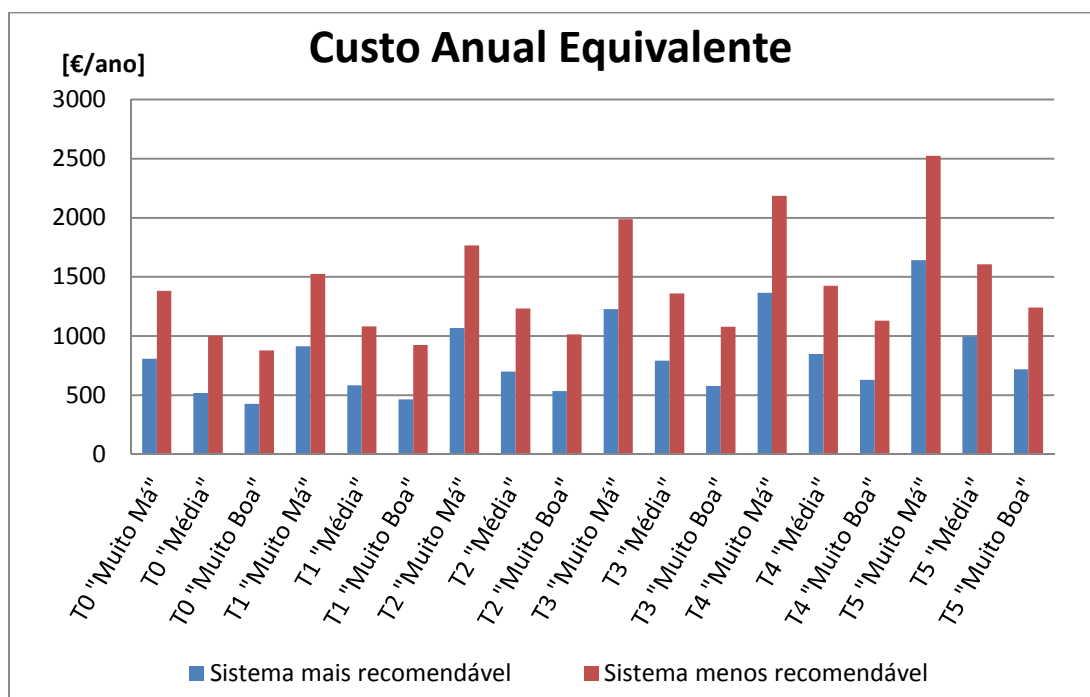
Como já foi referido anteriormente, nesta primeira análise económica apenas são considerados os equipamentos com funções de aquecimento e preparação de AQS. Ou seja, pressupõe-se que não existe sistema de arrefecimento. Numa pré-análise económica (não apresentada neste trabalho), verificou-se que a utilização dos sistemas de ar condicionado de expansão directa do tipo *split* e *multi-split* não é economicamente vantajosa se não for utilizada a sua função de arrefecimento. Para além disso, não dispensam o recurso a uma caldeira, a um esquentador ou a um termoacumulador para a

preparação de AQS. Os sistemas de ar-condicionado com as três funções (de aquecimento, de arrefecimento e de AQS) só agora é que começaram a ser comercializados, existindo ainda muito pouca informação; como tal, não foram considerados neste estudo. A mesma pré-análise indicou claramente que os esquentadores só são interessantes se utilizados em conjunto com os sistemas de ar-condicionado anteriores. Deste modo, esta análise resume-se às caldeiras murais e às caldeiras de chão a gásóleo.

Apresenta-se no Anexo G um resumo da seriação económica dos equipamentos a instalar em habitações equipadas com sistemas de aquecimento e para preparação de AQS (sem sistema de arrefecimento). Omitiu-se a seriação completa em função do CAE para os equipamentos ensaiados para equipar as qualidades térmicas de todas as tipologias de apartamento. Efectivamente, trata-se de uma listagem relativamente extensa (252 casos).

Após a escolha do sistema mais e menos recomendável para cada tipologia e qualidade térmica da habitação, é possível verificar que estes apresentam uma diferença de CAE significativa (ver Gráfico 5), o que mostra a importância deste estudo para o consumidor que procura escolher o sistema de aquecimento e preparação de AQS mais adequados à sua habitação. Também se verifica que com o aumento da tipologia de habitação, o CAE dos sistemas aumenta, uma vez que são exigidos maiores custos com o consumo de energia para aquecimento e para preparação de AQS e com o depósito de acumulação. Além disso, existem mais divisões a climatizar, levando a um maior investimento com o subsistema de distribuição e de difusão. Com o melhorar da qualidade térmica das habitações, é possível verificar uma diminuição do CAE devido a menores necessidades de aquecimento, o que provoca uma redução do custo associado ao consumo de energia e ao subsistema de difusão. Em termos globais, os custos são elevados, nomeadamente para as habitações de “Muito má” qualidade térmica.

Gráfico 5. CAE do sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para cada tipologia e qualidade térmica da habitação.



Com a selecção do sistema mais e menos recomendável (ver Anexo G), consegue-se constatar que as caldeiras murais são preferíveis face às caldeiras de chão a gásóleo, uma vez que as primeiras, independentemente da tipologia e qualidade térmica da habitação, apresentam o menor CAE, enquanto que as segundas possuem o maior. O sistema mais recomendado é uma caldeira mural com preparação de AQS instantânea e exaustão ventilada. O menos recomendado é uma caldeira de chão a gásóleo com depósito de acumulação de AQS externo. A diferença entre os CAE's destes equipamentos deve-se aos custos de aquisição e aos custos associados ao consumo de energia, uma vez que apresentam eficiências sazonais e preços das fontes de energia diferentes. Mas esta diferença deve-se sobretudo ao facto de as caldeiras de chão a gásóleo necessitarem de uma manutenção frequente, uma chaminé relativamente onerosa e de um depósito de gásóleo.

9.3. Custos para habitação com sistema de arrefecimento

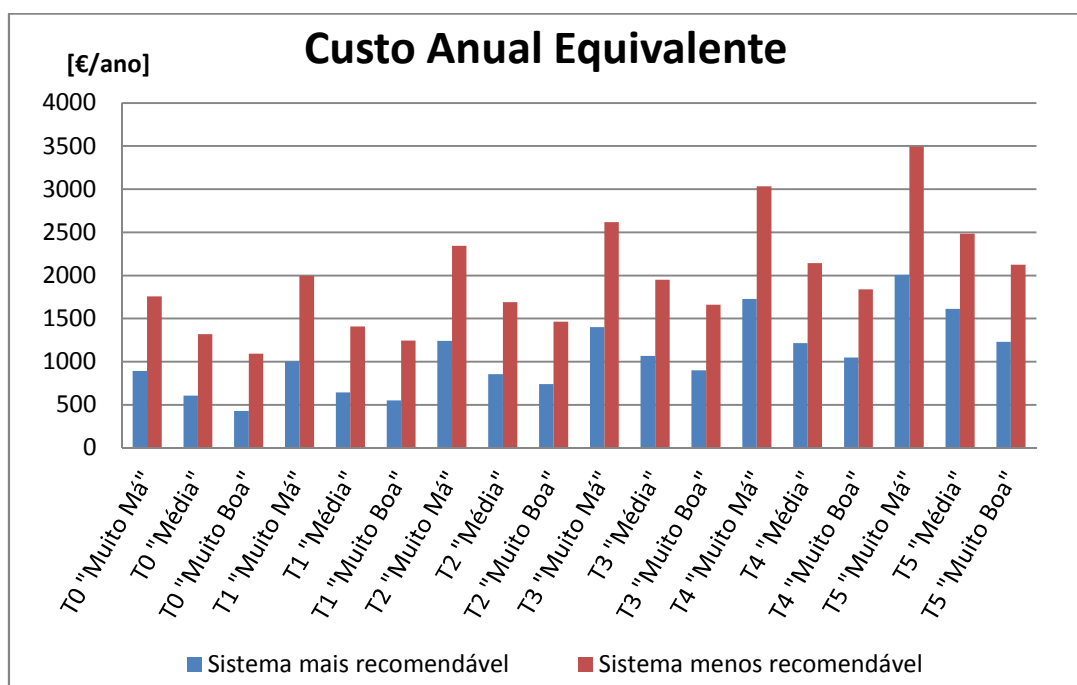
Nesta análise económica são estudadas duas situações distintas. Numa são considerados sistemas de aquecimento e de arrefecimento por expansão directa (ar-

condicionados) para o desempenho dessas funções, sendo-lhes associados esquentadores ou termoacumuladores para preparação de AQS, enquanto na outra são utilizadas as caldeiras murais e de chão a gás/óleo para desempenho das funções de aquecimento e preparação de AQS, tendo apenas os equipamentos de ar-condicionado de assegurar o arrefecimento da habitação.

No Anexo H, apresenta-se um resumo da seriação económica das diferentes combinações de equipamentos e de modelos a instalar em habitações equipadas com sistemas de aquecimento, de arrefecimento e para preparação de AQS (todas as funções). Optou-se por omitir a seriação completa em função do CAE para todos os equipamentos e arranjos ensaiados para equipar todas as qualidades térmicas de todas as tipologias de apartamento. De facto, trata-se de uma listagem muito extensa, incluindo 763 casos diferentes.

A partir da escolha do sistema mais e menos recomendável para cada tipologia e qualidade térmica da habitação, é possível apresentar um diagrama do seu Custo Anual Equivalente (ver Gráfico 6).

