

# Viabilidade da descarbonização dos edifícios residenciais – desafios e propostas no contexto de Portugal

Feasibility of decarbonizing residential buildings – challenges and proposals in the Portuguese Context



Image by Freepik

Abril 2023

**Autores:** Pedro Palma, João Pedro Gouveia (CENSE, FCT-Universidade Nova de Lisboa), Nuno Clímaco (PhD Eficiência Energética)

zero.



# Índice

1. <i>Enquadramento</i> .....	4
1.1 Contexto Europeu .....	4
1.2. Contexto Nacional .....	6
2. <i>Situação Atual e Objetivos</i> .....	13
3. <i>Desafios e Respostas</i> .....	16
3.1 Aquecimento de Espaços .....	24
3.2 Águas Quentes Sanitárias.....	27
3.3 Cozinha .....	31
3.4 Arrefecimento do Ambiente .....	34
3.5 Equipamentos Eléctricos e Iluminação.....	35
3.6 Análise Global .....	36
4. <i>Fontes de Financiamento</i> .....	38
5. <i>Alertas e Recomendações</i> .....	40
<i>Anexo – Auscultação ao Mercado</i> .....	45
<i>Referências</i> .....	51

# Lista de Siglas e Acrónimos

- AQS - Águas quentes sanitárias
- CE - Comissão Europeia
- DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia
- EE - Eficiência Energética
- ECF - Fundação Europeia do Clima (*European Climate Foundation*)
- EEA - European Environmental Agency
- ELPRE - Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios de Portugal
- ENLCPE - Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética
- GEE - Gases com Efeito de Estufa
- GPL - Gás de Petróleo Liquefeito
- ICESD - Inquérito ao Consumo de Energia no Setor Doméstico
- IEA - Agência Internacional de Energia
- INE - Instituto Nacional de Estatística
- LED - *Light-emitting diode*
- NZEB - Net Zero Energy Building
- PAE+S - Programa Edifícios Mais Sustentáveis
- PJ - PetaJoule
- PNEC - Plano Nacional de Energia e Clima
- PRR - Plano de Recuperação e Resiliência
- RNC - Roteiro Nacional para a Neutralidade Carbónica
- SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
- UE - União Europeia
- SEER - Seasonal Energy Efficiency Ratio for cooling
- SCOP - Seasonal Coefficient Of Performance for heating
- COP - Co-efficient of performance

# Sumário

Este relatório tem como objetivo desenvolver uma análise exploratória e crítica da viabilidade da descarbonização do consumo de energia nos edifícios residenciais, sustentada nos melhores dados, estatísticas e estudos científicos disponíveis e suportada por uma revisão dos planos e estratégias políticas nacionais em vigor que traçam trajetórias e metas a atingir no futuro em Portugal. É desenvolvida uma análise de base quantitativa para a estimativa de custos necessários para a substituição de equipamentos para aquecimento e arrefecimento de espaços, aquecimento de águas domésticas, equipamentos de cozinha e iluminação integrando considerações qualitativas sobre o contexto das populações e território. A análise conta ainda com um trabalho de investigação qualitativa sobre a disponibilidade tecnológica e potencial evolução futura de *stocks*, conduzido junto de agentes do mercado de sistemas técnicos de energia para climatização e aquecimento de águas domésticas nas habitações. São igualmente discutidas as potenciais fontes de financiamento e mecanismos de apoio para atingir os objetivos traçados. Desta forma, este estudo identifica os atuais desafios e barreiras à descarbonização, avalia potenciais soluções tecnológicas, no que respeita às vantagens e desvantagens da sua aplicação, e traça possíveis respostas para o objetivo de descarbonização do consumo nas habitações portuguesas, considerando as diferentes características e necessidades da população. Por fim, as conclusões e informações-chave são sintetizadas num conjunto de recomendações e alertas de forma a informar e orientar os decisores políticos e outros atores sociais que se dediquem à construção deste futuro a diferentes escalas.

## Summary

This report aims to conduct an exploratory and critical analysis of the feasibility of decarbonizing energy consumption in residential buildings in Portugal. The analysis is supported by the best available data, statistics, and scientific studies, as well as a review of the national policy plans and strategies that outline pathways and targets for achieving this goal. The report includes a quantitative analysis of the costs required to replace equipment for space heating and cooling, domestic water heating, cooking equipment, and lighting. Qualitative considerations regarding the context of the populations and territory are also considered. Qualitative research on technological availability and potential future stock evolution is conducted to supplement this analysis with market players in the technical energy systems for air conditioning and domestic water heating in households. The report also discusses potential funding sources and support mechanisms to achieve the outlined objectives. In this study, current challenges and barriers to decarbonization are identified, and potential technological solutions are evaluated based on the advantages and disadvantages of their application. The report outlines possible responses to the goal of decarbonising energy consumption in Portuguese households, considering the different characteristics and needs of the population. Finally, the conclusions and key information are synthesized into recommendations and alerts to inform and guide decision-makers and other social actors engaged in building this future at different scales.

# 1. Enquadramento

## 1.1 Contexto Europeu

O combate às alterações climáticas é um dos maiores desafios que a humanidade enfrenta nos dias de hoje. Ultrapassar este desafio requer uma transformação da economia para um modelo mais sustentável e ecológico, com redução significativa dos impactos ambientais, maior eficiência no uso de recursos e aumento da qualidade de vida das populações.

Com este objetivo em mente, a União Europeia (UE) definiu como meta atingir a neutralidade climática em 2050 (Comissão Europeia, 2023), através de uma economia com valor líquido nulo de emissões de gases de efeito estufa (GEE), reforçando o compromisso de ação climática alinhado com o Acordo de Paris. O Parlamento Europeu aprovou o objetivo da neutralidade carbónica na resolução de 2019, sobre as alterações climáticas, e na resolução sobre o Pacto Ecológico Europeu de 2020. No Pacto Ecológico Europeu (Comissão Europeia, 2019), a Comissão Europeia (CE) avançou um conjunto de propostas abrangendo os vários setores da economia com o objetivo de cumprir a meta de redução de 55% das emissões de GEE em comparação com os valores de 1990, dando passos decisivos para atingir a almejada neutralidade climática em 2050.

O setor da energia é um dos mais importantes para a transição necessária, representando 75% das emissões GEE na UE (Comissão Europeia, 2021a). O Pacto Ecológico Europeu descreve a descarbonização do sistema energético como um passo crítico neste processo, destacando a substituição em larga escala dos combustíveis fósseis, como o gás natural e o carvão, por fontes de energia renovável e ainda a importância da aposta na eficiência energética (Comissão Europeia, 2019). A descarbonização requer uma transformação substancial do sistema energético, da forma como a energia é obtida, transportada e consumida. A forma e natureza desta transformação é ainda motivo de grande debate, devido à sua dimensão política e potencial impacto na vida das populações. Enquanto medidas como a redução da dependência de combustíveis fósseis, a promoção da eletrificação do consumo energético e a expansão da produção de eletricidade por fontes renováveis são relativamente consensuais, outras soluções como o hidrogénio e gases ditos renováveis afiguram-se como mais controversas (Zachmann *et al.*, 2021).

Focando o lado da procura de energia, os edifícios são um pilar fundamental da transição energética, visto que, considerando todas as etapas do seu ciclo de vida, representam 40% do consumo de energia e 36% das emissões de GEE (Comissão Europeia, 2020a). O setor residencial representa uma parcela significativa, cerca de 28% do consumo de energia final na UE em 2021 (Eurostat, 2023a). Através do Pacto Ecológico Europeu, da estratégia “*Renovation Wave*” e do Plano de Recuperação e Resiliência, a Comissão Europeia destaca veementemente a necessidade de reduzir emissões e consumo de energia nos edifícios. A renovação do edificado e a substituição de equipamentos, para aquecimento e arrefecimento ambiente e aquecimento de águas domésticas, são as soluções que podem efetivamente contribuir para a redução de necessidades energéticas e descarbonização do setor (EEA, 2022). O pacote de medidas designado “Objetivo 55” (*Fit-for-55*), que tem como objetivo atualizar a legislação em vigor em consonância com as metas definidas e potenciar a transição ecológica, propôs a revisão da diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPDB). Esta revisão, igualmente delineada na estratégia “*Renovation Wave*”, tem como um dos principais objetivos contribuir para, pelo menos, duplicar as taxas de renovação do edificado, atualmente abaixo de 1% (Comissão Europeia, 2021b), e tornar os edifícios mais eficientes e preparados para o futuro. Na revisão é introduzido o termo “edifício de zero emissões”, ou seja, um edifício com elevado desempenho energético, em linha com o objetivo primordial de eficiência energética, que necessita de reduzidas quantidades de energia a ser produzidas por fontes renováveis locais. Todos os novos edifícios devem assegurar este

padrão a partir de 2027, bem como todos os edifícios renovados a partir de 2030. Entre outras medidas, esta revisão prevê igualmente o fim de subsídios a caldeiras a combustíveis a partir de 2027, para promover a adoção de sistemas de aquecimento renováveis com zero emissões (Parlamento Europeu, 2022).

Pese embora que, a melhoria do desempenho energético através da renovação deva ser a base da transformação do setor, a eletrificação é considerada a principal via para a descarbonização do consumo energético nos edifícios, nomeadamente através da instalação de equipamentos como bombas de calor, que permitem ganhos de eficiência muito significativos (Zachman *et al.*, 2021). Dos usos de energia no setor residencial na UE em 2020, o aquecimento de espaços é o uso de maior peso, representando uma percentagem de cerca de 63% da energia final, seguido do aquecimento de águas, responsável por 15% (Eurostat, 2023b). Os esforços históricos para a substituição dos combustíveis fósseis por energia de fontes renováveis, no que respeita ao aquecimento e arrefecimento, têm sido lentos e demasiado focados no uso de biomassa. No entanto, o desenvolvimento da tecnologia e indústria das bombas de calor trouxe uma mudança de ritmo na indústria e da sua implementação em edifícios (EEA, 2023a). A Agência Internacional de Energia prevê o aumento exponencial do uso de bombas de calor, tecnologia de credenciais ambientais firmadas que, se fornecida com eletricidade de origem renovável, permite reduzir as emissões do aquecimento até 90% comparativamente a uma caldeira a gás, dependendo do *mix* de produção de eletricidade. Um estudo da Fundação Europeia do Clima refere que, se até 2030 forem instaladas 60 milhões de bombas de calor na UE, seria possível atingir uma redução de 40% do consumo de gás nos edifícios em comparação com 2022 e de 46% e 40% das emissões de dióxido de carbono e de azoto respetivamente (ECF, 2023). Em conjugação com a renovação do edificado, contribuiria igualmente para um decréscimo médio de 20% das despesas das famílias em aquecimento.

A Agência Internacional de Energia apela à implementação de políticas “*carrot and stick*”, como a proibição da venda de caldeira a gás a partir de 2025, para acelerar a adoção deste tipo de equipamento (IEA, 2021). Por outro lado, a conversão de caldeiras a combustíveis fósseis em sistemas a biomassa pode levar a uma situação de “*fuel lock-in*”, visto que estas duram vários anos, com implicações em termos da disponibilidade de recursos florestais, qualidade do ar e saúde das populações (EEA, 2023a).

O *European Scientific Advisory Board on Climate Change* recomenda igualmente que os Estados-Membros promovam a eletrificação dos setores de consumo de energia final (EEA, 2023b). A utilização do hidrogénio verde, produzido através de eletricidade renovável, para aquecimento é igualmente uma solução que tem sido alvo de análise recente (Zachman *et al.*, 2021) e o seu potencial papel na descarbonização dos edifícios é igualmente realçado pela Agência Internacional de Energia, tal como as redes de calor urbanas, ou *district heating* (IEA, 2021). A Agência Europeia de Energia refere que, a aposta no *district heating*, para aquecimento e arrefecimento, deve ser cuidadosamente avaliada para cada caso e em relação a outras fontes locais e custo-eficazes (EEA, 2023a). Relativamente ao hidrogénio, estudos indicam que este combustível não será um vetor energético relevante para a descarbonização do aquecimento nas casas, nem por substituição dos combustíveis fósseis nem por mistura com o gás natural (Rosenow, 2022). O expectável aumento da procura de eletricidade deve ser correspondido com eletricidade renovável de forma a não ocorrer uma transferência de emissões entre o setor dos edifícios e o setor da produção de eletricidade.

A descarbonização dos edifícios é um imperativo mas também um caminho árduo, com desafios difíceis de ultrapassar: a implementação de standards de eficiência energética, a promoção da renovação do edificado e garantia de melhoria no desempenho energético, a criação de programas de apoio e financiamento eficazes, o acesso a tecnologias para a transição para energia renovável do aquecimento de espaços e das águas domésticas (Baker *et al.*, 2022) são apenas alguns exemplos do conjunto de desafios que terão de ser enfrentados para se concretizar o objetivo da descarbonização do edificado.

## 1.2. Contexto Nacional

Em Portugal, a descarbonização dos edifícios é um objetivo político enquadrado e reiterado em várias estratégias e instrumentos na área da energia e clima, constituindo-se como um pilar importante no caminho para o cumprimento das metas definidas no Plano Nacional de Energia e Clima 2021-2030, aprovado em 2020. O plano define para o país uma meta geral de redução de GEE entre -45% a -55%, de incorporação de energia renovável no consumo final bruto de energia de 47% e redução do consumo de energia primária em 35% em 2030 (Governo de Portugal, 2020). A nível setorial, o PNEC estabelece uma meta de redução de 35% de GEE no setor residencial para 2030. Define ainda, uma meta de 80% do consumo assegurado por eletricidade e 38% do aquecimento e arrefecimento assegurado por energia renovável. O plano refere que o reforço da eletrificação estará associado à descarbonização da produção, através da aposta nas tecnologias solar e eólica *onshore/offshore*, em paralelo com a produção distribuída com aposta nas comunidades de energia renovável, armazenamento e otimização da rede de transporte e distribuição, projetos-piloto de solar térmico concentrado, geotermia estimulada e energia das ondas.

A descarbonização do aquecimento e arrefecimento deverá assentar na eletrificação destes consumos e diminuição do peso dos combustíveis fósseis, com aumento potencial da biomassa, nomeadamente a criação de centrais térmicas descentralizadas, e dos gases renováveis, como o biometano e o hidrogénio. No que respeita aos edifícios, é referido o papel relevante das bombas de calor, destacada como uma das formas mais eficientes para o aquecimento e arrefecimento, de forma a promover a eletrificação do consumo energético e aumento do conforto térmico nas habitações. O solar térmico é igualmente destacado como solução importante para o aquecimento de águas domésticas e, em ligação com outras soluções, como opção igualmente relevante para o aquecimento de espaços. As redes térmicas urbanas são consideradas como uma opção pouco viável devido ao clima do país, não se perspectivando desenvolvimentos relativamente à aposta nesta solução.

Na vertente do aumento da eficiência energética, o PNEC reforça a necessidade de renovar os edifícios e torná-los mais eficientes devido aos diversos benefícios decorrentes desta aposta, destacando a importância dos diferentes desígnios da transposição da revisão da Diretiva EPBD em 2019, nomeadamente o novo certificado energético, a revisão do Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE) e a reformulação dos mecanismos de financiamento/apoio à renovação dos edifícios. É também referida a importância dos edifícios NZEB (*Nearly Zero Energy Buildings*), edifícios com reduzidas necessidades energéticas, nomeadamente na linha de atuação denominada “Promover a Renovação Energética do Parque Imobiliário e os Edifícios NZEB”. A redução da intensidade carbónica do edificado é uma das linhas de atuação do PNEC, que delineia três medidas para a sua prossecução: a reabilitação do edificado para o aumento da sua vida útil; a promoção de técnicas sustentáveis na construção e os edifícios sustentáveis, privilegiando a utilização de matérias-primas secundárias, materiais reciclados e promovendo a melhoria da eficiência energética; e a promoção da eletrificação dos edifícios e da incorporação de renováveis. Relativamente aos benefícios da renovação energética do edificado, destaca-se o combate à pobreza energética, que se enquadra no objetivo estratégico do PNEC de garantir uma transição justa, democrática e coesa, reforçando o papel do cidadão como agente ativo na descarbonização e na transição energética.

Na linha de atuação relativa à utilização eficiente de energias renováveis nos sistemas de aquecimento e arrefecimento, o plano propõe incentivar e estimular a utilização de sistemas de produção de calor e frio que utilizem energia renovável, enumerando “os sistemas solares térmicos, caldeiras adaptadas a gases renováveis, caldeiras e recuperadores de calor a biomassa e solar fotovoltaico associado a bombas de calor, assim como sistemas híbridos que combinem duas ou mais tecnologias, para aquecimento ambiente nos setores doméstico, serviços, indústria e nos serviços públicos”. Destaca-se a linha de atuação relativa à promoção da eficiência energética, que refere a necessidade de um programa que promova

a substituição de eletrodomésticos e de outros equipamentos elétricos ineficientes no setor doméstico, de forma a reduzir o consumo de energia do parque de equipamentos domésticos.

O Roteiro para a Neutralidade Carbónica (RNC) 2050 (Governo de Portugal, 2019) é outro documento de relevo, no que respeita à transição energética e progresso na direção da descarbonização dos setores económicos portugueses. Em relação ao setor dos edifícios residenciais e de serviços, é referido o expectável aumento da procura de energia para arrefecimento, devido ao aumento das temperaturas médias, e aumento de usos elétricos, mas estima-se reduções de GEE muito assinaláveis até 2050, cerca de -96%, como observado na Tabela 1.