Gráfico 6. CAE do sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para cada tipologia e qualidade térmica da habitação.



Apesar de agora todas as funções estarem asseguradas, ou seja, existirem sistemas de aquecimento, de arrefecimento e para preparação de AQS, as conclusões

retiradas através da análise do Gráfico 6 são em tudo semelhantes às obtidas a partir do Gráfico 5, pelo que não se justifica a sua repetição.

Como é óbvio, para se ter a função de arrefecimento é necessário instalar equipamentos de frio. No caso de habitações, é recomendado que o arrefecimento seja assegurado por sistemas de expansão directa do tipo *split* e *multi-split*. Acontece que actualmente existem no mercado equipamentos de ar-condicionado que conseguem assegurar, para além do arrefecimento do ar interior, também o seu aquecimento. A diferença de preço entre os equipamentos que asseguram apenas o arrefecimento e os que têm ambas as funções é tão pequena que, seja qual for a situação, é muito mais económico instalar um sistema de frio com ambas as funções do que instalar um ar-condicionado que assegura apenas o arrefecimento e outro qualquer equipamento para o aquecimento. Esta mesma conclusão foi confirmada pelos resultados obtidos para o CAE das combinações de sistemas analisadas, os quais também indicaram que os sistemas do tipo *split* são menos dispendiosos dos do tipo *multi-split*. Pelo exposto, é fácil concluir que, no caso de se pretender em simultâneo as funções de aquecimento e de arrefecimento, os sistemas mais económicos para este efeito são os de expansão directa do tipo *split*. Para a função de preparação de AQS, os sistemas menos recomendados são sempre os baseados em caldeiras de chão a gásóleo, enquanto os mais recomendados variam consoante a tipologia e a qualidade térmica da habitação.

Para as habitações das tipologias T0 e T1 é aconselhável a utilização de esquentadores de exaustão natural, quando estas não possuem sistema solar para preparação de AQS (qualidade térmica muito má), sendo recomendável os termoacumuladores eléctricos, com capacidade apropriada às habitações consideradas, caso exista esse sistema (qualidade térmica média e muito boa).

Para as tipologias de habitação (T2 a T5), em função da sua qualidade térmica, recomenda-se a utilização de diferentes modelos de esquentadores. Nos apartamentos do tipo T2, independentemente da sua qualidade térmica, aconselha-se a utilização de esquentadores de exaustão natural, sendo que a potência destes deve ter em consideração se a habitação possui ou não sistema solar para preparação de AQS. Nas restantes tipologias (T3 a T5), se não existir sistema solar para preparação de AQS, recomenda-se a utilização de esquentadores com tecnologia de condensação (estanques); se esse sistema existir, aconselha-se os esquentadores de exaustão natural.

A diferença entre o CAE do sistema mais e menos recomendável deve-se, basicamente, ao equipamento utilizado para preparação de AQS, uma vez que as caldeiras de chão a gasóleo possuem elevados custos face aos esquentadores, termoacumuladores e caldeiras murais. A diferença entre o CAE dos equipamentos de preparação de AQS mais recomendados (esquentadores e termoacumuladores eléctricos) é provocada principalmente pelo custo de aquisição destes equipamentos.

10. CONCLUSÕES

Uma parte significativa dos custos associados ao funcionamento de uma habitação encontra-se directamente relacionada com o consumo de energia dos sistemas de climatização e para preparação de AQS, sendo estes consumos função da tipologia e qualidade térmica da habitação, do preço de compra da energia e da eficiência dos equipamentos utilizados para o efeito. Uma vez que estes sistemas são responsáveis pela maioria dos custos associados à compra de energia, estudar a sua viabilidade económica afigura-se importante, pois permite identificar o sistema/equipamento que deve ser utilizado preferencialmente. Este é, o principal objectivo deste trabalho, ou seja, identificar os sistemas economicamente mais recomendáveis para as funções de aquecimento, de arrefecimento e de preparação de AQS numa habitação em função da tipologia da mesma (apartamentos T0 a T5) e da sua qualidade térmica (desde muito má a muito boa). Esta identificação foi efectuada recorrendo a uma análise económica dos vários sistemas possíveis através do cálculo do seu custo anual equivalente, onde foram contabilizados os custos de aquisição e instalação, os de manutenção e os relacionados com o consumo de energia. Para o efeito, foi necessário caracterizar os diferentes sistemas e equipamentos de climatização e de preparação de AQS existentes no mercado nacional, identificar os mais utilizados no desempenho dessas funções, identificar os seus custos de aquisição e instalação, determinar os seus custos de manutenção e os associados ao consumo de energia.

Para cada tipologia de habitação e qualidade térmica considerada, determinaram-se as necessidades de energia útil (ou térmica) para aquecimento, para arrefecimento e para preparação de AQS. Foram também calculadas as potências nominais dos equipamentos capazes de desempenhar essas funções, o que permitiu a selecção dos equipamentos mais adequados a cada tipologia e qualidade térmica da habitação. Com a determinação dos custos relacionados com o investimento inicial, manutenção e consumo de energia, foi possível analisar de forma sistemática a viabilidade económica destes equipamentos.

Ao longo do trabalho desenvolvido, mostrou-se que o aumento da tipologia de habitação provoca o aumento das necessidades de aquecimento, de arrefecimento e para preparação de AQS. Melhorar a qualidade térmica das mesmas faz diminuir essas necessidades. Comprovou-se, ainda, que a introdução de um sistema solar para preparação de AQS permite reduzir de forma significativa a contribuição do sistema de apoio no desempenho desta função.

Também foi demonstrado que a metodologia proposta pelo RCCTE para a determinação das necessidades reais de arrefecimento não é a mais adequada, devendo ser analisada e alterada na próxima revisão deste regulamento.

Das análises económicas realizadas, concluiu-se que com o aumento da tipologia de habitação o custo anual equivalente (CAE) associado à utilização dos equipamentos aumenta; melhorar a qualidade térmica das mesmas faz diminuir esse custo. Além disso, quando se pretende apenas aquecer o ambiente interior da habitação e preparar as AQS, são recomendadas caldeiras murais instantâneas. Se também for pretendido o arrefecimento, são aconselhados os sistemas de ar-condicionado do tipo *split* para aquecimento e para arrefecimento, sendo a preparação de AQS assegurada por termoacumuladores para as habitações de menor tipologia (T0 e T1) ou por esquentadores para as restantes tipologias (T2 a T5).

Já que as análises económicas efectuadas consideraram apenas os equipamentos de climatização e de preparação de AQS mais utilizados em Portugal, em trabalhos futuros poderão ser estudados outros equipamentos. De entre estes equipamentos, afiguram-se interessantes os sistemas de frio por expansão directa com capacidade para realizar as três funções (aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS), os quais, segundo consta, irão surgir em força dentro de pouco tempo. Também se poderá considerar um estudo com vivendas unifamiliares, em vez de apartamentos.

Ao longo do trabalho realizado, apliquei vários dos conhecimentos que adquiri ao longo do curso conducente ao MIEM. Desenvolvi igualmente conhecimentos novos relativos aos diferentes sistemas/equipamentos de climatização e de preparação de AQS, à metodologia de dimensionamento dos mesmos, à determinação dos correspondentes consumos de energia e ao cálculo de todos os custos que lhes estão associados. Em suma, este trabalho permitiu-me expandir os meus conhecimentos sobre a área conhecida como AVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado). Espero, ainda, que este trabalho possa

ser útil a outros interessados no tema, nomeadamente que possa servir de apoio aos projectistas e aos consumidores/utilizadores na selecção dos sistemas e equipamentos de climatização e preparação de AQS economicamente mais recomendáveis para determinada habitação.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Águas, M., 2008. “A promoção da eficiência energética segundo o modelo ESCO”. Conferência de microgeração / novas oportunidades. Cascais, 20/Junho/2008.

Carvalho, L., 2010. Reunião com técnico da empresa Vulcano, 2 de Março de 2010.

Daikin, 2010. “Catálogo geral 2010”. <http://www.daikin.pt/>.

Daikin, 2010. “Noções básicas sobre ar-condicionado”. <http://www.daikin.pt/about-airco/verybasics/default.jsp#>, 11 de Maio de 2010.

Daikin, 2010. “Noções básicas sobre bombas de calor”. <http://www.daikin.pt/about-airco/what-does-it-do/heat-pumps.jsp>, 11 de Maio de 2010.

Decreto-Lei nº80/2006, 4 de Abril, Diário da República.

Directiva EPBD, 2010. Directiva Europeia sobre o desempenho energético dos edifícios. Aprovado pelo Parlamento Europeu a 18 de Maio de 2010. <https://woc.uc.pt/dem/course/doccurso.do?idcurso=8>.

EDP, 2010. “Tarifas baixa tensão normal entre 2,3 e 20,7 kVA”. <http://www.edpsu.pt/pt/particulares/tarifasehorarios/BTN/Pages/TarifasBTNentre2.3e20.7kVA.aspx>, 16 de Abril de 2010.

Energia e Edvenergia, 2004. “Poupe energia – Sector doméstico. Fique a conhecer formas simples de reduzir as suas contas de energia e de proteger o meio ambiente”. <http://www.energia.pt/index.php>.

Galp, 2010. Informação recolhida sobre preço do gásóleo de aquecimento e das botijas de gás propano num posto de abastecimento de combustíveis da Galp, 16 de Abril de 2010.

GalpEnergia, 2010. “Tarifário da Lusitaniagás para o ano de 2010”. <http://gasnatural.galpenergia.com/vPT/Clientes/tarifario/GasNatural/Domestico/Paginas/Lusitaniagas.asp>, 16 de Abril de 2010.

Martins, J.G., 2005. “Climatização – Condições técnicas de execução”. Em: <http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Construcoes/Climatizacao.pdf>.

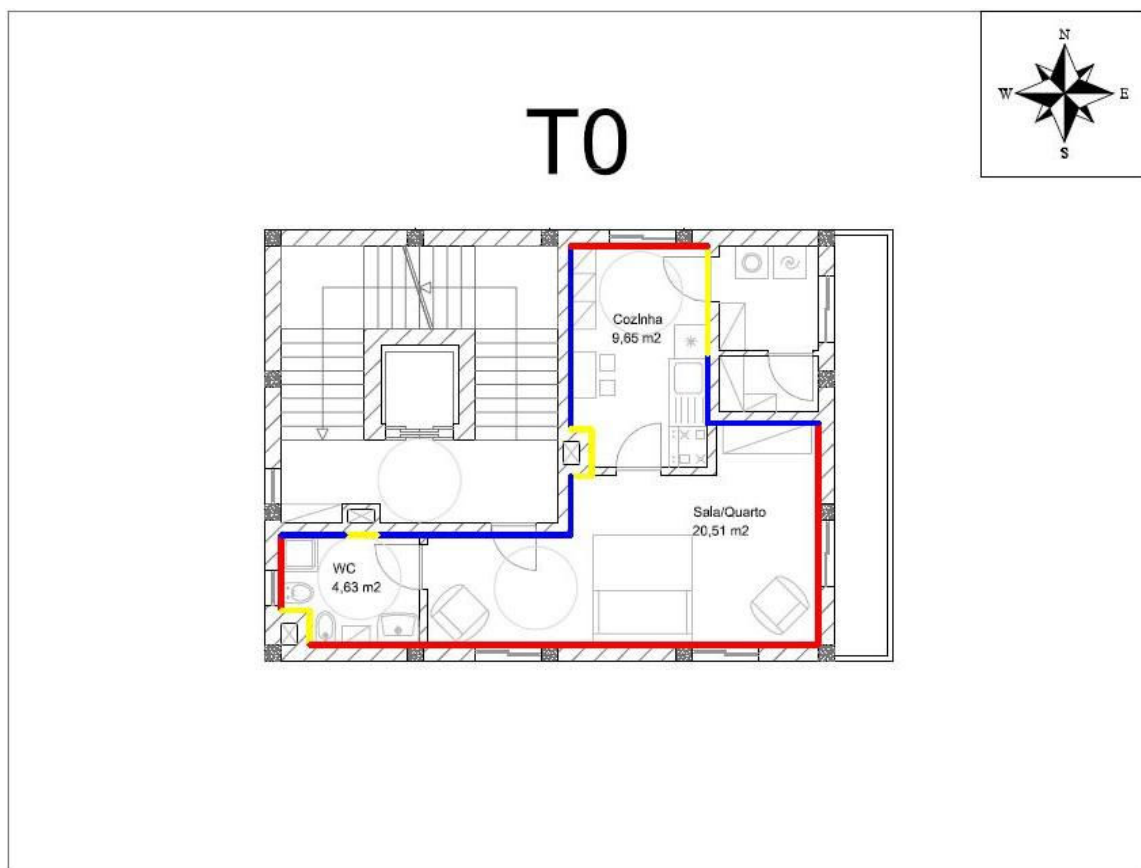
- Mendes, J.C., Guerreiro, M.R., Santos, C.A.P. e Paiva, J.A.V., 1989. “Temperaturas exteriores de projecto e números de graus-dias”. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica.
- Mendes, J.F., 2006. “Energia Solar nos Edifícios”. INETI. FCT/UNL – 10 de Maio de 2006.
- Nascimento, J.M., 2008. “Aspectos técnicos da nova regulamentação energética e impactos imobiliários futuros”. Investigador do LNEC, Professor do ISEL – 25 de Janeiro de 2008.
- Oliveira O., Almeida S., 2003. Energias Renováveis Solar, Eólica, Ondas e Marés, Biomassa, Hidroelétrica, Geotérmica: UTAD, Vila Real.
- Quintas, J., 2009. “Avaliação financeira de projectos – Introdução e Indicadores”. Alphalink – Gestão de projectos.
- Raimundo, A., 2009. “Análise de projectos de investimento” – Apontamentos de apoio à disciplina de Economia e Gestão Industrial. Ano lectivo 2009/2010. Departamento de Engenharia Mecânica, FCTUC, Coimbra.
- Reis, L.P., Malheiro, S. e Perdicoulis, A., 2008. “Estudo da viabilidade técnica, económica e ambiental da implementação de uma central de cogeração a biomassa florestal no Hospital de S. Pedro em Vila Real”, 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia. Maputo, 2-4 Setembro 2008.
- Vulcano, 2009. Catálogo “Caldeiras de chão a gasóleo”. <http://www.vulcano.pt/>.
- Vulcano, 2009. Catálogo “Caldeiras Murais”. <http://www.vulcano.pt/>.
- Vulcano, 2009. Catálogo “Esquentadores”. <http://www.vulcano.pt/>.
- Vulcano, 2009. Catálogo “Radiadores e toalheiros”. <http://www.vulcano.pt/>.
- Vulcano, 2009. Catálogo “Termoacumuladores a gás”. <http://www.vulcano.pt/>.
- Vulcano, 2009. Catálogo “Termoacumuladores eléctricos”. <http://www.vulcano.pt/>.

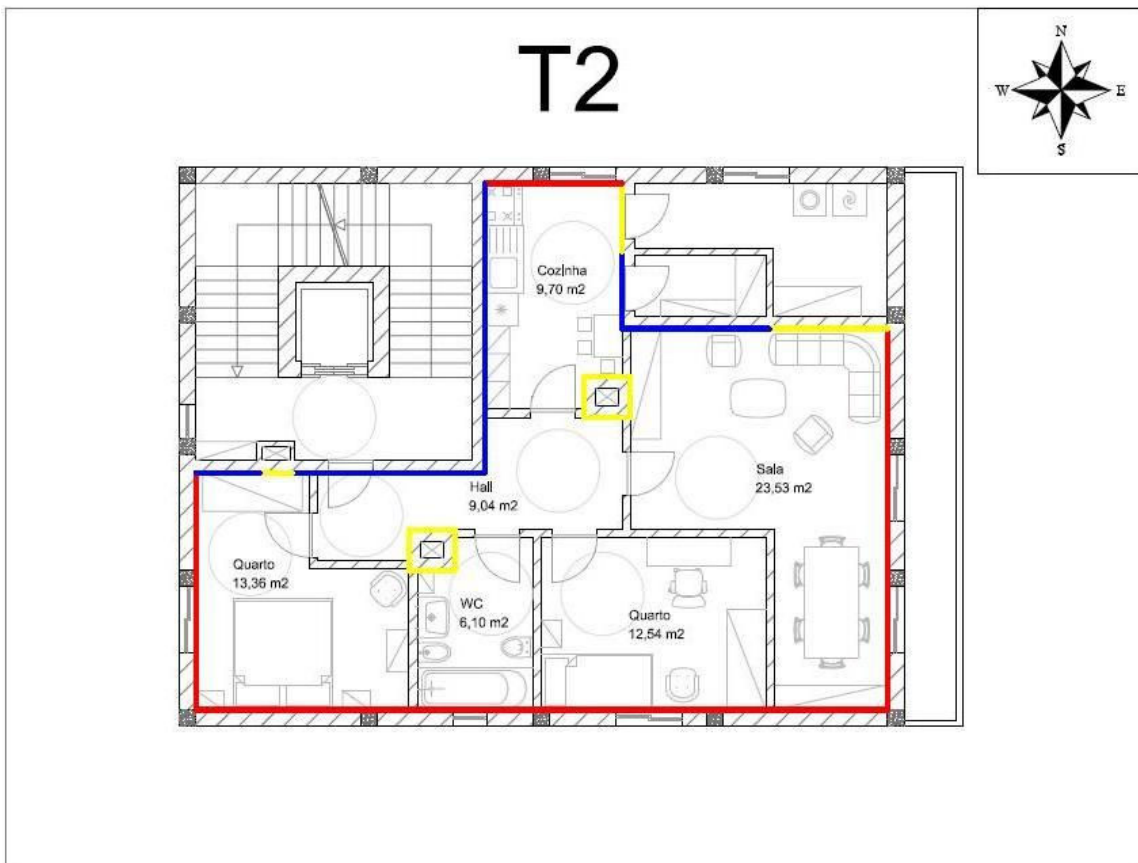
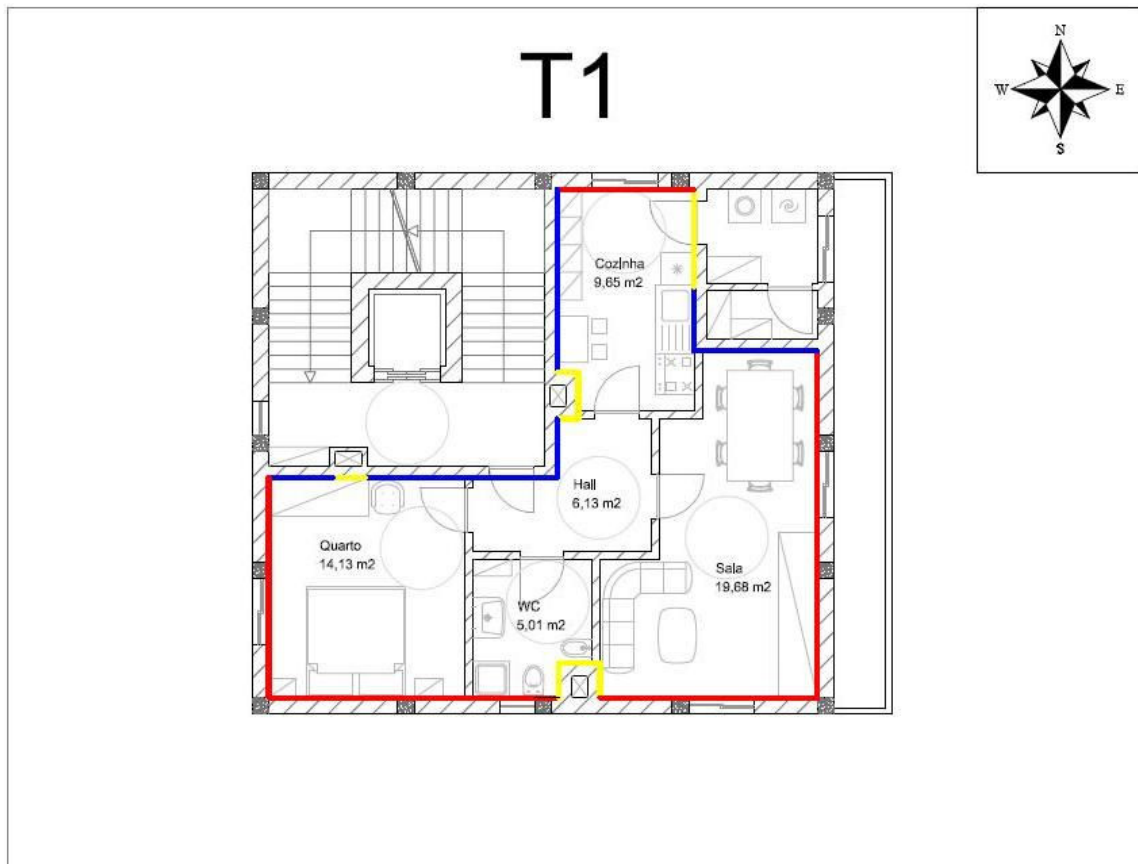
12. ANEXO A