O RNC 2050 projeta um aumento do conforto térmico na estação fria e estação quente decorrente da tendência crescente da eletrificação dos consumos, da utilização de equipamentos mais eficientes como bombas de calor e maiores taxas de renovação do edificado, com instalação de isolamento e melhoria do desempenho térmico. Esta renovação resulta na redução do consumo de energia para aquecimento em 26% em 2040, e cerca de 50% em 2050 no setor residencial e, desta forma, o aumento do conforto térmico não estará ligado a um aumento setorial de consumo efetivo de energia final, e sim à renovação dos edifícios e aumento da eficiência energética. Para tal, é necessário que a reabilitação urbana seja uma aposta séria, contribuindo significativamente também para o combate à pobreza energética. É projetado um possível decréscimo do consumo de energia final por m<sup>2</sup> entre -7% e -20% (Figura 1) devido à adoção de equipamentos elétricos de maior desempenho, como LEDs e equipamentos das classes de maior eficiência energética, e que o consumo de gás tornar-se-á residual nas habitações a partir de 2040, cerca de 1%, como observado na Figura 2. O mesmo sucede com a biomassa, cujo peso é reduzido para 5%, embora em meios rurais possa permanecer relevante, assumindo uma distribuição mais descentralizada e esporádica. Em 2050, prevê-se que, mais de 90% das necessidades de aquecimento de água serão asseguradas por solar térmico, cerca de 11% do consumo total de energia, e 55% das necessidades de aquecimento e arrefecimento de espaços serão garantidas por bombas de calor.

Importante realçar que o aumento da utilização de bombas de calor resulta no aumento da procura por gases fluorados, gases com valores de potencial de aquecimento global elevados. O R-410A é o gás refrigerante mais utilizado nas bombas de calor, tendo um potencial de aquecimento global estimado de 2088 (Comissão Europeia, 2020b). É crucial o investimento em alternativas com menor efeito de estufa de forma a mitigar este impacto.

*Tabela 1 – Evolução das emissões dos setores residencial e serviços e percentagem de incorporação de renováveis no aquecimento e arrefecimento (Governo de Portugal, 2019)*

EDIFÍCIOS	2005	2015	2020	2030	2040	2050	Δ 2050/2005
	5,89   71,44	3,22   52,94	3,6   49,73	3,07   28,15	1,05   14,15	0,09   7,11	-98%   -90%
Residencial	2,72	2,08	2,43	2   2,01	0,73   0,71	0,09   0,11	-97%   -96%
Serviços	3,17	1,14	1,18	1,07   0,89	0,32   0,3	0,00	-100%
<i>Unidade: Mt CO<sub>2</sub>eq</i>							
Renováveis no Aquecimento e Arrefecimento (%RES-A&A)	32%	34%	34%	41%   49%	60%   58%	66%   68%	

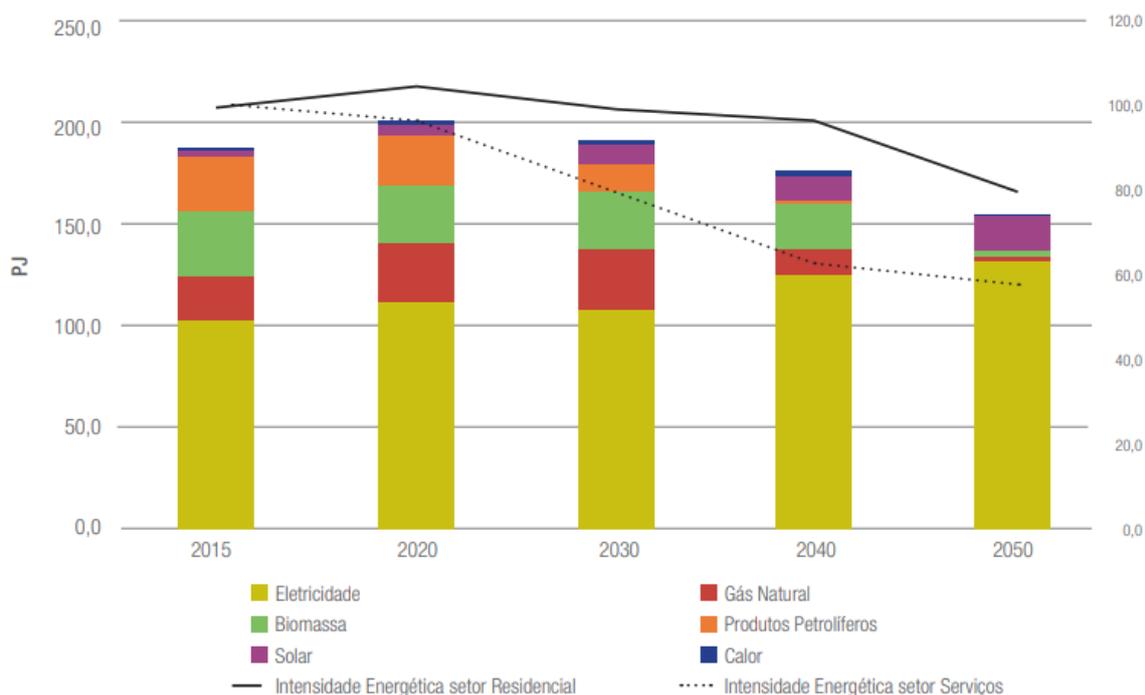


Figura 1 – Evolução do consumo de energia final e da intensidade energética nos edifícios dos setores residencial e serviços (Governo de Portugal, 2019)

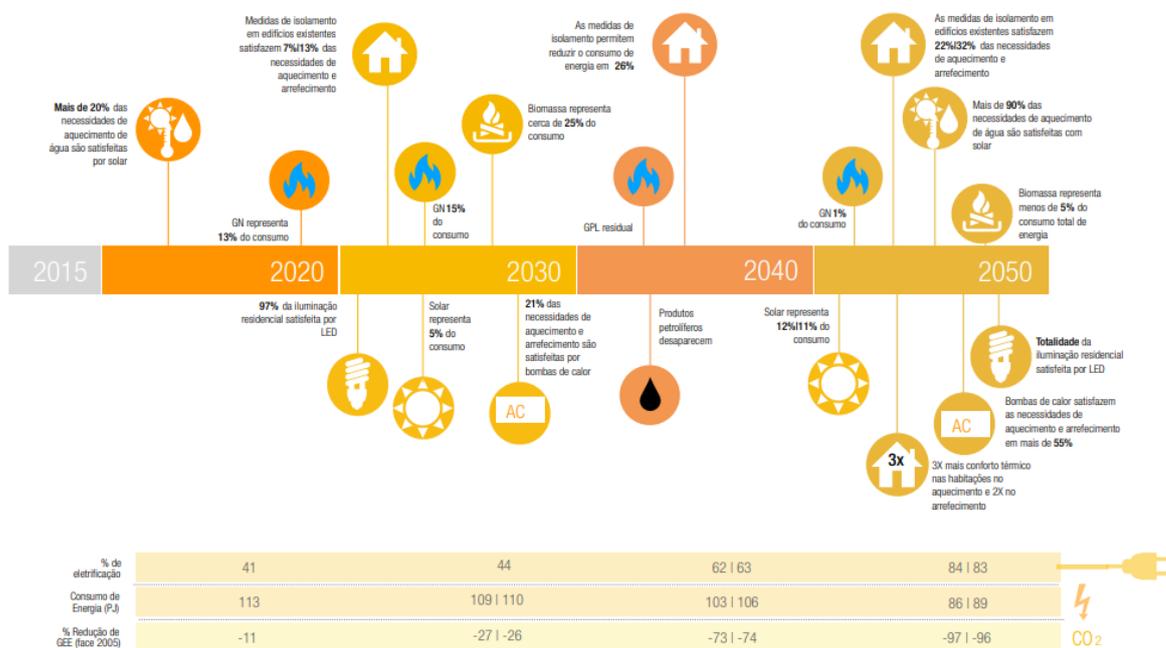


Figura 2 – Evolução da neutralidade carbónica até 2050 do setor residencial (Governo de Portugal, 2019)

O RNC 2050 identifica, portanto, quatro fatores como os mais determinantes para a concretização do objetivo da descarbonização deste setor:

- Eficiência energética;
- Eletrificação;
- Isolamento e reabilitação;
- Solar térmico e bombas de calor.

Realça ainda que, edifícios neutros em consumo de energia (*net zero energy buildings*) e os bairros positivos de energia (*Positive Energy Districts*) poderão marcar o futuro, integrados em cidades inteligentes. Estas soluções resultam de avanços tecnológicos, no sentido da promoção de maior sustentabilidade e eficiência, no consumo de energia e outros recursos e com menor impacto ambiental. A maior integração de elementos naturais e até novos usos como o *urban farming*, ou a agricultura em espaços urbanos, pode igualmente fazer parte dos modelos futuros com múltiplos benefícios.

Uma das medidas propostas, na linha de atuação “Promover a Renovação Energética do Parque Imobiliário e os Edifícios NZEB” do PNEC 2030, foi a criação de uma Estratégia de Longo Prazo para a Renovação de Edifícios (ELPRE). Esta estratégia, aprovada em 2021 (Governo de Portugal, 2021) foca-se principalmente na renovação energética do edificado no que respeita à envolvente passiva, isto é, às características construtivas dos edifícios, e aos seus equipamentos, privilegiando a eficiência energética e a integração de fontes de energia renovável. A estratégia desenvolve uma análise económica de impacto nas necessidades energéticas e no conforto térmico dos habitantes, de pacotes de medidas de melhoria do isolamento das fachadas, coberturas e janelas, e substituição dos sistemas existentes por alternativas mais eficientes e que promovam a energia renovável. Aplica uma abordagem *bottom-up* baseada na definição de tipologias de edifícios, perfis de ocupação e de utilização de iluminação e equipamentos, e localização geográfica, considerando as condições do mercado corrente. O pacote de medidas prioriza as medidas do tipo passivas com o objetivo de garantir um nível de conforto térmico aceitável nas habitações, cumprindo os requisitos mínimos do atual regulamento de desempenho energético dos edifícios, para cada região climática, sendo selecionadas as medidas mais custo-eficazes. Para as tipologias de edifícios onde as medidas de renovação da envolvente não garantem esse nível de conforto térmico, ou para os edifícios que já tenham sistemas de climatização instalados, estão previstas igualmente medidas de melhoria dos sistemas de climatização e provisionamento de energia. Desta forma, o nível de renovação depende do estado inicial de cada edifício. Para o aquecimento foram consideradas bombas de calor do tipo ar-ar reversíveis, geotermia superficial, e recuperador de calor a biomassa, e para o arrefecimento o mesmo tipo de bomba de calor. Para o aquecimento de águas domésticas, foram considerados o sistema solar térmico com apoio elétrico, bomba de calor ar-água e caldeira a biomassa. A abordagem prevê também a substituição da iluminação por lâmpadas LED e a instalação de painéis solares fotovoltaicos.

A ELPRE prevê que, 65% dos edifícios de habitação estejam intervencionados, no que respeita à sua componente passiva e equipamentos, em 2030 e 100% em 2040. Outro pacote prevê ainda 50% das necessidades AQS e 50% de autossuficiência elétrica através de painéis fotovoltaicos e armazenamento em 23% do edificado em 2030, 75% em 2040, e 100% em 2050. Define, subseqüentemente, eixos de atuação e respetivas medidas para cumprir este roteiro. O investimento necessário no setor residencial seria de 26 760M€ em 2030, 42 441M€ em 2040 e 40 877M€, para um total de 110 078M€. Para o mesmo setor, cerca de 40 373M€ seriam necessários para a componente passiva, 365M€ para a iluminação, 14 588M€ para os sistemas de aquecimento e arrefecimento, 11 960M€ para o solar térmico e 18 861M€ para o solar fotovoltaico mais sistemas de armazenamento.

O estudo de análise custo-eficácia de cenários de renovação do edificado residencial ocupado em Portugal desenvolvido por Palma *et al.* (2022) estima valores na mesma ordem de grandeza que os apresentados na ELPRE. Para o cenário com as medidas de custo mais reduzido, mas que cumprem os requisitos da atual legislação, os autores calcularam um valor de investimento necessário de 71 200M€. Para o cenário que considera as melhores soluções

do mercado, o investimento sobe para 99 600M€. Ambas as estimativas ilustram o grande desafio que representa a renovação do edificado residencial português para níveis aceitáveis de desempenho energético.

Em articulação com as metas do RNC 2050 e do PNEC 2030, a ELPRE estabelece um conjunto de objetivos para o parque de edifícios residenciais para os horizontes 2030, 2040 e 2050, em relação aos níveis de 2018, apresentados na Tabela 2.

*Tabela 2 – Objetivos para os edifícios residenciais face a 2018 (Governo de Portugal, 2021)*

<b>Indicador</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
Percentagem de poupança energia primária	15	37	40
Percentagem de energia renovável local	10	35	73
Percentagem de energia renovável total	57	62	98
Percentagem de redução de emissões CO <sub>2</sub>	16	56	85
Área de edifícios renovada (m <sup>2</sup> )	299 524 729	513 059 967	514 265 282
Percentagem de edifícios renovados	70	100	100
Percentagem de redução das horas desconforto	26	34	56
Investimento médio ponderado (€2020/m <sup>2</sup> )	82	165	258
Poupança (€2020/m <sup>2</sup> )	88	191	279

Deve igualmente ser mencionado com maior detalhe o contributo importante do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho que, reforçou os requisitos mínimos para a melhoria do desempenho energético dos edifícios, a definição de metodologia para classificação dos edifícios com necessidades quase nulas de energia e a regulação do SCE. Destaca-se ainda, a inclusão do conceito de custo-benefício na análise do ciclo de vida dos edifícios, a consideração do retorno energético na análise dos investimentos, a ênfase na utilização de sistemas a energia renovável e redução de sistemas a combustíveis fósseis, a aposta na automatização e controlo dos edifícios, e a introdução de procedimentos de manutenção (DGEG, 2020).

Igualmente definida como uma prioridade no PNEC, para o combate à pobreza energética e com ligação ao objetivo da descarbonização, a Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética (ENLCP) 2022-2050 encontra-se atualmente em fase de aprovação, depois de ter estado numa segunda consulta pública no início de 2023. É um instrumento inédito na política energética em Portugal, introduzindo pela primeira vez uma definição para o conceito de pobreza energética, definindo um conjunto de indicadores para a sua medição e monitorização e metas nacionais até 2050, e propondo um conjunto de medidas para a mitigação deste problema. Nesta estratégia é destacado o seu alinhamento e complementaridade com as demais estratégias supramencionadas, reforçando o papel da descarbonização do setor residencial como um dos mecanismos que permitirão garantir

condições mais favoráveis, e equitativas, para os cidadãos e, desta forma, contribuir para o combate à pobreza energética. Nas ações delineadas pela estratégia, é referida a necessidade de mecanismos de apoio e incentivo, que promovam a descarbonização e eficiência energética no setor residencial, considerando a incapacidade dos agregados mais vulneráveis de avançar com o investimento em medidas. É também destacada a necessidade de apoiar a eletrificação dos consumos energéticos através de incentivos à aquisição de equipamentos eficientes, preferencialmente que utilizem energia de fontes renováveis, à imagem dos outros planos apresentados.

A descarbonização e a redução da intensidade de carbono dos edifícios é um objetivo claro de todas as estratégias mencionadas e, em todas, é referida a necessidade de reduzir os equipamentos a combustíveis fósseis para o aquecimento. Sete Estados-membros da UE já têm uma estratégia para descarbonizar os seus sistemas de aquecimento: Suécia, Finlândia, Dinamarca, França, Áustria, Bélgica e Holanda já anunciaram a sua intenção de eliminar totalmente todos os tipos de sistemas de aquecimento a combustíveis fósseis até 2050. Atualmente, não existe nenhum plano para proibir os sistemas de aquecimento a combustíveis fósseis em Portugal, embora se mencione transversalmente a necessidade de reduzir significativamente os consumos de combustíveis fósseis a médio prazo. A proibição de venda de esquentadores e caldeiras a gás, a partir de 2025, poderá vir a ser uma realidade, mediante o que for acordado na revisão da diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios residenciais e respetiva transposição para a legislação nacional. No entanto, esta proibição a existir, deve vir acompanhada de mecanismos de apoio à substituição por tecnologias elétricas mais eficientes, de forma a tornar a transição socialmente justa.

O Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) é, atualmente, o principal instrumento impulsionador da operacionalização da transição energética nas habitações portuguesas. É um programa nacional, de período de execução até 2026, que tem como objetivo colocar o país na senda do crescimento económico sustentado e alinhado com a União Europeia, após um período crítico de pandemia. O PRR implementa reformas e realiza investimentos alinhados com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e com os pilares da estratégia europeia 2030. Uma das dimensões do plano é, precisamente, a Transição Climática, garantindo o compromisso do PRR com as metas climáticas e o objetivo de neutralidade carbónica em 2050. Dentro desta dimensão, a componente C13 diz respeito à Eficiência Energética em Edifícios que, tem como objetivo principal a reabilitação do edificado, incorporando e operacionalizando medidas incluídas nas estratégias como a ELPRE e a ENLCPE e prevê um investimento total de 300M€ (Governo de Portugal, 2023a).

Este montante é atribuído através de avisos ou programas do Fundo Ambiental como, o Programa de Apoio Edifícios Mais Sustentáveis II (PAE+SII), o programa Vale Eficiência, Programa para Desenvolvimento de Comunidades de Energia Renovável e do recente Programa de Apoio a Condomínios Residenciais. O PAE+SII está atualmente fechado, com potencial de surgir um novo aviso ainda durante 2023 com verbas do REPOWER Europe, um apoio da Comissão Europeia para terminar com a dependência do gás russo. Este mecanismo levou à atualização do PRR, atualmente em análise da consulta pública, que prevê um potencial investimento adicional de 120 M€ em eficiência energética para edifícios residenciais.