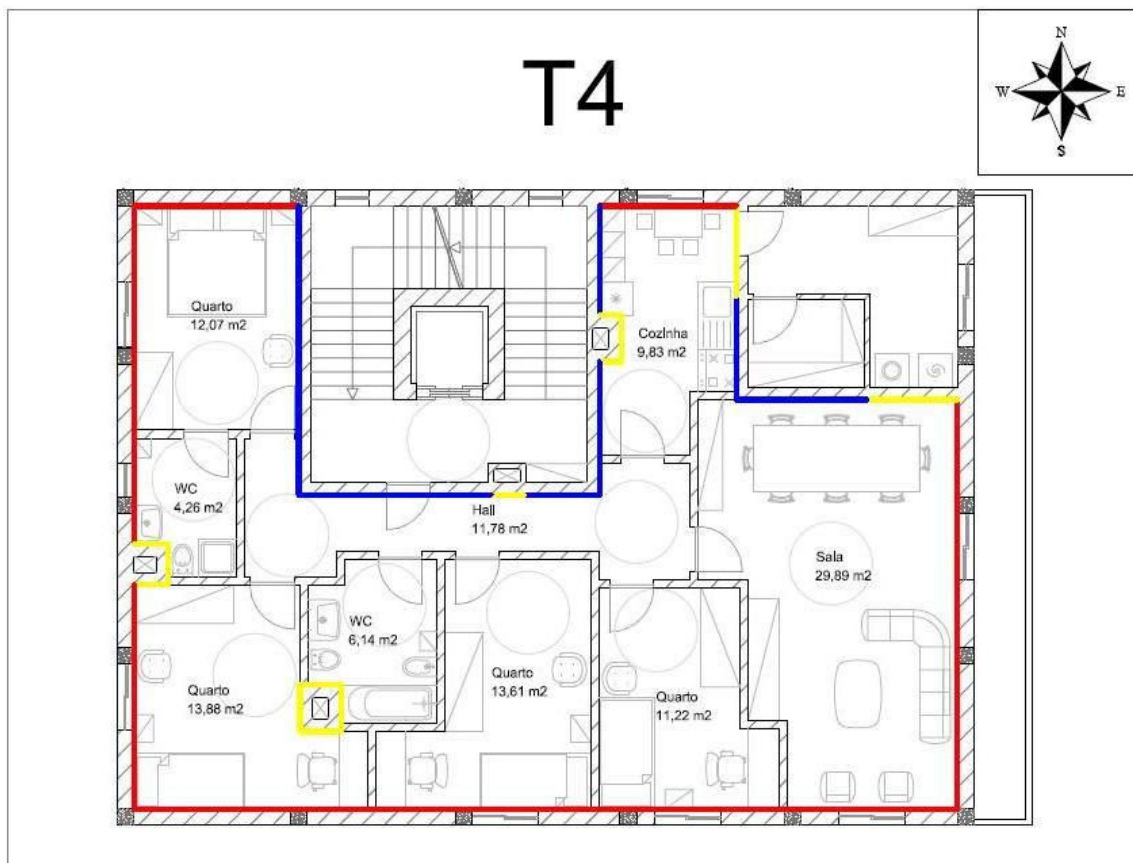
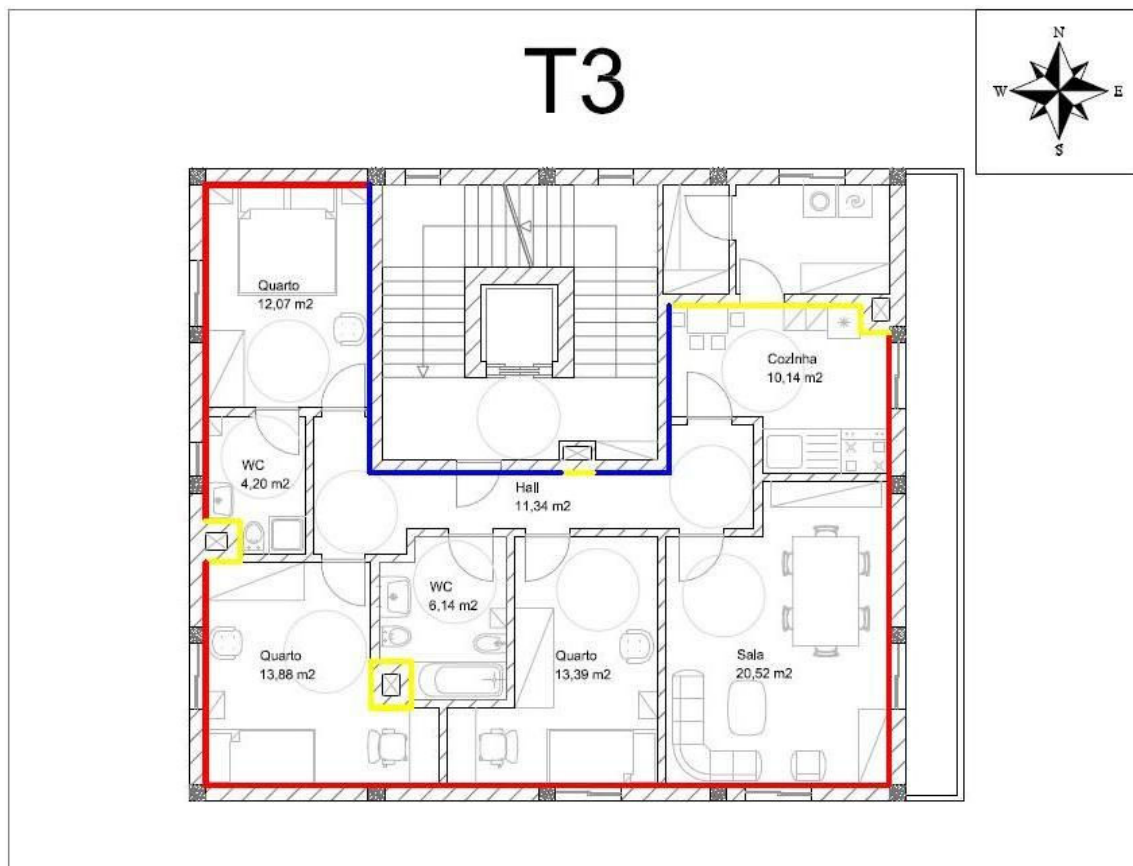
Código de cores da marcação das envolventes:

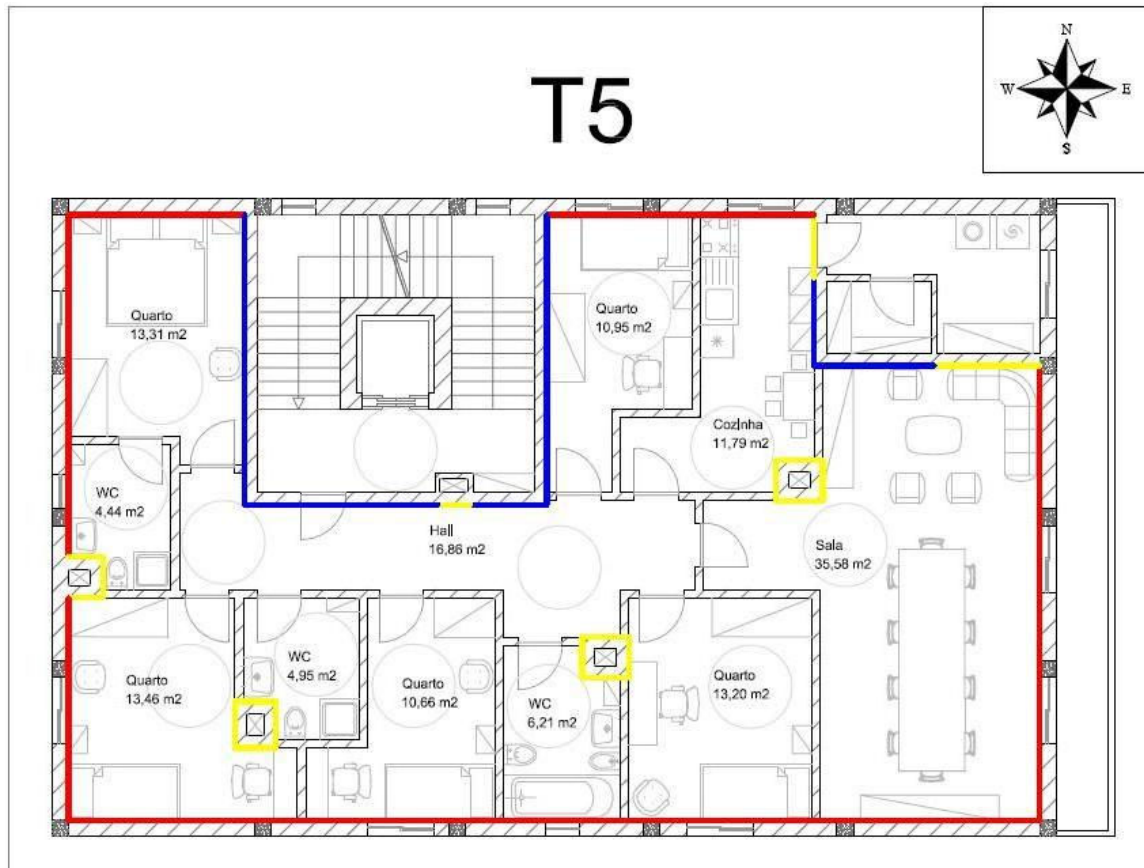
- Vermelho – Envolvente exterior;
- Amarelo – Envolvente interior com requisitos de envolvente exterior;
- Azul – Envolvente interior com requisitos de envolvente interior;

Figuras 15. Marcação das envolventes das diferentes tipologias de habitação (T0 a T5).









13. ANEXO B

Tabelas 5. Características das soluções construtivas e outras características das diferentes qualidades térmicas das habitações consideradas.

	Envolvente exterior		Envolvente interior ($\tau \leq 0.7$)		Envolvente interior ($\tau > 0.7$)		Paredes de Compartimentação	
	U [W/(m ² .°C)]	Msi [kg/m ²]	U [W/(m ² .°C)]	Msi [kg/m ²]	U [W/(m ² .°C)]	Msi [kg/m ²]	U [W/(m ² .°C)]	Msi [kg/m ²]
T0	1.36	117.10	1.40	93.00	1.12	118.90	1.56.00	156.00
a	0.57	96.00	0.71	87.00	0.59	99.60	1.56.00	156.00
T5	0.29	96.00	0.51	87.00	0.32	99.60	1.56.00	156.00

	Pilares e Vigas (PTP's)		Caixas de estore (PTP's)		Pavimento e Cobertura		Porta	
	U [W/(m ² .°C)]	Msi [kg/m ²]	U [W/(m ² .°C)]	Msi [kg/m ²]	Msi [kg/m ²]	U [W/(m ² .°C)]	U [W/(m ² .°C)]	Msi [kg/m ²]
T0	2.69	150.00	2.81	28.80	225.00	0.88	0.88	3.80
a	1.23	150.00	1.12	57.60	225.00	0.88	0.88	3.80
T5	0.41	99.60	0.40	57.60	225.00	0.88	0.88	3.80

Envidraçados exteriores							
	Tipo	Sem ocupação nocturna e contacto com o exterior		Com ocupação nocturna e dispositivo de oclusão nocturna com baixa permeabilidade ao ar		Sem ocupação nocturna e contacto com ENU's	
		U [W/(m ² .°C)]	U [W/(m ² .°C)]	U [W/(m ² .°C)]	U [W/(m ² .°C)]	U [W/(m ² .°C)]	U [W/(m ² .°C)]
T0	2 vidros, lâmina de ar de 8 mm , caixilharia metálica sem corte-térmico 2 vidros, lâmina de ar de 11 mm , caixilharia metálica com corte-térmico 2 vidros (exterior reflectante), lâmina de ar de 16 mm , caixilharia metálica com corte-térmico	4.20	4.20	2.94	2.94	3.05	3.05
a		3.50	3.50	2.60	2.60	2.66	2.66
T5		3.00	3.00	2.30	2.30	2.36	2.36

		Portas bem vedadas		Grelhas auto-reguláveis na fachada		Classe da caixilharia	
T0	Muito Má	Não	Não	Sem classe			
a	Média	Sim	Não	2			
T5	Muito Boa	Sim	Sim	3			

14. ANEXO C

Nota: Os valores apresentados são obtidos para as necessidades de energia térmica seguindo na íntegra o estipulado no RCCTE.

Tabela 6. Necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS e respectivas estimativas da qualidade energética segundo o estipulado no RCCTE.

		Aquecimento		Arrefecimento		Preparação de AQS	
		Q_{ic} [kWh/ano]	R_{aq}	Q_{vc} [kWh/ano]	R_{arr}	Q_{ac} [kWh/ano]	R_{aqs}
T0	Muito Má	5570.54	1.97	39.65	0.06	1698.01	0.72
	Média	2504.02	0.88	62.81	0.10	817.95	0.35
	Muito Boa	1552.73	0.55	102.81	0.16	470.21	0.20
T1	Muito Má	6847.81	1.77	60.02	0.06	1698.05	0.72
	Média	3121.90	0.81	96.36	0.10	818.19	0.35
	Muito Boa	1877.55	0.48	160.22	0.16	470.21	0.20
T2	Muito Má	8418.37	1.70	80.05	0.06	2547.28	0.72
	Média	3970.17	0.80	128.67	0.10	1457.30	0.41
	Muito Boa	2444.04	0.49	212.46	0.16	670.30	0.19
T3	Muito Má	9685.12	1.67	108.08	0.07	3395.89	0.72
	Média	4449.94	0.77	173.67	0.10	2162.62	0.46
	Muito Boa	2667.01	0.46	285.45	0.17	907.17	0.19
T4	Muito Má	10810.47	1.53	118.00	0.06	4245.67	0.72
	Média	4924.16	0.70	194.02	0.10	2154.61	0.36
	Muito Boa	2900.04	0.41	323.36	0.16	1089.22	0.18
T5	Muito Má	13083.39	1.48	140.93	0.06	5094.71	0.72
	Média	6068.38	0.69	236.30	0.09	2824.22	0.40
	Muito Boa	3628.50	0.41	395.73	0.15	1326.70	0.19

Simbologia:

Q_{ic} – Necessidades nominais de aquecimento [kWh/ano]

Q_{vc} – Necessidades nominais de arrefecimento [kWh/ano]

Q_{ac} – Necessidades nominais para preparação de AQS [kWh/ano]

R_{aq} – Estimativa da qualidade energética das habitações no Inverno [-]

R_{arr} – Estimativa da qualidade energética das habitações no Verão [-]

R_{aqs} – Estimativa da qualidade energética a fornecer pelo sistema de apoio à preparação de AQS [-]

Nota: Os valores apresentados são obtidos através da metodologia de cálculo do RCCTE mas não seguem na íntegra o estipulado neste documento legislativo. Estes são os valores utilizados para o cálculo dos consumos anuais de energia.

Tabela 7. Necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS que na realidade são utilizadas para o cálculo dos consumos anuais de energia.

		Aquecimento	Arrefecimento	Preparação de AQS
		Q_{ic}^* [kWh/ano]	Q_{vc}^* [kWh/ano]	Q_{ac}^* [kWh/ano]
T0	Muito Má	5570.54	1086.86	1528.26
	Média	2504.02	871.02	736.26
	Muito Boa	1552.73	777.68	423.26
T1	Muito Má	6847.81	1530.67	1528.26
	Média	3121.90	1234.72	736.26
	Muito Boa	1877.55	1107.03	423.26
T2	Muito Má	8418.37	1895.12	2292.38
	Média	3970.17	1550.39	1311.38
	Muito Boa	2444.04	1402.50	603.38
T3	Muito Má	9685.12	2405.91	3056.51
	Média	4449.94	1950.25	1946.51
	Muito Boa	2667.01	1754.69	816.51
T4	Muito Má	10810.47	2719.36	3820.64
	Média	4924.16	2216.21	1938.64
	Muito Boa	2900.04	2000.70	980.64
T5	Muito Má	13083.39	3264.21	4584.77
	Média	6068.38	2705.91	2541.77
	Muito Boa	3628.50	2467.28	1193.77

Simbologia:

Q_{ic}^* – Necessidades nominais de aquecimento [kWh/ano]

Q_{vc}^* – Necessidades nominais de arrefecimento [kWh/ano]

Q_{ac}^* – Necessidades nominais para preparação de AQS [kWh/ano]

15. ANEXO D

Tabela 8. Potência necessária dos equipamentos de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS.

	P _{aq} [kW]	P _{arr} [kW]	P _{AQS} [kW]					
			Equipamento instantâneo	Equipamento de acumulação		Termoacumulador a gás	Termoacumulador eléctrico	
				Vulcano	Roca			
T0	Muito Má	4.81	17.45	2.05	2.49	1.40	1.94	
	Média	2.70	12.93	1.52	1.85	1.03	1.44	
	Muito Boa	2.04	11.15	1.31	1.59	0.89	1.24	
T1	Muito Má	6.06	17.45	2.05	2.49	1.40	1.94	
	Média	3.55	12.93	1.52	1.85	1.03	1.44	
	Muito Boa	2.62	11.15	1.31	1.59	0.89	1.24	
T2	Muito Má	7.34	21.38	3.56	4.28	2.47	1.94	
	Média	4.28	16.80	2.80	3.36	1.94	1.53	
	Muito Boa	3.21	13.50	2.25	2.70	1.56	1.23	
T3	Muito Má	8.58	24.68	4.49	4.11	3.66	2.24	
	Média	4.98	20.21	3.67	3.37	2.99	1.84	
	Muito Boa	3.72	15.64	2.84	2.61	2.32	1.42	
T4	Muito Má	9.69	27.60	4.96	5.52	4.93	3.07	
	Média	5.63	20.80	3.74	4.16	3.71	2.31	
	Muito Boa	4.19	17.34	3.12	3.47	3.10	1.93	
T5	Muito Má	11.70	30.23	4.98	5.04	4.90	2.75	
	Média	6.87	23.50	3.87	3.92	3.81	2.14	
	Muito Boa	5.13	19.05	3.14	3.18	3.09	1.73	

Tabela 9. Potência necessária dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento para cada divisão climatizada da habitação.

	Sala		Quarto 1		Quarto 2		Quarto 3		Quarto 4		Quarto 5	
	P _{aq} [kW]	P _{arr} [kW]	P _{aq} [kW]	P _{arr} [kW]	P _{aq} [kW]	P _{arr} [kW]	P _{aq} [kW]	P _{arr} [kW]	P _{aq} [kW]	P _{arr} [kW]	P _{aq} [kW]	P _{arr} [kW]
T0	Muito Má	4.76	5.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Média	2.67	3.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T1	Muito Boa	2.02	2.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Muito Má	3.70	3.90	2.28	3.22	-	-	-	-	-	-	-
T2	Média	2.17	2.61	1.34	2.15	-	-	-	-	-	-	-
	Muito Boa	1.60	2.05	0.99	1.70	-	-	-	-	-	-	-
T3	Muito Má	3.81	3.71	1.79	2.52	1.68	2.37	-	-	-	-	-
	Média	2.22	2.47	1.04	1.68	0.98	1.58	-	-	-	-	-
T4	Muito Boa	1.67	1.98	0.78	1.35	0.73	1.26	-	-	-	-	-
	Muito Má	3.06	3.41	1.73	2.08	1.79	2.65	1.73	2.56	-	-	-
T5	Média	1.78	2.27	1.00	1.39	1.04	1.77	1.00	1.70	-	-	-
	Muito Boa	1.33	1.81	0.75	1.11	0.78	1.41	0.75	1.36	-	-	-
T6	Muito Má	3.88	3.99	1.45	1.73	1.50	2.20	1.47	2.15	1.21	1.78	-
	Média	2.25	2.65	0.84	1.15	0.87	1.46	0.85	1.43	0.70	1.18	-
T7	Muito Boa	1.68	2.10	0.63	0.91	0.65	1.16	0.64	1.14	0.52	0.94	-
	Muito Má	4.58	4.77	1.62	1.89	1.46	2.12	1.16	1.68	1.43	2.07	1.35
T8	Média	2.69	3.21	0.95	1.27	0.86	1.42	0.68	1.13	0.84	1.40	0.91
	Muito Boa	2.01	2.57	0.71	1.02	0.64	1.14	0.51	0.90	0.63	1.12	0.73

16. ANEXO E

Tabelas 10. Equipamentos de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS seleccionados para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3.

Habitação	Equipamento	Característica		Modelo	Eficiência	Designação AC	
T3 "Muito Má"	Caldeira mural	Instantânea	E. Natural	Lifestar ZW 24/28 KE	89.40	-	
			E. Estanque	Aquastar ZWC 24/28 AE	91.10	-	
				Novadens 28/28 F	107.50	-	
			Aquastar green ZWBE 30/32	109.00	-		
		Acumulação	E. Natural	Lifestar ZS 24 KE	86.70	-	
				Nora 24 A	91.80	-	
			E. Ventilada	Lifestar ZS 24 VENT	89.40	-	
				Aquastar ZSC 24 AE	92.60	-	
				Novanox Platinum 24 AF	107.50	-	
				Aquastar green ZSBE 30	109.00	-	
	Caldeira de chão a gásóleo	Acumulador incorporado		Lidia 20 GTA	91.30	-	
		Acumulador externo		Line NM 25	87.00	-	
				Lidia 20 GT	91.30	-	
	Esquentador	E. Ventilada		Sensor ventilado WTD 17 KME	75.00	-	
		E. Estanque	Sensor WT 17		78.00	-	
			Sensor estanque WTD 24 AME		95.00	-	
			Sensor green WTD 27 AME		101.00	-	
	Termoacumulador	Eléctrico		Naturaaqua - HS 200l	100.00	-	
		Gás (propano)		S 120K	88.40	-	
				S 160K	89.30	-	
	Ar-condicionado	Sist. Split	Mural	MSZ-FD35VA / MUZ-FD35VA		COP = 4.62 e EER = 4.12	AC_S_T3MM_1
				MSZ-FD25VA / MUZ-FD25VA			
				FTXR28EV1B9 / RXR28EV1B9		COP = 5.14 e EER = 5.00	
				FTXR28EV1B9 / RXR28EV1B9		COP = 5.14 e EER = 5.00	
				MSZ-GE35VA / MUZ-GE35VA		COP = 4.19 e EER = 4.05	
				MSZ-GE25VA / MUZ-GE25VA		COP = 4.57 e EER = 4.59	
Sist. Multi-Split		Mural	MSZ-GE35VA / MUZ-GE35VA		COP = 4.19 e EER = 4.05	AC_S_T3MM_2	
			MSZ-GE35VA / MUZ-GE35VA		COP = 4.19 e EER = 4.05		
			MSC-GE35VB / MUH-GA35VB		COP = 3.63 e EER = 3.21		
			MSC-GE25VB / MUH-GA25VB		COP = 3.66 e EER = 3.23		
MSC-GE25VB / MUH-GA25VB		COP = 3.66 e EER = 3.23					
MSC-GE25VB / MUH-GA25VB		COP = 3.66 e EER = 3.23					
Sist. Multi-Split	Mural	MSZ-GE35VA / MXZ-8A140VA		COP = 3.91 e EER = 3.52	AC_MS_T3MM_1		
		MSZ-GE25VA / MXZ-8A140VA					
		MSZ-GE35VA / MXZ-8A140VA					
		MSZ-GE35VA / MXZ-8A140VA					
FTXS35G2V1B / RMXS112E7V3B1		COP = 3.30 e EER = 3.20	AC_MS_T3MM_2				
FTXS25G2V1B / RMXS112E7V3B1							
FTXS35G2V1B / RMXS112E7V3B1							
FTXS35G2V1B / RMXS112E7V3B1							

Habituação	Equipamento	Característica		Modelo	Eficiência	Designação AC				
T3 "Média"	Caldeira mural	Instantânea	E. Natural	Lifestar ZW 24 KE	86.70	-				
			E. Ventilada	Laura 20/20	91.80	-				
			E. Estanque	Lifestar ZW 24 VENT	89.40	-				
			E. Estanque	Novanox 24/24 F	92.50	-				
			E. Estanque	Novadens 24/24 F	107.50	-				
		Acumulação	E. Estanque	Aquastar green ZWBE 30/32	109.00	-				
			E. Natural	Lifestar ZS 24 KE	86.70	-				
			E. Natural	Nora 24 A	91.80	-				
			E. Ventilada	Lifestar ZS 24 VENT	89.40	-				
			E. Ventilada	Aquastar ZSC 24 AE	92.60	-				
	Caldeira de chão a gasóleo	Acumulador externo	E. Estanque	Novanox Platinum 24 AF	107.50	-				
			E. Estanque	Aquastar green ZSBE 30	109.00	-				
	Esquentador	Acumulador externo	E. Natural	Line NM 25	87.00	-				
			E. Natural	Lidia 20 GT	91.30	-				
			E. Estanque	Sensor HDG WTDG 14	79.00	-				
	Termoacumulador	Acumulador externo	E. Estanque	Sensor estanque WTD 24 AME	95.00	-				
			E. Estanque	Sensor green WTD 27 AME	101.00	-				
			Eléctrico	Naturaaqua - HS 200l	100.00	-				
	Ar-condicionado	Sist. Split	Mural	Gás (propano)	S 120K	88.40	-			
				Gás (propano)	S 160K	89.30	-			
				MSZ-FD25VA / MUZ-FD25VA	COP = 5.25 e EER = 5.15	AC_S_T3M_1				
							MSZ-FD25VA / MUZ-FD25VA	COP = 5.25 e EER = 5.15	AC_S_T3M_2	
										MSZ-FD25VA / MUZ-FD25VA
MSZ-FD25VA / MUZ-FD25VA										
		MSZ-GE25VA / MUZ-GE25VA	COP = 4.57 e EER = 4.59	AC_S_T3M_2						
					MSZ-GE25VA / MUZ-GE25VA	COP = 4.57 e EER = 4.59				
							MSZ-GE25VA / MUZ-GE25VA	COP = 4.57 e EER = 4.59		
MSZ-GE25VA / MUZ-GE25VA									COP = 4.57 e EER = 4.59	
	MSC-GE25VB / MUH-GA25VB	COP = 3.66 e EER = 3.23	AC_S_T3M_3							
				MSC-GE25VB / MUH-GA25VB	COP = 3.66 e EER = 3.23					
						MSC-GE25VB / MUH-GA25VB	COP = 3.66 e EER = 3.23			
MSC-GE25VB / MUH-GA25VB								COP = 3.66 e EER = 3.23		
	Sist. Multi-Split	Mural	MSZ-GE25VA / MXZ-4B80VA						COP = 4.65 e EER = 3.86	AC_MS_T3M_1
				MSZ-GE25VA / MXZ-4B80VA	COP = 4.65 e EER = 3.86					
						MSZ-GE25VA / MXZ-4B80VA	COP = 4.65 e EER = 3.86			
MSZ-GE25VA / MXZ-4B80VA								COP = 4.65 e EER = 3.86		
	FTXS25G2V1B / 4MXS80E7V3B	COP = 3.98 e EER = 3.90	AC_MS_T3M_2							
				FTXS20G2V1B / 4MXS80E7V3B	COP = 3.98 e EER = 3.90					
						FTXS20G2V1B / 4MXS80E7V3B	COP = 3.98 e EER = 3.90			
FTXS20G2V1B / 4MXS80E7V3B								COP = 3.98 e EER = 3.90		