Os programas mencionados têm âmbitos e aplicações diferentes, mas, em geral, atribuem financiamento para melhorias a nível da envolvente, dos sistemas de climatização, implementação de produção de energia elétrica de origem renovável, eficiência hídrica e incorporação de biomateriais, materiais reciclados ou soluções de base natural. O PAE+S II distribuiu quase a totalidade da sua cotação, cerca de 123 M€ distribuídos por 70 344 candidaturas, perfazendo uma despesa total investida pelos cidadãos e Estado de 190M€ (Governo de Portugal, 2023b). Do total de candidaturas elegíveis, 23,8% (45,8M€ de incentivo) dizem respeito à instalação de janelas eficientes, 26,1% à instalação de bombas de calor (51,3M€) e 37,2% (69,7M€) à instalação de sistemas solares fotovoltaicos. O

programa teve considerável adesão, tendo permitido evitar a emissão de 38 mil ton CO<sub>2</sub>e por ano, e mais de 10 milhões de m<sup>2</sup> de habitações intervencionadas, para uma redução de mais de 486 mil MWh/ano de consumo de energia primária e instalação de 152 MW de capacidade produção de energia renovável descentralizada, ultrapassando as metas definidas nesta componente do PRR. No entanto, é importante referir que apenas em 886 candidaturas, 1,2% (1,3M€), foram executadas obras de isolamento das coberturas, pavimentos ou paredes, uma componente essencial na promoção de redução das necessidades de energia e descarbonização delineada nas estratégias nacionais.

Dirigido aos consumidores mais vulneráveis, beneficiários da tarifa social, o programa Vale Eficiência não tem experienciado um nível de adesão semelhante. O programa tem uma cotação entre 138-162M€ e cem mil vales para atribuir às famílias até 2025 mas, até ao momento, foram submetidas apenas 21736 candidaturas e atribuídos 11358 vales, perfazendo um total máximo aproximado de 18M€, cerca de 10% da cotação total (Fundo Ambiental, 2023), evidenciando problemas na atribuição e comunicação, bem como, dificuldades em promover a adesão e participação dos consumidores mais vulneráveis. Estes programas destinam-se apenas a proprietários das habitações, sendo que as pessoas que alugam casa ou quarto, que representam uma parte importante da população, não podem usufruir destes apoios.

É possível verificar que, os valores das cotações que se pretende atribuir nestes programas correspondem a uma percentagem residual dos montantes estimados na ELPRE e no estudo de Palma *et al.* (2022), necessários para promover a descarbonização dos edifícios residenciais, sustentada na renovação do edificado, no aumento da eficiência energética dos equipamentos e integração de sistemas de energia renovável. Importante igualmente realçar que, o diferente nível de adesão aos programas revela dificuldades em proporcionar, de forma justa e equitativa, apoio e oportunidades aos diferentes segmentos da população, com evidente prejuízo para os agregados mais vulneráveis.

Urge, por estas razões, perceber qual será o esforço necessário para descarbonizar o consumo de energia existente nas habitações nacionais e, de que forma poderá ser percorrido este caminho, tendo em vista a inclusão de forma justa de todas as famílias, vulneráveis ou não. A análise desenvolvida neste trabalho foca-se na componente ativa do consumo, isto é, dos equipamentos, deixando de fora a componente passiva do edificado, já alvo de extensa análise na ELPRE e em Palma *et al.* (2022). Assim, define-se desta forma a seguinte pergunta de investigação:

**Pergunta:** Qual é a viabilidade da descarbonização do consumo energético para as famílias portuguesas, através da substituição dos equipamentos a combustíveis fósseis (gasóleo, gás natural e GPL) por equipamentos a eletricidade e fontes de energia renováveis?

## 2. Situação Atual e Objetivos

De forma a traçar os possíveis caminhos para atingir o resultado pretendido, a descarbonização do consumo energético nas habitações portuguesas, é necessário primeiro perceber qual a situação atual, no que respeita ao consumo no setor doméstico, e identificar os desafios que têm de ser ultrapassados para a concretização do objetivo. Para caracterizar a situação atual, são utilizados dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) e da Direção Geral da Energia e Geologia, das suas bases de dados, bem como os dados apresentados no Inquérito ao Consumo de Energia do Setor Doméstico, de 2020 (INE/DGEG/ADENE, 2021). Com base no enquadramento apresentado, e nos dados recolhidos, definem-se os seguintes 4 objetivos a atingir de forma a construir o caminho para a descarbonização do consumo energético:

### 1. Eliminar o consumo energético proveniente de combustíveis fósseis

O primeiro objetivo prende-se com o consumo de combustíveis fósseis. O indicador a analisar é a desagregação do consumo de energia final nas habitações, de 2021, exposto na Figura 3. O consumo total para fins energéticos nas habitações foi de 34 945 GWh (DGEG, 2023). Verifica-se que, cerca de 22,6% do consumo de energia final é ainda diretamente assegurado por combustíveis fósseis, correspondendo a um total de 7 869 GWh com consequências diretas em termos de emissões de GEE e poluição atmosférica. Desta forma, identifica-se o primeiro objetivo geral – *eliminar o consumo energético proveniente de combustíveis fósseis*. Este objetivo é por demais justificado pelo considerável impacto negativo que o consumo de combustíveis fósseis tem para o ambiente e populações, pela libertação de gases de efeito de estufa, como o dióxido de carbono que causam o aquecimento global, e contribuição ao longo do seu ciclo de vida para vários outros problemas ambientais como a degradação dos solos, poluição da água, poluição do ar, acidificação dos oceanos (NRDC, 2022). A poluição dos combustíveis fósseis resultou na morte de 8,7M de pessoas globalmente em 2018 (Vohra *et al.*, 2018). De referir que, estes 22,6% de consumo correspondem na quase totalidade à energia consumida para aquecimento de águas domésticas, também referidas como águas quentes sanitárias (AQS), aquecimento ambiente e confecção de alimentos, usos energéticos de difícil substituição e que, tendo em conta os crescentes padrões de conforto da sociedade, podem até ter tendência a aumentar.

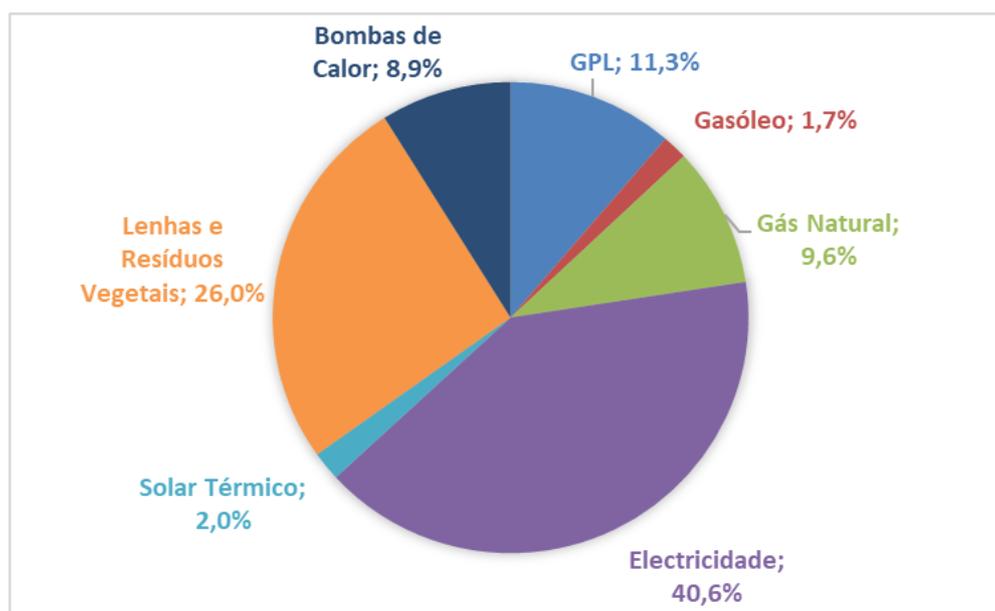


Figura 3 – Desagregação do consumo de energia final nas habitações por tipo de combustível (DGEG, 2023)

## **2. Reduzir o consumo energético proveniente de biomassa**

A biomassa representa, igualmente, uma parte bastante relevante do consumo de energia final no setor residencial português, por questões culturais, acesso facilitado e preço. Esta fonte de energia predomina em muitas habitações portuguesas por todo o país, principalmente no interior. O uso de lenha para aquecimento de ambiente, e até aquecimento de águas e confecção de alimentos nas habitações, está enraizado na cultura portuguesa. Várias famílias têm acesso a este recurso de forma gratuita, visto habitarem em zonas rurais onde ele abunda, quer nas suas terras, se forem proprietários, ou nas terras contíguas ou dos vizinhos. Dados regulares, e/ou regionalmente representativos, sobre a quantidade e distribuição do recurso e seu uso escasseiam, sendo que as estimativas muito espaçadas no tempo dos balanços energéticos da DGEG são os únicos dados disponíveis. A biomassa é considerada na contabilização internacional de emissões como neutra em carbono, mas vários especialistas contestam esta decisão (Ter-Mikaeilian *et al.*, 2015; NRDC, 2021; Ahmer, 2022). O IPCC refere que considerar automaticamente a biomassa como neutra em carbono é incorreto (IPCC, 2021). Ademais, para além do dióxido de carbono, a queima da biomassa produz vários poluentes nocivos como, monóxido de carbono, metano, compostos orgânicos voláteis, óxidos de azoto e matéria particulada, que impactam negativamente a qualidade do ar e a saúde da população. O fumo da queima da biomassa contribui para as cerca de 40 000 mortes prematuras na Europa relacionadas com problemas respiratórios e cardiovasculares (Tomlin, 2021). Simultaneamente, não deve ser ignorado o importante papel que a biomassa desempenha como estratégia para fazer face à pobreza energética (Stojilovska *et al.*, 2023). Embora as lareiras sejam sistemas pouco eficientes, quando comparadas com outras soluções, uma percentagem de agregados em pobreza energética usufruem de lenha gratuita, que lhes permite mitigar a sua situação de vulnerabilidade, e uma despesa adicional com o consumo energético de outro sistema não é visto como favorável, mesmo com melhoria do conforto térmico e qualidade do ar interior. Existem outros tipos de combustíveis de biomassa, entretanto adoptados, como os *pellets*, que são tipicamente certificados do ponto de vista da sua qualidade, e apresentam uma queima mais eficiente, menos poluente e desta forma não são tão problemáticos. Devem também ter, idealmente, uma certificação de origem sustentável. São combustíveis de fácil manuseio e abastecimento, mas são mais caros e mais suscetíveis às cotações de mercado (europeu), comparativamente à lenha, implicando custos adicionais. Outro fator a destacar é a dificuldade de alguns agregados em alterar as suas práticas e adaptar-se a novos equipamentos, que não sejam uma lareira, sendo que a falta de literacia digital pode igualmente contribuir para esta dificuldade. No RNC 2050, a trajetória para a neutralidade carbónica prevê uma redução muito significativa da percentagem de energia obtida através de biomassa. Tendo em conta todos os aspectos mencionados, é definido o segundo objetivo geral: *Reduzir o consumo energético proveniente de biomassa*.

## **3. Aumentar o consumo de energia proveniente de fontes renováveis**

A eliminação do consumo de combustíveis fósseis, e redução do consumo de biomassa, implica, necessariamente, a promoção da eletrificação do consumo, com a substituição dos equipamentos existentes por alternativas mais eficientes, que funcionem a energia elétrica. No entanto, há ainda um segundo passo no rumo à descarbonização, que é o aumento do consumo de energia proveniente de fontes renováveis, quer seja na forma de eletricidade ou calor. Neste sentido, será necessário que o reforço de capacidade da rede elétrica necessária seja feito à custa de energias renováveis, bem como se promova a instalação de sistemas que utilizem diretamente energia renovável (ex.: solar térmico), a instalação de pequenas unidades eletroprodutoras nas residências para autoconsumo, ou até a constituição de comunidades de energia renovável. Hanke *et al.* (2021) destaca que, projetos locais de produção fotovoltaica e comunidades de energia contribuem para a democratização e autonomia energética, para a promoção da participação cidadã e sentido de espírito

comunitário, capacitação da população, aumento da consciencialização sobre a importância da transição energética e até para o desenvolvimento económico local. Define-se assim o terceiro objetivo geral: *Aumentar o consumo de energia proveniente de fontes renováveis.*

#### **4. Aumentar a eficiência energética dos equipamentos nas habitações**

Por fim, a substituição dos equipamentos e da fonte de consumo de energia não deve ignorar outro dos pilares fundamentais da descarbonização, o aumento da eficiência do consumo de energia final nas habitações. É um fator determinante, destacado em todas as estratégias nacionais no tópico, que permite garantir os mesmos níveis de serviços de energia, ou até superiores, mas utilizando menor quantidade de energia. Para lá da vertente passiva da qualidade térmica da construção das habitações, que embora constitua uma prioridade não é o foco deste trabalho, é necessário promover a eficiência dos equipamentos que transformam a energia final em energia útil, sendo importante atentar que, equipamentos de maior eficiência têm muitas vezes ainda custos de investimento significativos, e este aumento não deve colocar em causa a prossecução dos objetivos previamente mencionados. Este é o quarto objetivo geral: *Aumentar a eficiência energética dos equipamentos nas habitações.*

### 3. Desafios e Respostas

O próximo passo trata de identificar e caracterizar os desafios que têm de ser ultrapassados para atingir os objetivos delineados e, por fim, propor e analisar potenciais soluções ou respostas. Para tal, é primeiro necessário perceber como são utilizadas as diferentes formas de energia, ou seja, para que tipo de serviços é utilizada esta energia e que equipamentos são utilizados pelas famílias para obter estes serviços energéticos. Apenas assim, será possível debater soluções alternativas mais eficientes e que promovam o uso de energia renovável. Consultando o ICESD (INE/DGEG/ADENE, 2021), verifica-se que o acesso a eletricidade não é uma barreira à transição almejada, visto que 99,7% dos alojamentos têm ligação à rede pública. Apenas 2,1% têm produção própria de eletricidade a partir de fontes de energia renovável, no entanto número em franco crescimento. A crescente eletrificação significará a necessidade de atualização da infraestrutura elétrica associada às habitações, seja por via do aumento da capacidade da instalação elétrica da própria fração/edifício, seja por via do aumento da potência solicitada à rede, o que poderá exigir mais investimentos, tipicamente em baixa tensão.

Outro indicador relevante é o tipo de habitação que pode ser um fator de decisão devido ao nível de facilidade na implementação de diferentes soluções, visto que certos sistemas técnicos apenas podem ser implementados em certas tipologias de edifício e/ou podem necessitar de espaço considerável para a instalação. Por outro lado, as restrições verificadas por exemplo em apartamentos, poderão potenciar o recurso a soluções partilhadas ou ganhos de escala pela compra conjunta de equipamentos, como acontece para várias medidas passivas. Em 2020, como observado na Figura 4, cerca de 46,7% da população habitava em apartamentos, 36,5% em vivendas isoladas e cerca de 17% em moradias geminadas (Eurostat, 2023c).

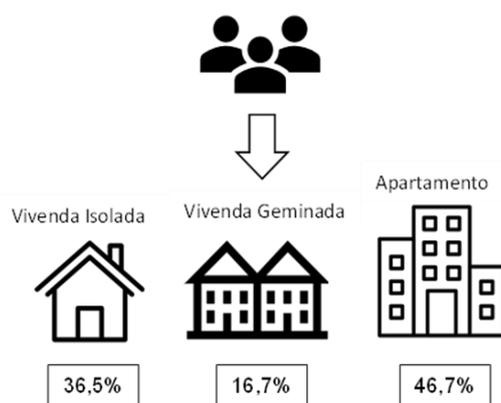


Figura 4 – Distribuição da população por tipo de habitação (Adaptado de Eurostat, 2023c)

Observando a Figura 5, retirada do ICESD 2020, verifica-se que os usos de energia mais relevantes são a cozinha (39,1%), equipamentos eléctricos (32,6%) e o aquecimento de águas (14,9%). O aquecimento do ambiente representa apenas 9,1% do consumo energético. Em 2020, Portugal registou a segunda percentagem mais baixa de aquecimento no consumo de energia final da EU (Eurostat, 2023b), o que poderá ser parcialmente justificado pelo clima ameno, e por uma percentagem significativa da população em pobreza energética escondida (“*hidden energy poverty*”). Descrita por Meyer *et al.* (2018), esta forma de pobreza energética é definida como o gasto energético excessivamente reduzido, uma estratégia dos agregados para evitar contas de energia incompatíveis com o seu orçamento. Este problema é evidenciado nos trabalhos de Rodrigues *et al.* (2019) e Palma *et al.* (2019). Apesar do clima quente no verão, o valor registado para o arrefecimento do ambiente e taxas de posse de equipamentos de arrefecimento não se equipara a outros países com climas semelhantes, como a Grécia, Chipre, Espanha e Malta, sustentado esta hipótese de consumo insuficiente.

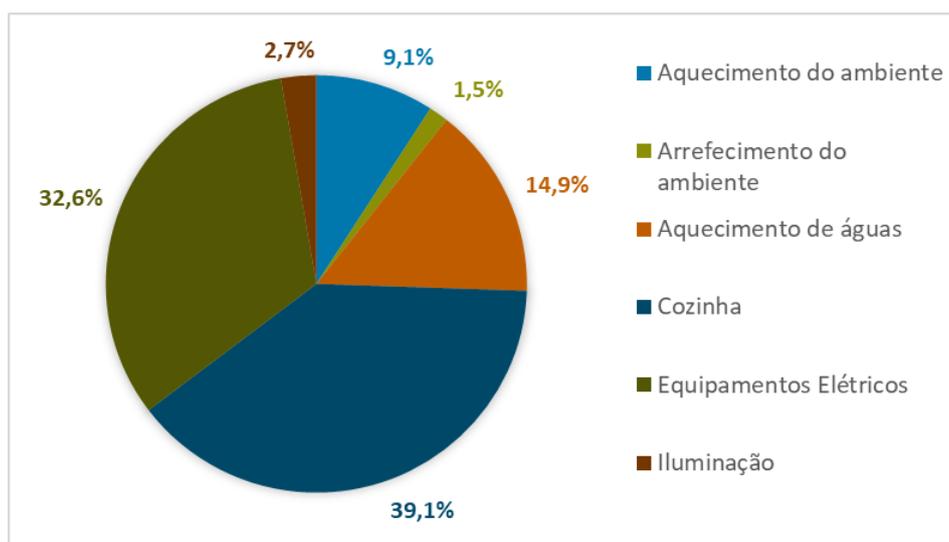


Figura 5 - Desagregação do consumo de energia final nas habitações por tipo de uso (INE/DGEG/ADENE, 2021)

Analisando os usos de energia individualmente, apresentados na Tabela 3 e Tabela 4, observa-se que o aquecimento do ambiente, o aquecimento de águas e o uso de energia na cozinha são ainda fornecidos com considerável utilização de combustíveis fósseis, respetivamente 12%, 80% e 27%. A biomassa é igualmente uma fonte de energia com significativo peso, especialmente para o aquecimento ambiente, 81%, e usos de energia na Cozinha, 19%. É assim necessário examinar, individualmente e a fundo, a origem e forma destes consumos, de forma a traçar uma estratégia para suprimir o primeiro (combustíveis fósseis) e reduzir substancialmente o segundo (biomassa).

Tabela 3 – Desagregação do consumo de energia final nas habitações por fonte de energia e uso (INE/DGEG/ADENE, 2021)

Fonte de energia	Aquecimento do ambiente	Arrefecimento do ambiente	Aquecimento de águas	Cozinha	Equipamentos Elétricos	Iluminação
Eletricidade	8%	100%	3%	53%	100%	100%
Gás Natural	3%	//	36%	10%	//	//
GPL Garrafa	3%	//	33%	15%	//	//
GPL Canalizado	1%	//	7%	2%	//	//
Biomassa	81%	//	8%	19%	//	//
Gasóleo Aquecimento	5%	//	4%	//	//	//
Solar Térmico	0%	//	10%	//	//	//
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabela 4 – Desagregação do consumo de energia final nas habitações por tipo de utilização e fonte de energia (INE/DGEG/ADENE, 2021)

Tipo de Utilização	Eletricidade	Gás Natural	GPL Garrafa	GPL Canalizado	Biomassa	Gasóleo Aquecimento	Solar Térmico
Aquecimento do ambiente	4%	6%	6%	6%	69%	58%	3%
Arrefecimento do ambiente	2%	//	//	//	//	//	//
Aquecimento de águas	1%	62%	52%	66%	6%	42%	97%
Cozinha	43%	32%	42%	29%	25%	//	//
Equipamentos Elétricos	46%	//	//	//	//	//	//
Iluminação	4%	//	//	//	//	//	//
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Para responder aos desafios, importa considerar as alternativas mais eficientes existentes no mercado, que promovam a eletrificação e/ou a utilização de energia de fontes renováveis, tendo em conta as suas características e preços. O levantamento de potenciais soluções apresenta-se na Tabela 5, com identificação das características mais relevantes e preços. Os custos consideram um conjunto de fatores, de acordo com o equipamento e instalação típica, tais como:

- Potência e eficiência;
- Capacidade de acumulação;
- Dificuldade de instalação;
- Necessidade de trabalhos de construção civil.

As principais referências são lojas da especialidade, como lojas de climatização (Enerclima, Sanitop, Macolis), lojas mais generalistas (Worten, Leroy Merlin), e o agregador de lojas “Kuantocusta”. Em termos de instalação foram considerados custos médios de instalação oferecidos como serviços adicionais destas mesmas lojas, sendo que, em alguns casos (e.g. Bombas de calor AQS) foram considerados custos adicionais de construção civil.

Os custos direcionam-se para a aplicação dos equipamentos em edifícios existentes, não entrando em consideração com a instalação de sistemas auxiliares, como os sistemas de distribuição de calor (radiadores de parede, piso radiante, rede de distribuição associada), que se assumem como já instalados. É importante considerar que, esta análise de custos é efetuada de acordo com a situação económica atual, que regista valores de inflação elevados. Os investimentos calculados são um retrato da situação atual, não considerando o desfasamento temporal necessário para uma transformação e adoção tecnológica de grande escala, não considerando também taxas de desconto, nem evolução dos preços futuros, decorrente do desenvolvimento tecnológico e democratização das tecnologias consideradas.

Tabela 5 – Identificação das melhores opções de equipamentos para a transição energética nas habitações (fotografias representativas retiradas dos websites da empresa Leroy Merlin e da Baxi)

Equipamento/ Sistema	Características	Uso	Aplicabilidade	Custos de equipamento e instalação
<p><b>Radiadores elétricos e termoventiladores elétricos</b></p> 	<p>Baixo custo de aquisição/instalação.</p> <p>Facilidade de instalação e movimentação entre divisões. Possibilidade de aquecimento mais pontual face a sistemas centralizados.</p> <p>Baixa eficiência (Efeito de Joule), por exemplo, quando comparados com bombas de calor, leva a elevados consumos energéticos.</p>	<p>Aquecimento ambiente</p>	<p>Podem ser considerados nos casos de frações/edifícios de baixo consumo (NZEB, ZEB) localizadas em zonas de clima ameno, em que, dadas as baixas necessidades energéticas, não se justifique um investimento em equipamentos de aquecimento central mais eficientes.</p> <p>Eventualmente também em situações de uso pontual.</p>	<p>50€ - 150€ por unidade</p> <p>150€ a 450€ fração média</p>
<p><b>Salamandra ou recuperador de calor a Biomassa</b></p> 	<p>Queima mais eficiente de biomassa, quando comparada com a opção "lareira"- de 75% a 90% quando a eficiência teórica das lareiras é de cerca de 15%.</p> <p>Geralmente usados para aquecimento ambiente e também para a produção de águas quentes sanitárias, quando associados a um depósito de água.</p> <p>Utilização de biomassa na forma de <i>pellets</i> facilita o abastecimento, semi-automático ou automático, e aumenta a eficiência. Deve ser sempre utilizado combustível com certificação de origem sustentável.</p> <p>Incerteza associada ao preço de venda do combustível, com aumento significativo no mercado europeu nos últimos tempos.</p> <p>Também associada a problemas de qualidade do ar interior/exterior, como já referido.</p>	<p>Aquecimento ambiente</p>	<p>Equipamento substituto natural das lareiras, visto muitas vezes ser possível a integração no espaço existente, para efeitos de admissão de ar e exaustão de gases.</p> <p>Mesmo com abastecimento automático, exige sempre esforço de limpeza das cinzas produzidas e maior manutenção do equipamento. Não tão indicado para apartamentos pela logística associada.</p>	<p>800€ a 3 000€</p>

<p><b>Caldeira a Biomassa</b></p> 	<p>Queima tipicamente mais eficiente, que a salamandra e recuperadores, e mais controlada. Abastecimento mais comuns com <i>pellets</i>, e sistema de alimentação semi-automática ou automática. Utiliza, para distribuição do calor, sistemas de radiadores de parede.</p> <p>Eficiências a partir de 85%, sendo que também podem ser do tipo “condensação” com eficiências acima de 100%.</p> <p>Também podem ser utilizadas para a produção de águas quentes sanitárias, quando associadas a um depósito de água.</p>	<p>Aquecimento ambiente; AQS</p>	<p>Podem ser utilizadas para substituir caldeiras existentes a combustíveis fósseis (gás, gasóleo), fornecendo o mesmo serviço energético.</p> <p>Tal como nas salamandras e recuperadores, questão do abastecimento pode comprometer aplicabilidade a certas tipologias.</p>	<p>3 000€ a 5 000€</p>
<p><b>Ar condicionado (Bomba calor Ar-Ar)</b></p> 	<p>Princípio de funcionamento da bomba de calor, tipicamente com sistemas “Ar-Ar” e instalações de expansão direta - mono-split ou multi-split.</p> <p>Elevada Eficiência, com SCOP e SEER próximos de 6 ou 7, nas condições ideais. Com temperaturas extremas a eficiência baixa de forma significativa.</p> <p>Facilidade de instalação (split e mono-split) quando comparado com bombas de calor para radiadores ou piso radiante, sobretudo em edifícios existentes, sem infraestrutura de distribuição de calor.</p> <p>Associado a alguns problemas de qualidade do ar/alergias, por falta de manutenção e limpeza de filtros de ar.</p>	<p>Aquecimento e arrefecimento ambiente</p>	<p>Solução mais acessível e de fácil instalação para edifícios existentes, necessitando apenas de espaço de fachada (e por vezes autorização de condomínio) para instalação de unidade exterior.</p> <p>Apropriado para ocupações mais pontuais (fim de dia), como as de muitas famílias, com celeridade no atingir o nível de conforto por efeito de convecção, comparativamente com sistemas radiantes. No entanto, qualidade de conforto inferior à de sistemas radiantes.</p>	<p>600€ - 1 000€ unidade split (9 000 a 12 000BTU, 20 a 35m<sup>2</sup>)</p> <p>2 000€ - 4 000€ fração média (e.g. 27 000 a 36 000BTU, 60 a 100m<sup>2</sup>)</p>
<p><b>Bomba de calor exclusiva para AQS (águas quentes sanitárias)</b></p> 	<p>Alternativa ao termoacumulador, representa um investimento cerca de 5 vezes superior.</p> <p>Mais frequentes que as restantes bombas de calor, e de menor investimento, trabalham tipicamente até temperaturas de 63°C, e têm resistência elétrica para temperaturas superiores.</p> <p>Eficiências (COP) entre 3 e 4.</p> <p>Podem ser sistemas compactos, com todo o equipamento integrado na mesma unidade, ou com dois equipamentos interior e exterior, sendo as trocas realizadas através de fluidos frigorígenos entre os dois.</p>	<p>AQS</p>	<p>Em edifícios existentes, na substituição de esquentadores ou termoacumuladores.</p> <p>Dada a necessidade de espaço, mais fáceis de integrar em moradias do que apartamentos, que exigem mais obras de adaptação.</p> <p>Contudo já existem soluções compactas, por exemplo as soluções híbridas, ou as soluções com unidade exterior, que poupam espaço interior na habitação.</p>	<p>Bombas de calor AQS convencionais: 1 500 a 3 000€</p>

	<p>Por vezes necessitam de obras de adaptação, dada a necessidade de espaço interior/exterior (zona técnica) para instalação ou, pelo menos, possibilidade de ligação ao exterior.</p>		<p>Mercado atual tem alguma distribuição entre a utilização em apartamentos e moradias, dada a diversidade de equipamentos.</p>	
<p><b>Termoacumulador híbrido</b></p> 	<p>Solução híbrida, de menor dimensão (80 a 100 litros), com menos potência que uma bomba de calor (cerca de metade da convencional) e que funcionam parte do tempo como termoacumulador.</p> <p>Designado por <i>termoacumulador híbrido</i>, são cerca de 50% menos eficientes que as bombas de calor convencionais, mas são mais baratos, ocupam menos espaço e sem obrigatoriedade de ligação ao exterior.</p>	<p>AQS</p>	<p>Para locais que não têm espaço disponível e dificuldade de ligação ao exterior. Podem utilizar ar interior da habitação para trocas de calor, sem causar desconforto.</p>	<p>1 000 a 1 300€</p>
<p><b>Bomba de calor</b></p>  	<p>Elevado investimento, tanto no equipamento como por vezes na instalação.</p> <p>Se de baixa temperatura (50-60°C) alimentam piso radiante e são mais eficientes com COPs próximos de 5.</p> <p>Se de alta temperatura (70-80°C) alimentam radiadores de parede e são menos eficientes. Podem também produzir águas quentes sanitárias, em paralelo com depósito de AQS. Eficiências (COP) entre 3 e 4.</p> <p>Ao contrário dos típicos sistemas Ar-Ar para habitação, designados por “Ar Condicionado”, permitem alguma acumulação de energia (depósitos de inércia), por exemplo, para tirar maior proveito de energia fotovoltaica.</p> <p>Uso típico exclusivo para aquecimento. Se reversíveis, podem ser utilizadas para baixas necessidades de arrefecimento (piso radiante).</p> <p>Necessidade de espaço interior/exterior (zona técnica) para instalação ou, pelo menos, possibilidade de ligação a exterior.</p>	<p>Aquecimento ambiente centralizado e AQS</p>	<p>Em edifícios existentes, na substituição de caldeiras a combustíveis fósseis ou biomassa.</p> <p>Dada a necessidade de espaço, mais fáceis de integrar em moradias do que apartamentos, que exigem mais obras de adaptação. O mercado atual é sobretudo associado a moradias.</p> <p>Em edifícios novos, desde que exista planeamento (zona técnica e condutas de ventilação), adaptáveis aos espaços (por fração ou coletivas). O elevado valor atual da construção (€/m<sup>2</sup>) é uma condicionante.</p> <p>Contudo já existem soluções compactas, pensadas para apartamentos, em que a unidade interior ocupa o mesmo espaço que uma caldeira, sendo o grande volume ocupado pela unidade exterior.</p>	<p>Aquecimento ambiente exclusivo (baixa ou alta temperatura): 5 000€ a 8 000€</p> <p>Aquecimento ambiente e AQS (alta ou baixa temperatura): 7 000€ a 11 000€</p>

<p><b>Solar térmico</b></p> 	<p>Permite o aproveitamento do calor proveniente do Sol para o aquecimento de águas, tipicamente para AQS, mas também, por vezes, para o aquecimento ambiente.</p> <p>Podem-se considerar 2 tipos de sistemas, em termos de posicionamento do depósito de acumulação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Termossifão</li> <li>• Circulação forçada.</li> </ul> <p>Tipicamente funcionam com apoio por resistência elétrica no depósito de acumulação, mas também podem estar associados a bombas de calor.</p>	<p>AQS</p>	<p>Implica disponibilidade de espaço na cobertura e orientação da cobertura preferencialmente no quadrante sul.</p> <p>Sistema termossifão apesar de tipicamente menos eficiente e menos duradouro, dado o depósito estar no exterior, permite poupança de espaço no interior da habitação.</p> <p>Sistema de circulação forçada, necessita de bombagem para circulação do fluido de transferência de calor.</p> <p>Tempo de vida útil de cerca de 15 a 20 anos, sendo que, necessidades de manutenção podem ser críticas para o atingir.</p>	<p>3 000 a 4 500€ (200 a 300 litros)</p>
<p><b>Solar fotovoltaico (apoio de Bombas de Calor)</b></p> 	<p>Produção de energia elétrica a partir da radiação solar.</p> <p>Considerado aqui como apoio a sistemas de aquecimento ambiente ou AQS, especificamente bombas de calor.</p> <p>Para um melhor aproveitamento do recurso solar, deve ser dimensionada de acordo com usos, uma determinada capacidade de acumulação de energia em depósitos de AQS e/ou inércia.</p>	<p>Aquecimento e arrefecimento o ambiente; AQS; outros usos</p>	<p>Relativa facilidade de instalação e poucas necessidades de manutenção, quando comparado com energia solar térmica.</p> <p>Vantagem, face à energia solar térmica, de energia excedente poder ser utilizada em outros usos da habitação, ou injetada na rede.</p> <p>Tempo de vida útil médio de cerca de 25 anos, com decaimento da produção para 80% da inicial.</p>	<p>2 200 a 3 400€ (1,5 a 3kW)</p>
<p><b>Placa de indução</b></p> 	<p>Placa elétrica de indução</p> <p>Potência máxima aproximadamente 7000W</p>	<p>Cozinha</p>	<p>As placas de indução transferem diretamente a energia para o fundo magnético dos tachos e panelas, o que resulta no aquecimento mais rápido e eficiente.</p> <p>De fácil instalação, pode ser efetuada pelo utilizador. Eventual necessidade de reforço de potência da instalação elétrica na zona da cozinha.</p>	<p>111€ - 699€</p>

<p><b>Forno Elétrico</b></p> 	<p>Forno elétrico com potência máxima entre 1450-3000W.</p>	<p>Cozinha</p>	<p>Solução mais eficiente que o forno a gás e mais segura.</p> <p>Semelhante ao forno a gás.</p> <p>Fácil instalação, pode ser efetuada pelo utilizador.</p>	<p>212€ - 1 349€</p>
<p><b>Fogão a lenha</b></p> 	<p>Fogão a lenha com potência média 8000W</p>	<p>Cozinha</p>	<p>Versão mais moderna e eficiente, com saída de fumos.</p>	<p>1 000€ - 1 500€</p>
<p><b>Lâmpadas LED</b></p> 	<p>As lâmpadas LED tornam cerca de 70% da eletricidade em luz, sendo mais eficientes que as lâmpadas tradicionais. Não utilizam elementos nocivos para o meio ambiente como chumbo, mercúrio e cádmio.</p>	<p>Iluminação</p>	<p>Fácil instalação pelo próprio utilizador.</p>	<p>1,2€- 14€</p>

### 3.1 Aquecimento de Espaços

Analisando o aquecimento de espaços: 3% da energia advém de GPL de garrafa (representando 6% do total de GPL de garrafa); 1% do GPL canalizado (correspondendo a 6% de todo o consumo de GPL canalizado); 3% de gás natural (6% do consumo total de gás natural); 5% de gasóleo de aquecimento (58% do consumo total deste combustível); e 81% de biomassa (69% do consumo total de biomassa).