Habituação	Equipamento	Característica		Modelo	Eficiência	Designação AC	
T3 "Muito Boa"	Caldeira mural	Instantânea	E. Natural	Lifestar ZW 24 KE	86.70	-	
				Laura 20/20	91.80	-	
			E. Ventilada	Lifestar ZW 24 VENT	89.40	-	
				Novanox 24/24 F	92.50	-	
			E. Estanque	Novadens 24/24 F	107.50	-	
				Aquastar green ZWBE 30/32	109.00	-	
		Acumulação	E. Natural	Lifestar ZS 24 KE	86.70	-	
				Nora 24 A	91.80	-	
			E. Ventilada	Lifestar ZS 24 VENT	89.40	-	
				Aquastar ZSC 24 AE	92.60	-	
			E. Estanque	Novanox Platinum 24 AF	107.50	-	
				Aquastar green ZSBE 30	109.00	-	
		Caldeira de chão a gás/óleo	Acumulador externo		Line NM 25	87.00	-
					Lidia 20 GT	91.30	-
	Esquentador	E. Estanque	E. Natural	Sensor HDG WTDG 11	81.00	-	
				Sensor estanque WTD 24 AME	95.00	-	
			Sensor green WTD 27 AME	101.00	-		
	Termoacumulador	Gás (propano)	Eléctrico	Naturaqua - HS 200I	100.00	-	
				S 120K	88.40	-	
			S 160K	89.30	-		
	Ar-condicionado	Sist. Split	Mural	MSZ-FD25VA / MUZ-FD25VA	COP = 5.25 e EER = 5.15	AC_S_T3MB_1	
				MSZ-FD25VA / MUZ-FD25VA	COP = 5.25 e EER = 5.15		
				MSZ-FD25VA / MUZ-FD25VA	COP = 5.25 e EER = 5.15		
				MSZ-FD25VA / MUZ-FD25VA	COP = 5.25 e EER = 5.15		
				MSZ-GE25VA / MUZ-GE25VA	COP = 4.57 e EER = 4.59	AC_S_T3MB_2	
				MSZ-GE25VA / MUZ-GE25VA	COP = 4.57 e EER = 4.59		
				MSZ-GE25VA / MUZ-GE25VA	COP = 4.57 e EER = 4.59		
MSZ-GE25VA / MUZ-GE25VA				COP = 4.57 e EER = 4.59			
MSC-GE25VB / MUH-GA25VB		COP = 3.66 e EER = 3.23	AC_S_T3MB_3				
MSC-GE25VB / MUH-GA25VB		COP = 3.66 e EER = 3.23					
MSC-GE25VB / MUH-GA25VB	COP = 3.66 e EER = 3.23						
MSC-GE25VB / MUH-GA25VB	COP = 3.66 e EER = 3.23						
Sist. Multi-Split	Mural	MSZ-GE25VA / MXZ-2B30VA	COP = 4.79 e EER = 4.02	AC_MS_T3MB_1			
		MSZ-GE25VA / MXZ-2B30VA					
		MSZ-GE25VA / MXZ-2B30VA					
		MSZ-GE25VA / MXZ-2B30VA					
FTXS20G2V1B / 4MXS80E7V3B	COP = 3.98 e EER = 3.90	AC_MS_T3MB_2					
FTXS20G2V1B / 4MXS80E7V3B							
FTXS20G2V1B / 4MXS80E7V3B							
FTXS20G2V1B / 4MXS80E7V3B							

17. ANEXO F

Tabelas 11. Custos do investimento inicial, da manutenção e do consumo de energia para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3 (IVA incluído).

Habitação	Equipamento	Modelo	Investimento inicial [€]	Manutenção [€/ano]		Consumo de energia [€/ano]
				Após 2º ano	5 em 5 anos	
T3 "Muito Má"	Caldeira mural	Lifestar ZW 24/28 KE	3 432.66 €	90.00 €	156.00 €	863.48 €
		Aquastar ZWC 24/28 AE	4 164.66 €	72.00 €	156.00 €	847.37 €
		Novadens 28/28 F	4 399.20 €	72.00 €	156.00 €	718.10 €
		Aquastar green ZWBE 30/32	5 238.66 €	72.00 €	156.00 €	708.21 €
		Lifestar ZS 24 KE	4 176.66 €	90.00 €	156.00 €	890.37 €
		Nora 24 A	4 398.00 €	90.00 €	156.00 €	840.90 €
		Lifestar ZS 24 VENT	4 224.66 €	72.00 €	156.00 €	863.48 €
		Aquastar ZSC 24 AE	4 956.66 €	72.00 €	156.00 €	833.64 €
		Novanox Platinum 24 AF	5 200.80 €	72.00 €	156.00 €	718.10 €
		Aquastar green ZSBE 30	6 042.66 €	72.00 €	156.00 €	708.21 €
	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GTA	6 270.24 €	120.00 €	180.00 €	1 175.08 €
		Line NM 25	6 512.10 €	120.00 €	180.00 €	1 233.16 €
		Lidia 20 GT	7 033.44 €	120.00 €	180.00 €	1 175.08 €
	Esquentador	Sensor ventilado WTD 17 KME	1 263.60 €	48.00 €	120.00 €	246.91 €
		Sensor WT 17	1 299.60 €	48.00 €	120.00 €	237.41 €
		Sensor estanque WTD 24 AME	1 683.60 €	48.00 €	120.00 €	194.92 €
		Sensor green WTD 27 AME	1 797.60 €	48.00 €	120.00 €	183.34 €
	Termoacumulador	Naturaaqua - HS 200l	921.60 €	36.00 €	90.00 €	412.40 €
		S 120K	1 461.60 €	48.00 €	120.00 €	496.16 €
		S 160K	1 521.60 €	48.00 €	120.00 €	491.16 €
	Ar-condicionado	AC_S_T3MM_1	7 006.03 €	508.35 €	0.00 €	332.26 €
		AC_S_T3MM_2	5 107.63 €	356.48 €	0.00 €	384.90 €
		AC_S_T3MM_3	3 523.63 €	229.76 €	0.00 €	458.77 €
		AC_MS_T3MM_1	7 924.42 €	525.47 €	0.00 €	426.44 €
		AC_MS_T3MM_2	8 874.82 €	547.46 €	0.00 €	497.44 €

Habitação	Equipamento	Modelo	Investimento inicial [€]	Manutenção [€/ano]		Consumo de energia [€/ano]
				Após 2º ano	5 em 5 anos	
T3 "Média"	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 KE	2 843.52 €	90.00 €	156.00 €	446.97 €
		Laura 20/20	3 718.94 €	90.00 €	156.00 €	422.14 €
		Lifestar ZW 24 VENT	2 891.52 €	72.00 €	156.00 €	433.48 €
		Novanox 24/24 F	3 720.14 €	72.00 €	156.00 €	418.95 €
		Novadens 24/24 F	4 149.74 €	72.00 €	156.00 €	360.50 €
		Aquastar green ZWBE 30/32	4 805.52 €	72.00 €	156.00 €	355.53 €
		Lifestar ZS 24 KE	3 743.52 €	90.00 €	156.00 €	446.97 €
		Nora 24 A	4 360.94 €	90.00 €	156.00 €	422.14 €
		Lifestar ZS 24 VENT	3 791.52 €	72.00 €	156.00 €	433.48 €
		Aquastar ZSC 24 AE	4 523.52 €	72.00 €	156.00 €	418.50 €
		Novanox Platinum 24 AF	5 174.54 €	72.00 €	156.00 €	360.50 €
		Aquastar green ZSBE 30	5 609.52 €	72.00 €	156.00 €	355.53 €
	Caldeira de chão a gasóleo	Line NM 25	6 078.96 €	120.00 €	180.00 €	619.06 €
		Lidia 20 GT	6 671.18 €	120.00 €	180.00 €	589.90 €
	Esquentador	Sensor HDG WTDG 14	1 148.40 €	48.00 €	120.00 €	149.28 €
		Sensor estanque WTD 24 AME	1 683.60 €	48.00 €	120.00 €	124.13 €
		Sensor green WTD 27 AME	1 797.60 €	48.00 €	120.00 €	116.76 €
	Termoacumulador	Naturaaqua - HS 200l	921.60 €	36.00 €	90.00 €	262.64 €
		S 120K	1 461.60 €	48.00 €	120.00 €	315.98 €
		S 160K	1 521.60 €	48.00 €	120.00 €	312.79 €
	Ar-condicionado	AC_S_T3M_1	6 190.03 €	443.07 €	0.00 €	165.46 €
		AC_S_T3M_2	4 697.23 €	323.65 €	0.00 €	188.71 €
		AC_S_T3M_3	3 386.83 €	218.82 €	0.00 €	245.51 €
		AC_MS_T3M_1	4 952.02 €	344.03 €	0.00 €	197.30 €
		AC_MS_T3M_2	6 336.82 €	344.42 €	0.00 €	218.33 €