Não existe informação desagregada, que faça ligação direta destas parcelas de consumo aos equipamentos existentes, para perceber qual a importância real de cada tipo de equipamento no consumo de energia final e da sua potencial eficiência, mas o ICESD fornece informação sobre o stock de equipamentos por tipo de equipamento utilizado nas habitações portuguesas (Tabela 6). Cerca de 81,6% utilizaram equipamentos para aquecimento ambiente e as percentagens da tabela correspondem aos equipamentos encontrados em alojamentos com algum tipo de equipamento, e não ao *stock* total de alojamentos.

De todos os equipamentos, a caldeira para aquecimento central por circulação de água e o aquecedor a GPL em garrafa serão os que utilizam combustíveis fósseis no seu funcionamento, embora a caldeira possa também ser a lenha, visto que o combustível não é especificado. Os dados parecem não estar em consonância com os valores de consumo, visto que existe uma taxa de posse de equipamentos que utilizam combustíveis fósseis de aproximadamente 23,6% (dado que as caldeiras para aquecimento central usam principalmente este tipo de combustível) e apenas 12% do consumo corresponde a estes combustíveis. Isto poderá dever-se a diferentes hábitos de consumo, por os consumidores de equipamentos a combustíveis usarem os equipamentos mais esporadicamente, ou poderá também advir da metodologia do próprio ICESD, nomeadamente, da distribuição de consumos entre aquecimento ambiente e aquecimento de águas quando na presença de equipamentos de produção mista (e.g. caldeiras). No entanto, os cálculos efetuados utilizam os números providenciados pelo ICESD, visto serem as melhores estimativas disponíveis.

*Tabela 6 – Número de equipamentos totais e por alojamento por tipo de equipamento de aquecimento de espaços (INE/DGEG/ADENE, 2021)*

Tipo de Equipamento	N.º de equipamentos		N.º de equipamentos por alojamento
	N.º	%	equip/aloj
Lareira aberta	543 055	15,0	1,0
Lareira com recuperador de calor	874 442	24,2	1,0
Salamandra	339 235	9,3	1,0
Caldeira para aquecimento central por circulação de água	587 305	16,6	1,0
Aquecedor elétrico independente	3 662 607	64,8	1,6
Aquecedor a GPL garrafa	264 231	7,0	1,1
Painel solar térmico	5 371 §	0,2	1,0
Bomba de calor só para aquecimento	38 659 §	1,1	1,0
Ar Condicionado que aquece e arrefece (Bombas de calor)	1 355 786	19,2	2,0

Com esta informação de enquadramento, figuram-se três desafios conectados aos seguintes objetivos:



**O que é necessário para eliminar o consumo de combustíveis fósseis para Aquecimento de Espaços nas habitações?**



**Como aumentar o uso de energia de fontes renováveis para Aquecimento de Espaços nas habitações?**



**O que é necessário para aumentar a eficiência energética dos equipamentos para Aquecimento de Espaços nas habitações?**

Note-se que, as garrafas a GPL são 100% gás mas o mesmo não pode ser dito das caldeiras. Utilizando o número de equipamentos instalados, as eficiências retiradas de Palma et al. (2019), as percentagens de consumo da biomassa e combustíveis fósseis do valor de consumo total, efetuou-se um cálculo para estimar a percentagem de caldeiras que utilizam um ou outro combustível. O resultado ditou um total de aproximadamente 38% de caldeiras a gás e 62% a lenha.

Partindo do pressuposto que são sistemas de aquecimento central devem, portanto, ser substituídos por outros sistemas de aquecimento central. As bombas de calor são destacadas, nos vários documentos estratégicos, como uma alternativa viável para fornecer calor nas habitações de forma mais eficiente. No caso particular de moradias, a bomba de calor multifunção, apoiada por um sistema fotovoltaico, é uma solução de investimento inicial considerável, mas que assegura aquecimento central a baixos custos, podendo igualmente aquecer águas domésticas para banhos. Seria necessário substituir cerca de 223 176 caldeiras, com um custo médio por habitação de 8 900€, o que significaria um investimento total na ordem dos 1 986 M€.

No que respeita aos aquecedores a GPL, visto que é um sistema móvel e que apenas aquece uma divisão, os agregados têm por vezes mais que um equipamento deste tipo na sua casa, e pode estar presente nas várias tipologias de habitação. Uma solução eficiente de substituição poderá ser a bomba de calor ar-ar multi-split, com 2 unidades, e um custo médio por habitação de 1 800€. A substituição das atuais 264 231 unidades implicaria um investimento total de cerca de 476M€.

**Resposta 1 aos desafios**



- Instalação de 223 176 BOMBAS DE CALOR MULTIFUNÇÃO NECESSÁRIAS + 264 231 BOMBAS DE CALOR AR-AR || **2 462 M€ INVESTIMENTO NECESSÁRIO**

Os equipamentos a biomassa têm uma elevada penetração nas habitações portuguesas. As lareiras abertas, com recuperadores de calor e as salamandras, embora tenham níveis distintos de eficiência energética e de eficácia de exaustão de gases para preservação da qualidade do ar interior, são normalmente alternativas menos favoráveis às melhores opções do mercado. Desta forma, coloca-se o seguinte desafio:



**Como reduzir o consumo de biomassa para aquecimento das habitações?**

Analisando as soluções existentes, as mesmas soluções consideradas para os combustíveis fósseis apresentam-se, novamente, como vantajosas. Uma resposta a considerar seria de terminar com o uso de biomassa para aquecimento de espaços na totalidade das habitações e, para tal, seria necessário substituir todo o parque existente de equipamentos a biomassa,

constituído por 2 120 861 equipamentos. Para o caso das caldeiras a biomassa, estas podem ser substituídas por uma bomba de calor multifunção e, para os restantes equipamentos (lareiras e salamandras), são indicadas as bombas de calor multi-split de duas unidades, com os mesmos custos já indicados. Isto implicaria um investimento médio em novos equipamentos de respectivamente 3 241 M€ e 3 162 M€.

### Resposta 2 aos desafios

- 364 129 BOMBAS DE CALOR MULTIFUNÇÃO + 1 756 732 BOMBAS DE CALOR AR-AR || **6 403 M€ INVESTIMENTO**

Por outro lado, existem segmentos da população com maior dificuldade de adaptação a novos equipamentos e realidades, afetando sobretudo os mais idosos. A substituição de lareiras por bombas de calor implicaria também um investimento em campanhas de informação e apoio a estes grupos, de forma a que esta transição ocorra de forma justa e harmoniosa. Como já referido, poderão inclusive usufruir de biomassa de forma gratuita contribuindo, desta forma, para a redução da sua vulnerabilidade. Por estas razões, e em alternativa, poder-se-ia também equacionar substituir os equipamentos a biomassa menos eficientes pelos mais eficientes e seguros do mercado.

Não existem dados para caracterizar o consumo e disponibilidade de biomassa ou identificar as condições dos agregados que a consomem. Parte-se do pressuposto que, os equipamentos a biomassa são principalmente utilizados nas áreas predominantemente rurais e mediantemente urbanas, cuja população, com idade acima dos 65 anos, é de cerca de 712 052 (INE, 2020). Segundo os dados do INE, para 2020, a média de ocupação dos alojamentos em Portugal é de 2,49. Desta forma, esta população corresponde a 285 965 alojamentos, o que equivaleria ao mesmo número de equipamentos. Priorizando a substituição de lareiras abertas, o equipamento menos eficiente, por recuperadores de calor instalados no mesmo local, o investimento necessário para adquirir o mesmo número de recuperadores de calor, neste caso alimentados a lenha, seria cerca de 472 M€ (custo médio por habitação de 1 650€). A este valor acresce o valor de investimento em bombas de calor multifunção e do tipo ar-ar para as restantes habitações.

### Resposta 3 aos desafios

- 364 129 BOMBAS DE CALOR MULTIFUNÇÃO + 1 470 767 BOMBAS DE CALOR AR-AR + 285 965 RECUPERADORES DE CALOR || **6 360 M€ INVESTIMENTO**

Outra possível abordagem seria, identificar os agregados que dependem de biomassa e que estejam em situação de carência económica ou pobreza energética. Desta forma, pode ser utilizado o indicador do INE “Taxa de sobrecarga das despesas em habitação”, que corresponde a agregados cuja carga das despesas associadas à habitação é superior a 40%. Esta taxa é de 5,1% e 4,1%, respetivamente, em Áreas mediantemente urbanas e Áreas predominantemente rurais, o que perfaz um total de população de 32 489 pessoas e um número de alojamentos e equipamentos a substituir de 13 048. Esta substituição resulta numa necessidade de investimento de cerca de 22 M€. Nas últimas duas opções, para os agregados que continuariam a ter um sistema a biomassa, não seria necessário o trabalho de apoio, visto que o sistema teria um funcionamento semelhante.

## Resposta 4 aos desafios

- 364 129 BOMBAS DE CALOR MULTIFUNÇÃO + 1 743 684 BOMBAS DE CALOR AR-AR + 13 048 RECUPERADORES DE CALOR || **6 401 M€ INVESTIMENTO**

Relativamente ao objetivo de aumento de eficiência energética, uma aposta na substituição de equipamentos menos eficientes, como os aquecedores elétricos independentes, pode representar um relevante contributo para o seu cumprimento, no que respeita ao setor doméstico, especialmente tendo em conta que estes aquecedores representam já o equipamento mais utilizado para aquecimento de espaços. Em algumas habitações, existe mais do que um equipamento deste tipo, e por isso não foi considerada a substituição de todos estes equipamentos, mas sim a instalação de um equipamento alternativo por habitação, que substituí todos os aquecimentos elétricos existentes na habitação. Assim, recorreu-se ao número de aquecedores elétricos independentes por habitação, para calcular o número de habitações onde deve ocorrer a substituição, e determinou-se um total de 2 289 129. Foi assim considerada a bomba de calor ar-ar multi-split de 2 unidades como a opção mais favorável, o que resulta num investimento total de 4 120 M€. É possível que, este valor seja na realidade mais baixo, visto que as habitações podem ter aquecedores elétricos independentes e também bombas de calor ar-ar instaladas.

## Resposta 5 ao desafio

- 2 289 129 BOMBAS DE CALOR AR-AR || **4 120 M€ INVESTIMENTO**

### 3.2 Águas Quentes Sanitárias

Nas águas quentes sanitárias (AQS), o *mix* energético é o seguinte: 33% da energia advém de GPL de garrafa (representando 52% do total de GPL de garrafa); 7% do GPL canalizado (correspondendo a 66% de todo o consumo de GPL canalizado); 36% de gás natural (6 2% do consumo total de gás natural), e 8% de biomassa (6% do consumo total de biomassa). Proveniente do ICESD, o *stock* de equipamento por tipo e percentagem de alojamentos com algum tipo de equipamento de aquecimento de águas, que neste caso corresponde a 100% dos alojamentos, onde se encontrou pelo menos um desses sistemas, pode ser consultado na Tabela 7.

Tabela 7 – Número de equipamentos totais e por alojamento por tipo de equipamento de aquecimento de águas (INE/DGEG/ADENE, 2021)

Tipo de Equipamento	Equipamentos	Alojamentos	N.º de equipamentos por alojamento
	N.º	%	equip/aloj
Esquentador	2 962 254	67,3	1,0
Termoacumulador	756 816	16,7	1,1
Caldeira	717 253	16,7	1,0
Sistema solar térmico	342 629	8,0	1,0
Bomba de calor	32 884 §	0,8	1,0
Outro	39 589	0,9	1,0

O consumo de eletricidade, apenas 3% do consumo de energia total, parece contrastar com os valores de taxa de posse de equipamentos de base elétrica que totaliza 17,5%,

respectivamente, 16,7% em termoacumuladores e 0,8% em bombas de calor AQS. É especialmente evidente, quando comparado com o consumo para biomassa (8% do total), sendo que, apenas a caldeira, presente em 16,7% das habitações, utiliza a biomassa e este equipamento pode igualmente funcionar a gás. É possível que, a maior eficiência dos equipamentos a eletricidade justifique parcialmente estes valores, mas poderá também resultar de uma questão metodológica do ICESD, na distribuição de consumos ambiente e AQS, quando na presença de equipamentos de produção mista, como as caldeiras.

Dos equipamentos encontrados nas habitações portuguesas, os que utilizam combustíveis fósseis são o esquentador, que é o sistema predominante, geralmente funcionando a gás natural ou GPL, e a caldeira, que poderá utilizar gás, eletricidade, gasóleo de aquecimento ou lenha. No que diz respeito às caldeiras, em 60,4% dos alojamentos estas encontravam-se ligados ao sistema de aquecimento central, cuja substituição foi já analisada no ponto anterior. Os termoacumuladores, embora predominantemente eléctricos, podem igualmente funcionar a gás. Três desafios surgem na sequência deste enquadramento:



**O que é necessário para eliminar o consumo de combustíveis fósseis para AQS nas habitações?**



**Como aumentar o uso de energia de fontes renováveis para AQS nas habitações?**



**O que é necessário para aumentar a eficiência energética dos equipamentos para AQS nas habitações?**

A análise da substituição dos equipamentos de AQS enfrenta uma barreira importante, tal como a análise dos equipamentos de aquecimento de espaço, que é a falta de dados e subsequente desconhecimento do número de equipamentos por tipo de combustível utilizado, apenas se conhecendo os valores agregados de consumo e número de equipamentos, com mínima desagregação regional (NUTS1).

A eletricidade representa 3% do consumo total para AQS, mas, o número de bombas de calor que no país funcionam a eletricidade praticamente de forma exclusiva, representam menos de 1% do stock total, e são equipamentos altamente eficientes. Assume-se também que, os termoacumuladores sejam responsáveis pela restante porção da eletricidade, embora a elevada percentagem de penetração destes equipamentos (16,7%), sugira que não se esteja a contemplar devidamente o contributo dos termoacumuladores no consumo de energia para AQS. É possível que, parte do *stock* possa funcionar a gás natural ou GPL embora seja uma percentagem residual. Considerou-se também que 100% dos esquentadores funcionam a gás.

Considerando que a biomassa representa 8% do consumo, e os combustíveis fósseis representam 80%, e assumindo uma eficiência de 88% para os esquentadores, 75% para caldeiras a gasóleo ou gás e 70% para biomassa, foi efetuado um cálculo para estimar o número de caldeiras a biomassa. Foi estimado um número equivalente a 60% das caldeiras a funcionarem a combustíveis fósseis e as restantes a biomassa. Esta elevada percentagem de caldeiras a biomassa é justificada também pelo acesso mais fácil e barato à biomassa, geralmente utilizadas em regiões do país com maiores necessidades de aquecimento, pelo que se prevê consumos médios superiores, mas menores eficiências. Cerca de 60,4% destas caldeiras estão integradas em sistema de aquecimento central, cuja substituição já foi considerada no passo anterior. Isto significa que, é necessário substituir todos os esquentadores e ainda 39,6% das caldeiras, ou seja, substituir 170 419 caldeiras e 2 962 254 esquentadores, perfazendo um total de 3 132 673 equipamentos de AQS a substituir.

Duas soluções afiguram-se como as mais favoráveis para a tipologia de vivenda. A primeira opção é o solar térmico, com sistema *back-up* de resistência elétrica, que assegura a produção de AQS segura e consistente, diretamente baseada em energia renovável durante todo o ano. Estes painéis são testados para condições padrão de 1 000 kWh/m<sup>2</sup> e, em Portugal, dado que a irradiação solar ultrapassa os 1 400 kWh/m<sup>2</sup> (Global Solar Atlas, 2023) em todas as regiões do país, estes painéis poderão ter um desempenho geral aceitável em todo o país, embora no Inverno a utilização do sistema de *back-up* possa ser uma realidade. A elevada adopção destes sistemas está alinhada com os cenários futuros do RNC 2050, que estimava um total de 90% da energia para AQS proveniente de solar térmico, com a vantagem de não ser necessário espaço interior na habitação, nomeadamente, para os sistemas termossifão. Este sistema tem, no entanto, limitações no que respeita à regulação de funcionamento e dificuldade de manutenção, que se não for efetuada reduz significativamente o desempenho do sistema.

Se se tratar de um apartamento, considerando as dificuldades acrescidas na instalação do solar térmico, a opção do termoacumulador híbrido (termoacumulador 50% mais eficiente por combinar resistência com bomba de calor) será a solução mais fácil de integrar, visto que não necessita de espaço técnico considerável. Considerando que algumas opções atuais de bombas de calor necessitam de um espaço que pode estar disponível em parte dos apartamentos, considera-se igualmente esta opção para a referida tipologia.

Não sendo possível verificar em que tipologia de habitação se encontram instalados estes equipamentos, considerou-se a mesma proporção de habitações por tipologia, 53,3% vivendas e 46,7% apartamentos, para a substituição dos esquentadores. Para os apartamentos assumiu-se que, 40% são substituídos por bomba de calor AQS, com custo médio de 2400€, e os restantes 60% por termoacumuladores híbridos, de custo 1150€. Para as vivendas, os esquentadores são substituídos por sistemas de solar térmico. Assumiu-se que todas as caldeiras estão instaladas em vivendas devido ao espaço que ocupam, sendo desta forma substituídas por solar térmico, de custo 3 750€ por unidade. Assim, será necessário um investimento total de 8 842 M€, para instalar 1 749 300 (170419 + 1 578 881) sistemas solares térmicos, 830 024 termoacumuladores híbridos e 553 349 bombas de calor AQS.



### Resposta 6 aos desafios

- 1 749 300 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS + 830 024 TERMOACUMULADORES HÍBRIDOS + 553 349 BOMBAS DE CALOR AQS || **8 842 M€ INVESTIMENTO**

Outra solução a considerar, em alternativa ao solar térmico, sobretudo nas habitações com mais espaço para zona técnica, é a instalação de bombas de calor AQS, com apoio por sistema fotovoltaico. Neste caso, além da menor exigência de manutenção do sistema, é possível fazer um melhor aproveitamento do potencial renovável, face ao excedente de energia “térmica” do sistema solar térmico que, neste caso do fotovoltaico, pode ser injetado na rede ou ser direcionada para outros usos da casa. É, no entanto, uma solução de custo mais elevado, cerca de 4 600 € por habitação. Neste cenário, considera-se a instalação de 1 749 301 bombas de calor AQS com apoio de sistema fotovoltaico, 830 000 termoacumuladores híbridos e 553 349 bombas de calor AQS.



### Resposta 7 aos desafios

- 1 749 300 BOMBAS DE CALOR C/ SOLAR FOTOVOLTAICO + 830 024 TERMOACUMULADORES HÍBRIDOS + 553 349 BOMBAS DE CALOR AQS || **10 329 M€ INVESTIMENTO**

Uma opção mista entre as duas já elencadas, seria considerar a instalação em 50% das vivendas de solar térmico e nos restantes 50% bombas de calor AQS com fotovoltaicos nas vivendas. Idealmente seria efetuada uma análise prévia para identificar que vivendas teriam as características mais adequadas para uma e outra solução. Nestas circunstâncias, seria então necessário instalar em vivendas 874 650 sistemas solares térmicos e o mesmo número de bombas de calor AQS com apoio de sistema fotovoltaico, e nos apartamentos 830 000 termoacumuladores híbridos e 553 349 bombas de calor AQS.

### Resposta 8 aos desafios



- 874 650 BOMBAS DE CALOR AQS C/SOLAR FOTOVOLTAICO + 874 650 SOLAR TÉRMICO (VIVENDAS) + 830 024 TERMOACUMULADORES HÍBRIDOS + 553 349 BOMBAS DE CALOR AQS (APARTAMENTOS) || **9 586 M€ INVESTIMENTO**

Existe ainda, um considerável parque de termoacumuladores que representa um potencial inexplorado no que respeita ao aumento de eficiência energética e aumento da energia renovável no AQS. Este potencial está associado, principalmente, às tipologias de vivenda, visto que nestas tipologias podem ser instaladas soluções como as bombas de calor e solar térmico. Nas tipologias de apartamento, existe também algum potencial de melhoria de eficiência energética através da substituição por termoacumuladores híbridos e bombas de calor AQS, na proporção 60/40. Desta forma, propõe-se uma solução mista, em que os termoacumuladores em vivendas são substituídos em 50% por sistemas solares térmicos e 50% por bombas de calor com apoio de painéis fotovoltaicos. A proporção de termoacumuladores nas tipologias, é considerado como idêntico à proporção de habitações por tipologia, como efetuado em respostas anteriores.

### Resposta 9 aos desafios



- 201 691 BOMBAS DE CALOR AQS C/SOLAR FOTOVOLTAICO + 201 691 SOLAR TÉRMICO (VIVENDAS) + 212 060 TERMOACUMULADORES HÍBRIDOS + 141 373 BOMBAS DE CALOR AQS (APARTAMENTOS) || **2 267 M€ INVESTIMENTO**

---

Estima-se que 40% das caldeiras AQS funcionam ainda a biomassa, colocando-se as mesmas questões levantadas para o caso do aquecimento de espaços e um desafio semelhante.



### Como reduzir o consumo de biomassa para AQS nas habitações?

Considera-se que, todas as caldeiras a biomassa estão instaladas em vivendas, devido ao espaço que requerem. Do parque de caldeiras a biomassa (40% de todas as caldeiras para AQS), apenas 39,6% são consideradas, visto que as restantes já são sistemas mistos para AQS e aquecimento de espaços. Desta forma, o número total de caldeiras a biomassa apenas para AQS é de 113 612. Tendo em conta o potencial papel relevante da biomassa no combate à pobreza energética em certas regiões em Portugal, e fazendo face à falta de dados para caracterizar os consumidores de biomassa no país, poderá aplicar-se uma metodologia semelhante à utilizada no aquecimento de espaços, para identificar a percentagem da população possivelmente mais vulnerável e usufrutuária de lenha gratuita, optando-se, nestes casos, por substituir os equipamentos existentes por outros mais eficientes, sem alterar a

fonte de energia. Assim sendo, 13 048 equipamentos seriam substituídos por caldeiras a biomassa mais eficientes (4150€ a unidade) e os restantes 100 564 seriam substituídos por sistemas solares térmicos. O investimento seria de 431 M€ (54 M€ + 377 M€). Outra possibilidade seria a instalação de bombas de calor AQS com solar fotovoltaico, como já testado anteriormente. Esta opção resultaria num investimento ligeiramente superior de 517 M€ (54 M€ + 463 M€). À semelhança do exercício anterior para os combustíveis fósseis, uma solução mista pode igualmente ser testada, com 50% de solar térmico e 50% de bombas de calor com solar fotovoltaico, atingindo um investimento total de 473 M€.

**Resposta 10 aos desafios**   

- 13 048 CALDEIRAS A BIOMASSA + 100 564 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS || **431 M€ INVESTIMENTO**

**Resposta 11 aos desafios**   

- 13 048 CALDEIRAS A BIOMASSA + 100 564 BOMBAS DE CALOR AQS C/SOLAR FOTOVOLTAICO || **517 M€ INVESTIMENTO**

**Resposta 12 aos desafios**   

- 13 048 CALDEIRAS A BIOMASSA + 50 282 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS + 50 282 BOMBAS DE CALOR AQS C/SOLAR FOTOVOLTAICO || **474 M€ INVESTIMENTO**

Pode-se também argumentar a favor da substituição de todas as caldeiras por sistemas solares térmicos, visto que estes trabalham de forma independente, e não requerem conhecimento operacional, tendo em conta o considerável potencial solar em várias regiões do país. O mesmo pode ser testado para as bombas de calor com apoio de solar fotovoltaico, bem como a solução mista.

**Resposta 13 aos desafios**   

- 113 613 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS || **426 M€ INVESTIMENTO**

**Resposta 14 aos desafios**   

- 113 613 BOMBA DE CALOR AQS C/SOLAR FOTOVOLTAICO || **523 M€ INVESTIMENTO**

**Resposta 15 aos desafios**   

- 56 807 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS + 56 807 BOMBA DE CALOR AQS C/SOLAR FOTOVOLTAICO || **474 M€ INVESTIMENTO**

### 3.3 Cozinha

Na cozinha, o mix energético é o seguinte: 15% da energia advém de GPL de garrafa (representando 42% do total de GPL de garrafa); 2% do GPL canalizado (correspondendo a

29% de todo o consumo de GPL canalizado); 10% de gás natural (32% do consumo total de gás natural), e 19% de biomassa (25% do consumo total de biomassa). Proveniente do ICESD, o *stock* de equipamentos por tipo de equipamento e percentagem de alojamentos com algum tipo de equipamento de cozinha são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Número de equipamentos totais e por alojamento por tipo de equipamento de confecção de alimentos (INE/DGEG/ADENE, 2021)

Tipo de Equipamento	Equipamentos	Alojamentos	N.º de equipamentos por alojamento
	N.º	%	equip/aloj
Fogão com forno	2 353 429	52,0	1,1
Placa (fogão sem forno)	2 310 450	51,6	1,0
Forno independente	2 326 200	51,6	1,1
Robot de cozinha	626 423	13,9	1,1
Fogareiro, grelhador, churrasqueira	2 044 498	45,0	1,1
Lareira	321 373	7,2	1,0

Tal como acontece para outro tipo de equipamentos, não há informação sobre o número de equipamento por tipo e por fonte de energia simultaneamente. Não há, igualmente, informação relativa à eficiência energética dos equipamentos. É, no entanto, seguro afirmar que os robôs de cozinha são fornecidos exclusivamente por eletricidade e as lareiras por biomassa. Fogões, placas, fogareiros, grelhadores, e churrasqueiras podem funcionar a eletricidade, gás ou biomassa. Considera-se que, os fogareiros, grelhadores e churrasqueiras são utilizados de forma consideravelmente mais esporádica e principalmente na época do verão, não sendo, portanto, considerados no cálculo. O foco vira-se então para os fogões, placas e fornos que juntos formam um parque de 6 990 079 equipamentos. Considerou-se que, as placas e fornos independentes utilizam gás ou eletricidade mas, tendo em conta a percentagem considerável no *mix* energético, assumiu-se que, em relação aos fogões, estes podem utilizar gás, electricidade ou biomassa. Foi, de seguida, efetuado um cálculo para estimar a percentagem destes equipamentos que usam uma ou outra fonte de energia. Para tal, foram utilizadas as percentagens do consumo total de energia por fonte de energia, o número de equipamentos e os valores de eficiência energética por tipo de equipamento. Foi considerado um valor de eficiência energética superior para os equipamentos a eletricidade, de 80%, e de 50% para os equipamentos a gás, com base nos dados do RNC 2050. Aos fogões a lenha foi atribuída uma eficiência menor, de 40%. Desta forma, estimou-se que em relação aos fogões com forno, 50% funciona a eletricidade, 25% funcionam a gás, e outros 25% a biomassa. Para as placas e fornos independentes, estimou-se que 75% funcionam a eletricidade e 25% a gás. Feitas estas estimativas, colocam-se agora os seguintes desafios:



**O que é necessário para eliminar o consumo de combustíveis fósseis na Cozinha das habitações?**



**O que é necessário para aumentar a eficiência energética dos equipamentos na Cozinha das habitações?**

Segundo os cálculos efetuados, o *stock* de fogões com forno a gás (gás natural ou GPL) é de 588 357 unidades, de placas é de 577 613 e de fornos independentes de 581 550. A sua substituição será, necessariamente, por equipamentos equivalentes mas a eletricidade, nomeadamente, conjunto placa e forno eléctrico (preço médio por habitação de 800€), placa eléctrica de indução (preço médio por habitação de 350€) e forno eléctrico (preço médio por habitação de 450€). A aposta em alternativas semelhantes, que funcionam a eletricidade, possibilita dar passos importantes no sentido da eletrificação dos consumos na cozinha, com

outros benefícios, como o aumento da segurança dentro da habitação, devido à eliminação do risco de fuga de gás. O funcionamento destes equipamentos não é radicalmente distinto mas, ainda assim, deve ser considerada a hipótese de apoio aos agregados com maiores dificuldades, ao nível da literacia, para facilitar a adaptação. Desta forma, é considerada a substituição dos fogões com forno a gás por um conjunto de placa de indução e forno elétrico, as placas a gás por placas de indução e os fornos independentes a gás por fornos elétricos. A substituição destes equipamentos por uma solução a eletricidade e com um nível de eficiência mais elevado representa um investimento de 935 M€.

### Resposta 16 aos desafios

- 588 357 CONJUNTO PLACA de INDUÇÃO e FORNO ELÉCTRICO + 577 613 PLACAS DE INDUÇÃO + 581 550 FORNOS ELÉCTRICOS INDEPENDENTES|| **935 M€ INVESTIMENTO**

---

Dado o *stock* significativo de equipamentos a biomassa utilizados na Cozinha, apresenta-se ainda o seguinte desafio:



### Como reduzir o consumo de biomassa na cozinha nas habitações?

Relativamente aos equipamentos a biomassa, existe um *stock* de 588 357 fogões com forno e 321 373 lareiras. A lógica aplicada aos equipamentos de aquecimento do ambiente e AQS é válida para estes equipamentos, relativamente à identificação dos agregados vulneráveis e substituição por equipamentos a biomassa mais eficientes. Desta forma, e dando primazia à substituição das lareiras por serem o equipamento menos eficiente e mais poluente, pode-se considerar os dois valores utilizados para agregados vulneráveis: 285 965 dos alojamentos de população idosa e 13 048 alojamentos de população com taxa elevada de sobrecarga com despesas de habitação, para meios médio urbanos e rurais. Assim, seriam substituídas lareiras por fogões a biomassa mais eficientes, e com melhor sistema de exaustão (custo médio 1 300€), em número igual ao desses alojamentos e os restantes equipamentos seriam substituídos pelo conjunto placa de indução e forno elétrico.

### Resposta 17 aos desafios

- 623 765 CONJUNTOS DE PLACA DE INDUÇÃO E FORNO ELÉCTRICO + 285 965 FOGÕES A BIOMASSA || **871 M€ INVESTIMENTO**

### Resposta 18 aos desafios

- 896 682 CONJUNTOS DE PLACA DE INDUÇÃO E FORNO ELÉCTRICO + 13 048 FOGÕES A BIOMASSA || **734 M€ INVESTIMENTO**

Outro cenário, previamente considerado para outros usos de energia, seria o da substituição total de todos os equipamentos a biomassa, fogões e lareiras. Isto significaria substituir todo este parque de 909 730 elementos por conjuntos de placa de indução e forno elétrico.

### Resposta 19 aos desafios

- 909 730 CONJUNTOS DE PLACA DE INDUÇÃO E FORNO ELÉCTRICO || **728 M€ INVESTIMENTO**

### 3.4 Arrefecimento do Ambiente

O parque de equipamentos, utilizados para arrefecimento do ambiente, pode ser observado na Tabela 9. O arrefecimento de espaço é assegurado exclusivamente por eletricidade, pelo que, as potenciais intervenções passam por um aumento da eficiência energética do parque de equipamentos e não pela substituição da fonte de energia. No entanto, as respostas aos desafios associados à climatização e AQS preveem a instalação de um considerável número de bombas de calor que, automaticamente, aumentaria a taxa de penetração de equipamentos que produzem ar frio para arrefecimento para, pelo menos, 60% com potencial valor máximo perto dos 100%. Um aumento considerável face aos atuais 32,7% dos alojamentos em que foi utilizado algum equipamento de arrefecimento. Isto significa que, grande parte das habitações terá um equipamento elétrico eficiente para arrefecimento. É ainda argumentável que, possivelmente, algumas das famílias que utilizam ventoinhas e ventiladores não terão uma bomba de calor instalada no seu alojamento, com potenciais consequências ao nível do conforto térmico no verão. Estas ventoinhas são equipamentos menos eficazes, no que diz respeito à produção de ar frio, e, segundo a Organização Mundial de Saúde, apesar de aliviarem a sensação de calor, não previnem doenças relacionadas com o calor quando as temperaturas sobem acima dos 35°C (WHO, 2018). Por outro lado, estes equipamentos têm potências baixas, menores que as bombas de calor ou ar condicionados, pelo que a sua substituição não resultará em ganhos de eficiência energética. Assim sendo, não se formula nenhum desafio relativamente ao cumprimento dos objetivos elencados, sendo que o potencial passo a tomar seria a identificação destes alojamentos e recolha de dados de forma a perceber se se encontram, de facto, em situação de pobreza energética ou, se as suas habitações, devido à qualidade construtiva e zona climática, asseguram um desempenho energético satisfatório no verão, não criando a necessidade de equipamentos de arrefecimento ativo.

Tabela 9 – Número de equipamentos totais e por alojamento por tipo de equipamento de arrefecimento de espaços ou ventilação (INE/DGEG/ADENE, 2021)

Tipo de Equipamento	Equipamentos	Alojamentos	N.º de equipamentos por alojamento
	N.º	%	equip/aloj
Ar condicionado que só arrefece, fixo ou móvel	141 292	7,3	1,4
Ventoinha ou ventilador	1 083 436	58,8	1,3
Ar Condicionado que aquece e arrefece (Bombas de calor)	1 278 618	45,4	2,0

### 3.5 Equipamentos Eléctricos e Iluminação

Para os equipamentos eléctricos e a iluminação, sendo assegurados a 100% por electricidade, a potencial substituição de equipamentos apenas visa o aumento da eficiência energética. O stock de equipamentos eléctricos e de iluminação pode ser observado na Tabela 10 e Tabela 11.