Habitação	Equipamento	Modelo	Investimento inicial [€]	Manutenção [€/ano]		Consumo de energia [€/ano]
				Após 2º ano	5 em 5 anos	
T3 "Muito Boa"	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 KE	2 683.68 €	90.00 €	156.00 €	243.42 €
		Laura 20/20	3 586.46 €	90.00 €	156.00 €	229.90 €
		Lifestar ZW 24 VENT	2 731.68 €	72.00 €	156.00 €	236.07 €
		Novanox 24/24 F	3 587.66 €	72.00 €	156.00 €	228.17 €
		Novadens 24/24 F	4 017.26 €	72.00 €	156.00 €	196.33 €
		Aquastar green ZWBE 30/32	4 645.68 €	72.00 €	156.00 €	193.62 €
		Lifestar ZS 24 KE	3 583.68 €	90.00 €	156.00 €	243.42 €
		Nora 24 A	4 228.46 €	90.00 €	156.00 €	229.90 €
		Lifestar ZS 24 VENT	3 631.68 €	72.00 €	156.00 €	236.07 €
		Aquastar ZSC 24 AE	4 363.68 €	72.00 €	156.00 €	227.91 €
		Novanox Platinum 24 AF	5 042.06 €	72.00 €	156.00 €	196.33 €
	Aquastar green ZSBE 30	5 449.68 €	72.00 €	156.00 €	193.62 €	
	Caldeira de chão a gasóleo	Line NM 25	5 919.12 €	120.00 €	180.00 €	337.14 €
		Lidia 20 GT	6 538.70 €	120.00 €	180.00 €	321.26 €
	Esquentador	Sensor HDG WTDG 11	1 078.80 €	48.00 €	120.00 €	61.07 €
		Sensor estanque WTD 24 AME	1 683.60 €	48.00 €	120.00 €	52.07 €
		Sensor green WTD 27 AME	1 797.60 €	48.00 €	120.00 €	48.98 €
	Termoacumulador	Naturaaqua - HS 200l	921.60 €	36.00 €	90.00 €	110.17 €
		S 120K	1 461.60 €	48.00 €	120.00 €	132.54 €
		S 160K	1 521.60 €	48.00 €	120.00 €	131.21 €
	Ar-condicionado	AC_S_T3MB_1	6 190.03 €	443.07 €	0.00 €	114.51 €
		AC_S_T3MB_2	4 697.23 €	323.65 €	0.00 €	130.33 €
		AC_S_T3MB_3	3 386.83 €	218.82 €	0.00 €	171.61 €
AC_MS_T3MB_1		4 692.82 €	323.30 €	0.00 €	134.02 €	
AC_MS_T3MB_2		6 288.82 €	340.58 €	0.00 €	151.12 €	

18. ANEXO G

Nota: Resumo da seriação económica dos equipamentos a instalar em habitações equipadas com sistemas de aquecimento e para preparação de AQS (sem sistema de arrefecimento).

Tabelas 12. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T0 e respectivo CAE.

T0 "Muito Má"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	807.79
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gás	Lidia 20 GT	1382.38

T0 "Média"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	520.81
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gás	Lidia 20 GT	1003.60

T0 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	426.26
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gás	Lidia 20 GT	880.39

Tabelas 13. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T1 e respectivo CAE.

T1 "Muito Má"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Novadens 24/24 F	914.22
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gás	Lidia 20 GT	1525.65

T1 "Média"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	583.16
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gás	Lidia 20 GT	1082.76

T1 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	466.31
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gás	Lidia 20 GT	924.47

Tabelas 14. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T2 e respectivo CAE.

T2 "Muito Má"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Novadens 24/24 F	1069.83
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	1764.99

T2 "Média"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	701.87
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	1232.90

T2 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	535.59
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	1013.84

Tabelas 15. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3 e respectivo CAE.

T3 "Muito Má"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Novadens 28/28 F	1228.74
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Line NM 25	1987.35

T3 "Média"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	793.68
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	1359.96

T3 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	580.32
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	1078.10

Tabelas 16. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T4 e respectivo CAE.

T4 "Muito Má"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Novadens 28/28 F	1365.67
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	2185.98

T4 "Média"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	848.22
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	1426.59

T4 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	629.48
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	1131.95

Tabelas 17. Sistema de aquecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T5 e respectivo CAE.

T5 "Muito Má"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Novanox Platinum 24 AF	1641.75
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Line NM 25	2523.42

T5 "Média"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	995.98
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	1607.93

T5 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento e preparação de AQS		CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo	
Sistema mais recomendável	Caldeira mural	Lifestar ZW 24 VENT	719.79
Sistema menos recomendável	Caldeira de chão a gasóleo	Lidia 20 GT	1240.42

19. ANEXO H

Nota: Resumo da seriação económica dos equipamentos a instalar em habitações equipadas com sistemas de aquecimento, de arrefecimento e para preparação de AQS.

Tabelas 18. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T0 e respectivo CAE.

T0 "Muito Má"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T0MM_2	Inteligente WRB 11	892.62
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T0MM_2	Lidia 20 GT	1756.91

T0 "Média"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Termoacumulador eléctrico	AC_S_T0M_2	Easyaqua HS B 80l	604.96
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T0M_2	Lidia 20 GT	1317.28

T0 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Termoacumulador eléctrico	AC_S_T0MB_4	Easyaqua HS B 80l	427.75
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T0MB_4	Lidia 20 GT	1092.77

Tabelas 19. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T1 e respectivo CAE.

T1 "Muito Má"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T1MM_3	Inteligente WRB 11	1003.44
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T1MM_3	Lidia 20 GT	1994.25

T1 "Média"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Termoacumulador eléctrico	AC_S_T1M_3	Easyaqua HS B 80l	643.68
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T1M_3	Lidia 20 GT	1408.60

T1 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Termoacumulador eléctrico	AC_S_T1MB_3	Easyaqua HS B 80l	550.42
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T1MB_3	Lidia 20 GT	1244.98

Tabelas 20. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T2 e respectivo CAE.

T2 "Muito Má"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T2MM_3	Click! WRDB 14	1242.84
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T2MM_3	Lidia 20 GT	2343.30

T2 "Média"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T2M_3	Sensor HDG WTDG 11	855.57
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T2M_3	Lidia 20 GT	1688.62

T2 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T2MB_3	Sensor HDG WTDG 11	740.17
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T2MB_3	Lidia 20 GT	1463.39

Tabelas 21. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T3 e respectivo CAE.

T3 "Muito Má"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T3MM_3	Sensor green WTD 27 AME	1402.10
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T3MM_3	Line NM 25	2617.89

T3 "Média"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T3M_3	Sensor HDG WTDG 14	1067.86
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T3M_3	Lidia 20 GT	1949.12

T3 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T3MB_3	Sensor HDG WTDG 11	898.91
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T3MB_3	Lidia 20 GT	1659.09

Tabelas 22. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T4 e respectivo CAE.

T4 "Muito Má"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T4MM_3	Sensor green WTD 27 AME	1727.41
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T4MM_3	Lidia 20 GT	3032.80

T4 "Média"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T4M_3	Sensor HDG WTDG 14	1215.61
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T4M_3	Lidia 20 GT	2143.56

T4 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T4MB_3	Sensor HDG WTDG 11	1049.72
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T4MB_3	Lidia 20 GT	1839.92

Tabelas 23. Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS mais e menos recomendável para as diferentes qualidades térmicas da habitação T5 e respectivo CAE.

T5 "Muito Má"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T5MM_3	Sensor green WTD 27 AME	2004.59
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T5MM_3	Line NM 25	3495.51

T5 "Média"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Termoacumulador eléctrico	AC_S_T5M_3	Naturaaqua - HS 300l	1612.98
Sistema menos recomendável	AC + Caldeira de chão a gasóleo	AC_S_T5M_3	Lidia 20 GT	2484.48

T5 "Muito Boa"	Sistema de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS			CAE [€/ano]
	Equipamento	Modelo		
Sistema mais recomendável	AC + Esquentador	AC_S_T5MB_3	Sensor HDG WTDG 11	1231.78
Sistema menos recomendável	AC + Termoacumulador a gás	AC_S_T5MB_3	S 160K	2123.99