*Tabela 10 - Número de equipamentos totais e por alojamento por tipo de equipamento eléctricos (INE/DGEG/ADENE, 2021)*

Tipo de Equipamento	Equipamentos	Alojamentos	N.º de equipamentos por alojamento
	N.º	%	equip/aloj
Microondas	3 824 163	88,0	1,0
Exaustor/Extrator	3 039 689	69,1	1,0
Frigorífico com congelador	2 402 100	51,8	1,1
Frigorífico sem congelador	360 174	7,8	1,1
Frigorífico combinado	2 078 886	46,7	1,0
Arca congeladora	2 494 239	54,4	1,1
Máquina de lavar loiça	2 548 109	59,2	1,0
Máquina de lavar e secar roupa	219 216	5,0	1,0
Máquina de lavar roupa	4 062 385	93,5	1,0
Máquina de secar roupa	1 036 090	24,2	1,0
Aspirador	3 863 288	84,5	1,1
Aspiração central	174 642	4,1	1,0
Ferro de engomar	3 974 776	91,3	1,0
Máquina de engomar	72 512	1,7	1,0
Desumidificador	1 233 067	26,1	1,1

*Tabela 11 - Número de lâmpadas totais, por tipo e por alojamento (INE/DGEG/ADENE, 2021)*

Tipo de lâmpada	N.º de alojamentos que utilizaram		N.º de lâmpadas	N.º de lâmpadas por alojamento
	N.º de alojamentos	% <sup>(1)</sup>	N.º	lamp/aloj
Incandescente	1 500 006	35,1	8 543 770	5,7
Halogéneo	1 003 547	23,5	5 780 336	5,8
Fluorescentes tubulares ou compactas	2 415 224	56,6	7 834 704	3,2
LED	3 420 525	80,1	43 076 560	12,6

(1) Rácios com base no total de alojamentos que utilizaram pelo menos uma lâmpada da tipologia.

Não está disponível informação sobre a eficiência dos equipamentos eléctricos e eletrodomésticos, o que torna mais difícil estimar um valor de investimento necessário à substituição dos equipamentos menos eficientes, sob pena de incorrer em estimativas muito desviadas da realidade e promover a substituição desnecessária de equipamentos, com pesado e inútil uso de recursos. Relativamente à iluminação, a designação das diferentes

soluções permite aferir os níveis de eficiência energética, pelo que se coloca o seguinte desafio:

### O que é necessário para aumentar a eficiência energética dos equipamentos elétricos e de iluminação?

As lâmpadas LED são a solução mais eficiente do mercado, com custo médio de 3€ por unidade, pelo que, o objetivo passa pela substituição de todos os outros tipos de lâmpadas, o que implica a substituição de um total de 22 158 810 lâmpadas e um investimento aproximado de 67 M€.

#### Resposta 20 ao desafio

- 22 158 810 LÂMPADAS LED || **67 M€ INVESTIMENTO**

## 3.6 Análise Global

Depois de efetuada a análise individual dos diferentes usos de energia no setor doméstico e do esforço e investimento necessários para a substituição dos equipamentos com fim à descarbonização do consumo de energia final, resta agora juntar toda a informação obtida e perceber qual o esforço global que será necessário para atingir todos os objetivos delineados. Nesse sentido, na Tabela 12 são apresentados os intervalos de valores do número de equipamentos e investimento necessários para atingir os três objetivos delineados - a eliminação do consumo de combustíveis fósseis, a redução significativa do consumo de biomassa e o aumento da eficiência energética. O objetivo de aumento da integração de energia renovável não se inclui na tabela como objetivo pois, a sua prossecução está diretamente relacionada com os primeiros dois objetivos, não se tendo analisado medidas para responder apenas a esse objetivo. O objetivo de aumento da eficiência energética está, igualmente, ligado aos dois primeiros objetivos mas são apresentadas algumas respostas direcionadas exclusivamente para este fim.

*Tabela 12 - Sumário do número de equipamentos e investimento necessário para atingir os objetivos definidos no caminho para a descarbonização do setor doméstico.*

Usos de Energia/Objetivos Traçados para a descarbonização	Eliminação do Consumo de Combustíveis Fósseis 	Redução significativa do Consumo de Biomassa 	Aumento da Eficiência Energética 
Aquecimento ambiente	Nº de equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>223 mil</b> bombas de calor multifunção</li> <li>▪ <b>264 mil</b> bombas de calor ar-ar</li> </ul>	Nº de equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>364 mil</b> bombas de calor multifunção</li> <li>▪ <b>1,5-1,8 milhões</b> de bombas de calor ar-ar</li> <li>▪ <b>13-286 mil</b> recuperadores</li> </ul>	Nº de equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>2,2 milhões</b> bombas de calor ar-ar</li> </ul>

	Investimento: <b>2 462 M€</b>	de calor Investimento: <b>6 360 M€ - 6 403 M€</b>	Investimento: <b>4 120 M€</b>
Águas quentes sanitárias	Nº de equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>0-1.8 milhões</b> sistemas solares térmicos</li> <li>▪ <b>0-1.8 milhões</b> de bombas de calor c/solar fotovoltaico</li> <li>▪ <b>830 mil</b> termoacumuladores híbridos</li> <li>▪ <b>553 mil</b> bombas de calor AQS</li> </ul> Investimento: <b>8 842 M€ - 10 329 M€</b>	Nº de equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>0-13 mil</b> caldeiras a biomassa</li> <li>▪ <b>50-114 mil</b> sistemas solares térmicos</li> <li>▪ <b>50-114 mil</b> bombas de calor c/solar fotovoltaico</li> </ul> Investimento: <b>431 M€ - 523 M€</b>	Nº de equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>202 mil</b> bombas de calor c/solar fotovoltaico</li> <li>▪ <b>202 mil</b> sistemas solares térmicos</li> <li>▪ <b>212 mil</b> termoacumuladores híbridos</li> <li>▪ <b>141 mil</b> bombas de calor AQS</li> </ul> Investimento: <b>2 267 M€</b>
Cozinha	Nº de equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>588 mil</b> conjuntos placa de Indução e forno elétrico</li> <li>▪ <b>578 mil</b> placas de Indução</li> <li>▪ <b>582 mil</b> fornos elétricos</li> </ul> Investimento: <b>935 M€</b>	Nº de equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>624-910 mil</b> conjuntos placa de indução e forno elétrico</li> <li>▪ <b>13-286 mil</b> fogões a biomassa</li> </ul> Investimento: <b>728 M€ - 871 M€</b>	-
Arrefecimento do ambiente	-	-	-
Equipamentos elétricos	-	-	-
Iluminação	-	-	Nº de equipamentos: <b>22 milhões</b> lâmpadas LED  Investimento: <b>67 M€</b>
<b>Investimento Total</b>	<b>12 239 M€ – 14 239 M€</b>	<b>7 519 M€ – 7 797 M€</b>	<b>6 454 M€</b>

Verifica-se que, o investimento necessário para erradicar os combustíveis fósseis do consumo doméstico situa-se entre 12,2 e 14,2 mil milhões de euros. Relativamente à redução do consumo de biomassa nas habitações, o investimento é inferior, entre os 7,5 e 7,8 mil milhões de euros. Por fim, no que respeita à eficiência energética, o investimento situa-se nos

6,4 mil milhões de euros. É importante mencionar que, poderá ocorrer sobreposição de equipamentos e investimento, sobretudo no caso da eficiência energética, devido à qualidade de dados que serviram de base ao estudo, bem como pelos pressupostos considerados nos cálculos devido à falta de interseção entre alguns dados utilizados.

O investimento total estimado fica, assim, entre os 26,2 e os 28,5 mil milhões de euros, respetivamente 11% e 12% do PIB nacional em 2022 (239 mil milhões de euros). É um valor que ilustra o considerável esforço financeiro que será necessário para descarbonizar o consumo de energia final nas habitações, considerando as características da população e do edificado, e tendo em conta as dificuldades dos segmentos da população mais vulnerável. Estes valores representam o investimento à luz da situação corrente, considerando o difícil contexto económico de inflação elevada e não tendo em conta taxas de desconto e evolução futura de preços que poderiam reduzir o montante do investimento. Na estimativa, que mais se aproxima da efetuada neste estudo, a ELPRE calculou um valor de 45,8 mil milhões de euros para, a substituição dos equipamentos de aquecimento do parque habitacional de aquecimento por bombas de calor, a máxima produção fotovoltaica, a substituição de toda a iluminação por LED, e uma percentagem elevada (50%) de necessidades de energia para AQS supridas por solar térmico, em 2050. Sem o fotovoltaico, o valor situa-se nos 26,9 mil milhões, valor muito semelhante ao estimado. A renovação do edificado representa, ainda assim, um investimento mais considerável de 40,4 mil milhões de euros, segundo a estimativa da ELPRE, ascendendo mesmo aos 71,7 mil milhões de acordo com o estudo de Palma *et al.* (2022), um valor que ultrapassa o dobro do investimento necessário para a componente activa dos edifícios, relativa aos seus equipamentos. É importante referir que, o investimento na renovação da componente passiva do edificado poderá reduzir a necessidade de investimento nos equipamentos, visto que, a renovação resulta num melhor desempenho energético, ou seja, menores necessidades de energia. Quer a renovação da componente passiva, como a descarbonização da componente activa, requerem avultados investimentos e, embora, seja importante considerar as duas na estratégia de transformação do setor, a prioridade deve recair na renovação dos edifícios, visto que, é uma solução que atua sobre as causas da problemática, nomeadamente, a redução das necessidades energéticas com diversas externalidades positivas. É a solução mais sustentável e duradoura, visto que, oferece maior resiliência aos edifícios e aos seus ocupantes, no que respeita aos impactos de potenciais circunstâncias externas, quer sejam elas económicas, como conflitos militares e crises energéticas, ou até climáticas, no que respeita a fenómenos extremos e consequências das alterações climáticas.

## 4. Fontes de Financiamento

Calculado o considerável investimento necessário, para concretizar o objetivo de descarbonização do consumo de energia final nas habitações, importa agora analisar como se poderá projetar a concretização no plano prático, nomeadamente, no que respeita à disponibilização dos fundos necessários. Considerando os atuais programas e montantes disponíveis para alavancar os objetivos de renovação do edificado, o aumento da eficiência energética e integração de energia renovável nas habitações e o seu desfasamento com a gama de valores de investimento estimados, é necessário o desenvolvimento de uma estratégia diferente para alcançar a transformação almejada dentro dos próximos anos. Esta estratégia deve apostar numa abordagem de diversificação, onde os fundos necessários serão obtidos de diferentes formas e fontes. Como mencionado na ELCPE, o incentivo através de fundos públicos não reembolsáveis é indispensável para alavancar este processo.

Destaca-se, principalmente, o importante papel que os programas públicos devem ter de forma a assegurar a inclusão dos agregados mais vulneráveis, garantindo maior justiça da estratégia de incentivo. Diferentes níveis de vulnerabilidades resultam em diferentes necessidades de apoio e incentivo, pelo que, um passo importante, é o desenvolvimento de programas que tenham a capacidade de identificar os diferentes perfis dos agregados e que possam adaptar o tipo, e magnitude, do apoio de acordo com as necessidades. Na situação atual, verifica-se que os fundos disponíveis são manifestamente insuficientes, para responder à necessidade urgente de transformação do sistema energético e descarbonização do consumo, pelo que, um substancial aumento da disponibilidade destes fundos seria de extrema importância, especialmente tendo em conta o nível de adesão muito favorável da população a pelo menos um dos programas implementados.

A ELCPE destaca ainda, a necessidade de criação de mecanismos financeiros que permitam aos agregados acederem a fontes de financiamento privado, através de majorações, empréstimos sem juros ou com bonificações para proverem ações de eficiência energética nas suas casas. Este tipo de mecanismo foi já testado e implementado no país, como é exemplo o programa “Casa Eficiente”, mas não se revelou um sucesso, possivelmente devido aos juros excessivamente elevados praticados pelo programa, à falta de confiança da população nos promotores do programa, incluindo a banca, e às dificuldades financeiras que resultam numa indisponibilidade para investir.

Por sua vez, meios de financiamento inovadores como *crowdfunding*, cooperativas e as *green bonds*, especialmente quando lançados por entidades públicas, podem vir a ter um papel relevante no financiamento da descarbonização, visto tratarem-se de mecanismos mais solidários e inclusivos, assentes num espírito mais comunitário e de contribuição para a melhoria da qualidade de vida da população, com potencial impacto direto na zona, ou região, onde residem. A inclusão da população, especialmente os diferentes grupos de potenciais beneficiários, bem como, outros atores sociais, no *design* dos programas de apoio e incentivos, para um processo colaborativo e de co-criação, é um passo muito relevante para a construção de programas mais eficazes e inclusivos.

O projecto “PowerUp” elenca cinco modelos de negócio, com potencial para ajudar as populações em pobreza energética e envolvê-las na transição energética (Fregonese et al., 2023). Destaca-se; a colaboração entre um município e uma cooperativa de energia, que permite aos consumidores mais vulneráveis usufruírem de preços mais baixos de energia, aumentando o seu poder de compra, e adquirindo simultaneamente títulos de capital da cooperativa; uma comunidade de energia baseada em edifícios públicos para partilha de energia com consumidores vulneráveis; e, uma *one-stop shop* de iniciativa municipal com participação da associação de energia local, com o objectivo de informar e ajudar os consumidores a renovarem as suas casas. Estes são exemplos de modelos, colaborativos e inclusivos, de iniciativa pública com potencial de replicação, não só para reduzir a sobrecarga das contas de energia, mas para melhorar o desempenho e eficiência energética das habitações, com um impacto real na qualidade de vida das pessoas e uma verdadeira contribuição para a transformação do setor.

Seria, portanto, muito útil a realização de um levantamento dos vários tipos de mecanismos e programas implementados pelos países da Europa, e identificação e análise das práticas que contribuíram para o sucesso, ou insucesso, destes programas, de forma a poder transportar e replicar as práticas bem-sucedidas em Portugal.

## 5. Alertas e Recomendações

De toda a análise desenvolvida neste relatório - do enquadramento político, da componente quantitativa e da auscultação de agentes do mercado (ver anexo), surge um conjunto de alertas e recomendações organizados em diferentes tópicos: Esforços para a Descarbonização; Seleção e Instalação de Novos Equipamentos; Utilização de Equipamentos e Fontes de Energia; Dados e Estudos Disponíveis; Programas Públicos de Incentivo e Apoio. Os autores acreditam que este conjunto de directrizes poderá ser útil para os diferentes agentes de mudança de forma e efetivamente contribuir para que a descarbonização do consumo de energia final nas habitações ocorra de uma forma mais rápida, eficaz e justa.

### A. Esforços para a Descarbonização



**Recomendação A.1:** A descarbonização deve ter como base principal a renovação do edificado, a redução de necessidades energéticas e a melhoria do conforto ambiente, pelo que, as medidas e o investimento devem priorizar, sempre que, possível a melhoria do desempenho energético pela intervenção na componente passiva dos edifícios, ou seja, nas suas características construtivas.



**Alerta A.1** – A descarbonização não deve ser realizada a qualquer custo. Deve sempre ter em conta: questões de justiça e inclusão social; vulnerabilidades territoriais; e equidade no acesso à tecnologia e à energia - segura, renovável, e a preços acessíveis.



**Alerta A.2** – A aposta na eletrificação tem sempre de ser complementada com uma produção de eletricidade proveniente de fontes de energia renovável, de forma a constituir uma estratégia eficaz para a descarbonização do consumo.



**Recomendação A.2:** A produção de eletricidade renovável descentralizada deve ser priorizada, pelos seus consideráveis benefícios - representa menores impactes ambientais, promove a democratização e autonomia energética, empoderamento dos consumidores, desenvolvimento local e aumento da consciencialização para a necessidade da transição energética. Permite também maior complementariedade e redundância do sistema de produção e distribuição de electricidade, aumentando a resiliência do sistema elétrico a eventos extremos.



**Alerta A.3** – O investimento necessário, para a descarbonização do consumo de energia, ultrapassa largamente os montantes atribuídos atualmente pelo governo, pelo que, é necessário reforçar, de forma muito significativa, as linhas de financiamento público para atingir as metas de descarbonização até 2050.



**Alerta A.4** – A crescente eletrificação do consumo poderá também resultar na necessidade de investimento para atualização da infraestrutura elétrica associada às habitações, através do aumento da capacidade da própria habitação ou, pelo aumento da potência solicitada à rede de baixa tensão, tal como já ocorre, por exemplo, para permitir o carregamento de carros elétricos em condomínios.



**Recomendação A.3:** A proibição de vendas de equipamentos a gás, a partir de 2025, pode ser um passo importante para tornar o objetivo da descarbonização uma realidade, mas,

deve ser acompanhado por mecanismos de apoio à substituição por equipamentos elétricos, ou de energia renovável, mais eficientes, com especial ênfase nos consumidores mais vulneráveis.



**Alerta A.5** – A nível do mercado de soluções eficientes, existe a percepção que os objetivos de transição energética para os próximos anos são demasiado exigentes, considerando a capacidade instalada de produção de equipamentos eficientes, o custo de investimento associado face às poupanças médias das famílias, e a necessidade de adaptação dos imóveis para estas tecnologias.



**Alerta A.6** – Apesar de ser um vetor de energia emergente e de grande impacto mediático, não se prevê que o hidrogénio assuma um papel relevante na descarbonização do aquecimento e outros serviços de energia nos edifícios, devido a dificuldades técnicas que o tornam muito mais caro e ineficiente que as alternativas, como as bombas de calor e o solar térmico. Apesar dos desafios no abastecimento, as marcas de equipamentos mais associadas ao sector do gás, procuram inovar na adaptação de equipamentos/soluções de forma a permitirem o seu uso.

## B. Seleção e Instalação de Novos Equipamentos



**Alerta B.1:** A substituição dos equipamentos deve ter em conta se alguma renovação foi efetuada, ou está planeada, para a habitação, visto que, a existência de uma renovação com preocupações energéticas (isolamento de paredes e cobertura adequado, janelas eficientes) pode reduzir as necessidades energéticas e aumentar o conforto da habitação de tal forma que, elimina a necessidade de instalar um novo equipamento, ou pode significar que equipamentos de menor potência podem ser suficientes.



**Recomendação B.1:** Em caso de necessidade de aquisição de um novo equipamento deve-se apostar em alternativas elétricas ou, provenientes de fontes de energia renovável, caso existam. Com a finalidade da descarbonização, deve ser dada primazia à eficiência dos equipamentos, e não só à eletrificação dos usos, devendo ser posta em causa a promoção de soluções como os termoacumuladores e os radiadores elétricos, como alternativas a médio prazo, dada a sua baixa eficiência. Poderá abrir-se exceção para a utilização destes equipamentos em habitações com ocupação mais pontual.



**Alerta B.2:** Os equipamentos elétricos, tais como, os radiadores elétricos, termoventiladores ou termoacumuladores, continuam a ser os equipamentos mais vendidos pelo seu baixo custo de aquisição e instalação, mas consideram depois custos de operação mais elevados, dado o seu fraco desempenho energético. A eletrificação não está a considerar a eficiência energética nestes casos.



**Recomendação B.2:** A seleção, e substituição, de qualquer equipamento deve ter em conta a opinião e perspectiva de cada agregado, visto que, a concordância com as razões da necessidade e utilidade da substituição, são um passo importante para o sucesso na adaptação ao novo equipamento.



**Recomendação B.3:** Apesar de ser uma solução de custo elevado, a bomba de calor com apoio de painéis fotovoltaicos é uma solução para climatização de espaços e águas quentes sanitárias muito eficiente e eficaz, com potencial de aproveitamento da energia solar

para o seu funcionamento e do excedente de produção eléctrica para outros usos domésticos ou injeção na rede.



**Recomendação B.4:** Tendo em conta as condições climáticas do país, os sistemas de painéis solares térmicos são uma ótima oportunidade para aproveitar diretamente uma fonte de energia renovável e, tornar o *mix* energético da AQS mais verde e sustentável.



**Alerta B.3:** A instalação de painéis solares térmicos e painéis fotovoltaicos, depende de um conjunto de condições construtivas da habitação, como espaço no telhado e orientação, e até do clima da região, que devem ser tidas em consideração no desenho de programas de apoio à aquisição destes equipamentos.



**Recomendação B.5:** Devem ser desenvolvidas soluções mais compactas e adaptáveis à realidade das habitações, que permitam uma melhor integração das soluções eficientes no edificado existente. O termoacumulador híbrido, apesar de não ser a solução ideal em termos de eficiência, é um exemplo do esforço de melhoria da integração destas soluções no edificado.



**Alerta B.4:** Apesar do menor custo associado, da maior facilidade de instalação e da presença mais frequente da função “Arrefecimento”, os sistemas Ar-Ar de base convectivos, apresentam uma qualidade de conforto considerada inferior face aos sistemas Ar-Água de base radiativos. No entanto, os fatores positivos enumerados levam a que esta tecnologia seja considerada de elevada importância na estratégia de melhoria de conforto nas habitações nos próximos anos (vertente ativa).



**Alerta B.4:** A aposta nas bombas de calor, que se prevê cada vez mais forte, pode ter consequências negativas ao nível das emissões de GEE, associadas à fuga de gases fluorados, utilizados como fluido frigorígeno, sobretudo no final de vida do equipamento, incrementando consideravelmente as emissões do setor.



**Recomendação B.5:** Deve-se promover soluções de bombas de calor que não necessitem de manuseamento dos gases fluorados, como as bombas de calor monobloco, ou então soluções que utilizem gases com menor potencial de aquecimento global e impacto ambiental, e menor risco para a saúde e mais eficientes. Desta forma será possível reduzir riscos, e evitar a necessidade de técnicos qualificados, que escasseiam no mercado. De referir que uma parte significativa do esforço em inovação nas marcas tem sido no desenvolvimento destes gases de baixo impacto, dadas as crescentes exigências legislativas.



**Alerta B.5:** A escolha do equipamento de climatização e AQS deve, sempre, ter em conta: as características socioeconómicas do agregado; a literacia; a tipologia da habitação e espaço interior para instalação; e a fonte de energia utilizada previamente, considerando a facilidade de acesso e disponibilidade. Em certos casos, como por exemplo as bombas de calor Ar-Água em apartamentos, exigem tipicamente a realização de obras de construção civil, de canalização e de adaptação do espaço e mobiliário das cozinhas.



**Alerta B.6:** Apesar do interesse dos consumidores, seja pela vertente económica, seja pela vertente ambiental, no investimento em soluções mais eficientes, como as bombas de calor, em muitos casos é constatado, nas visitas técnicas preliminares, que as habitações (sobretudo apartamentos) não têm as condições necessárias para a instalação, obrigando a obras de adaptação.



**Recomendação B.6:** Alguns destes novos equipamentos podem ter associada a necessidade de intervenções que carecem da autorização do condomínio, pelo que, devem ser criados mecanismos de facilitação das mesmas, à semelhança do que é previsto para o carregamento de veículos elétricos – exemplo de intervenções: colocação de grelhas de exaustão na fachada; instalação de unidade exterior de bomba de calor; instalação de painéis solares térmicos ou fotovoltaicos na cobertura, etc.



**Alerta B.7:** A falta de mão-de-obra qualificada pode levar a atrasos na transição energética. No caso das bombas de calor, nas marcas/instaladores opta-se por investir em tecnologias mais “chave-na-mão”, como os modelos “monobloco” de forma a evitar o recurso a técnicos mais especializados, certificados para gases fluorados. A descarbonização pela electrificação vai, indubitavelmente, requerer mão de obra específica acrescida de qualificação e certificação para a manipulação das substâncias frigorígenas que a tecnologia das bombas de calor obriga.



**Recomendação B.7:** A substituição de equipamentos a gás por equipamentos a eletricidade na cozinha, permite evitar problemas de fugas de gás e aumentar a segurança dentro das habitações, para além de, contribuir para o aumento da eficiência energética e para o esforço global da transição energética.



**Recomendação B.8:** A introdução de novas tecnologias é, também, uma oportunidade para apostar na inteligência para otimização do funcionamento dos equipamentos. Por exemplo, no caso das bombas de calor de AQS, é possível memorizar os perfis de utilização de água quente em casa e, assim, ajustar a ativação e desativação dos elementos de aquecimento (compressor e apoio pela resistência elétrica) em função das necessidades de consumo. A crescente associação de ligação *wifi* e *apps* a estes equipamentos, ajuda também a uma melhor percepção do seu correto funcionamento pelo consumidor.



**Alerta B.8 :** O impacto das alterações climáticas deve, igualmente, ser um fator a considerar na substituição dos equipamentos e seleção das intervenções, dado que, poderá alterar as necessidades energéticas das habitações a curto/médio prazo, e antes do fim do tempo de vida do equipamento instalado. Neste caso, equipamentos multi-função (aquecimento/arrefecimento ambiente) podem ser soluções com maior utilidade no médio-longo prazo.

## C. Utilização de Equipamentos e Fontes de Energia



**Alerta C.1:** Algumas das soluções alternativas apresentadas, sobretudo considerando os sistemas baseados em bombas de calor, podem ser consideradas como tendo associado um menor conforto/nível de serviço. Isto sucede porque têm potências instantâneas de valor inferior, e, logo, tempos de aquecimento superiores, existindo a necessidade de capacidade de armazenamento (inércia) para responder a flutuações das necessidades de consumos. Neste caso, exigem uma habituação pelo consumidor e de um mecanismo de inteligência no equipamento que, por exemplo, preveja um perfil de consumo com base no histórico.



**Recomendação C.1:** A substituição de equipamentos de aquecimento ambiente e AQS, deve ser acompanhada por um esforço crescente para uma adequada manutenção dos novos sistemas. Por exemplo, no caso dos sistemas solares térmicos, estes deveriam ser sujeitos

a manutenção obrigatória por questões de desempenho e tempo de vida útil, à semelhança da inspeção dos equipamentos a gás que é exigida hoje em dia por questões de segurança.



**Alerta C.2:** Relativamente aos painéis solares térmicos, existe algum histórico de má manutenção/regulação que tem vindo a prejudicar o seu desempenho energético, tempo de vida útil e percepção da imagem junto do consumidor.



**Recomendação C.2:** A biomassa é uma fonte de energia utilizada desde sempre por muitas famílias e que, em algumas situações, permite combater a pobreza energética, devido à fácil disponibilidade e baixo custo de um recurso que é local. É necessário identificar estes agregados e avaliar se a melhor solução não passará por substituir os seus sistemas de biomassa por outros mais eficientes, mas que, se necessário, funcionem igualmente a biomassa.



**Alerta C.3:** Tendo em conta o esforço de eletrificação do parque habitacional, existe uma parte da população algo céptica relativamente à transição de gás de botija (butano/propano) para eletricidade, dada a percepção de maior segurança no acesso, por não estarem totalmente dependentes da rede, em caso de corte de energia elétrica, por exemplo. Existe aqui também algum trabalho de sensibilização para as vantagens da eletrificação, nomeadamente no que respeita à eficiência energética e redução do risco de acidentes dentro da habitação.



**Alerta C.4:** Dentro da adaptação ao tipo de funcionamento dos equipamentos, nomeadamente em relação aos depósitos de AQS associados aos vários sistemas elétricos, é importante a prevenção do aparecimento da bactéria Legionella. Torna-se assim necessário fazer um aquecimento pontual, pelo menos 1 vez por mês, a mais de 65°C por cerca de 15min.

## D. Dados e Estudos Disponíveis



**Alerta D.1:** Os dados do ICESD são um recurso valioso para o estudo da viabilidade da descarbonização mas, têm limitações que afetam o rigor deste estudo e que devem ser reconhecidas, nomeadamente, no que respeita ao ocasional contraste, ou desconexão, entre o portfólio de equipamentos e as respectivas proporções de consumo de cada fonte de energia.



**Recomendação D.1:** Seria importante uma reformulação do ICESD, que preveja a recolha de dados com maior detalhe, de forma a diferenciar o tipo de equipamento de acordo com o combustível que utiliza e, estimar a desagregação do consumo de energia final por tipo de equipamento.



**Recomendação D.2:** A realização de inquéritos periódicos, ao consumo de biomassa com desagregação regional, para identificação de padrões geográficos, seria um passo importante para análises mais rigorosas e fidedignas, baseadas em evidência científica, e úteis para a política pública.



**Recomendação D.3:** Deve ser investigada a razão de, cerca de 19% dos alojamentos de ocupação permanente não terem sistema de aquecimento. O facto de não terem equipamentos, e respectivo consumo, pode significar que estas famílias estão em

dificuldades e em pobreza energética, sendo uma opção deliberada para lidar com a sua situação. Estas famílias devem ser alvo de apoios, uma vez que, o objetivo da descarbonização não deve comprometer o seu direito a uma habitação condigna e aos serviços básicos essenciais.



**Recomendação D.4:** Apesar das metas políticas estabelecidas a nível europeu e nacional, parece existir uma fraca perceção na sociedade em geral, de termos como a descarbonização ou a eletrificação. Seria relevante recolher dados sobre o nível de conhecimento sobre as tecnologias e metas da transição energética, e disponibilidade para fazerem parte da mudança, bem como criados mecanismos de envolvimento dos cidadãos nos processos de transição energética/climática, com ênfase na escala local.

## E. Programas Públicos de Incentivo e Apoio



**Recomendação E.1:** Para a transição energética são exigidos, em certos casos, elevados investimentos que contrastam com a capacidade financeira das famílias. A par da já referida aposta na vertente passiva das habitações, devem existir incentivos para a aquisição destes equipamentos, seja através de comparticipação (e.g. Fundo Ambiental), seja através de esquemas de financiamento inovadores, por exemplo, em articulação com a banca ou entidades privadas.



**Alerta E.1:** Os avisos recentes do Fundo Ambiental foram essenciais para alavancar a instalação de tecnologias mais eficientes, sendo que, a sua interrupção prolongada provocou uma certa estagnação do mercado. Dado o custo associado a estas tecnologias, terá de existir um apoio para uma parte significativa da população ter capacidade de fazer parte da transição energética.



**Recomendação E.2:** Mecanismos como cooperativas de energia, *crowdfunding*, *green bonds*, podem ter um papel relevante para alavancar a descarbonização, especialmente se promovidos e apoiados por entidades públicas, cujo principal objetivo seja contribuir para uma transição energética justa, com enfoque no apoio e inclusão dos consumidores mais vulneráveis.



**Recomendação E.3:** Programas públicos de apoio devem ser progressivos e dinâmicos de acordo com as dificuldades económicas dos agregados, de forma a não deixar para trás os agregados familiares em pobreza energética que não têm possibilidade de assegurar o investimento necessário.



**Recomendação E.4:** A execução de um programa de substituição de equipamentos de aquecimento ambiente e AQS, deve ser acompanhada por uma campanha de literacia energética e apoio aos agregados sobre o funcionamento dos novos equipamentos nas suas casas, dado o seu perfil de funcionamento distinto dos atuais (e.g. bombas de calor vs. esquentadores/caldeiras).

## Anexo – Auscultação ao Mercado

De forma a obter uma melhor perspetiva, do que são as dinâmicas do mercado, foram sondadas as marcas fabricantes de equipamentos promotores da transição energética e representantes das empresas instaladoras dos mesmos. Neste caso, o foco incidiu sobre os equipamentos que têm tido um maior crescimento atual e com maior potencial de crescimento, as bombas de calor (BC). Apresentam-se, em seguida, um conjunto de questões que procuraram entender os principais desafios e barreiras sentidos neste mercado, a perspetiva sobre as metas políticas para a transição energética/climática, bem como a inovação no setor e perspetivas futuras de crescimento.

*1) Quais as principais barreiras que identificam na eletrificação dos consumos de climatização e AQS no sector residencial? Por exemplo: Custos de Investimento; Conhecimento/confiança na tecnologia; Espaços exíguos, como cozinhas em apartamentos para se dar a substituição de esquentadores/caldeiras; Revisão de potência instalada e instalação elétrica; Comunicação com exterior para exaustão; Outras.*

*2) Que soluções, atuais e futuras, a vossa marca apresenta/vai apresentar para tentar colmatar/simplificar estas barreiras? A nível de custos, é expectável que estes equipamentos (bombas de calor) fiquem mais acessíveis no médio/longo prazo? Quais as perspetivas futuras de evolução tecnológica destes equipamentos, por exemplo, no caso das bombas de calor, que nível de eficiência poderá atingir no futuro?*

*3) Como tem sido a evolução das vendas destes equipamentos nos últimos anos em Portugal (% de crescimento/ano)? Em que tipo de equipamentos tem sido mais acentuado o crescimento (AQS, Climatização Baixa Entalpia, Climatização Alta Entalpia, Outros) e previsões futuras de crescimento? Existe alguma variação entre regiões (climas mais amenos/extremos), e como compara Portugal com resto da Europa?*

*4) A nível de instaladores/sector da construção/consumidores, existe sensibilização para o tema da eletrificação e descarbonização, nomeadamente associado a reabilitação/construção nova?*

*5) Quais as razões que os consumidores primariamente têm para adquirir bombas de calor (substituição equipamento antigo, mais eficiência, mais conforto, mais barata, solução vendida pela empresa mas eles queriam inicialmente outra porque não sabiam desta tecnologia)? Existe alguma desconfiança na modificação do tipo de equipamento e da forma de energia (garantia de abastecimento do gás face a eletricidade)?*

*6) A nível de mão-de-obra, existem profissionais suficientes para proceder às instalações/substituições ou será necessário reforço de competências (eletricidade, gases fluorados)?*

*7) Que incentivos ou estratégias poderiam ser criados para promover esta mesma eletrificação? Esquemas de financiamento, maturação de tecnologia, divulgação nos meios de comunicação, entre outras?*

São de seguida expostos os contributos de marcas (2 anonimizados e 1 identificado):

## Contributo 1

- Mercado: Apesar de algumas empresas valorizarem a produção própria na Europa, existe elevada dependência do mercado externo (maioritariamente Ásia) em termos de peças e eletrónica.
- Ritmo de transição energética pretendido, nos usos térmicos (aquecimento, arrefecimento, AQS) é algo difícil de atingir tendo em conta os seguintes fatores:
  - capacidade instalada de fabrico de BC;
  - custo de investimento e capacidade de investimento das famílias;
  - necessidade de adaptação da maioria dos imóveis (construção civil) e espaço disponível.
- O aviso recente do Fundo Ambiental (Edifícios Mais Sustentáveis) provocou um alavancar da economia da reabilitação/obras, com reflexos significativos também na subida das vendas das BC. O mercado mudou rapidamente, e o que era visto como um nicho, passou a ser referência. No entanto, a mudança repentina durante a pandemia criou dificuldades em termos de logística e *stocks*, tornou a disponibilização de produtos difícil e tempos de entrega elevados.
- O mercado nacional de BC quase duplicou de 2020 para 2021 (efeito pandemia e reabilitação de imóveis), sendo que estagnou depois em 2022, de alguma forma associada ao fecho do Aviso em Maio de 2022.
- Aumento da capacidade instalada da marca em termos de BC, passou de 1 para 5 fábricas, em 6 anos.
- Eficiência acima da Eletrificação - esta não deve ser baseada em produtos ineficientes como é o caso do termoacumulador, mas em produtos mais eficientes como as BC exclusivas ou os termoacumuladores híbridos (funcionam em paralelo com BC de menor capacidade).
- Barreiras:
  - Falta de capacidade de instalação.
  - Também na manutenção será necessário um esforço mais substancial que nos equipamentos existentes. Criação de legislação para a área da manutenção é essencial, para não criar má reputação associada a estes equipamentos (e.g. solar térmico nos anos 80/90)
  - Obstáculos às obras nos condomínios: alteração de fachada para colocação de grelha (tipicamente “20x20”cm) deveria ser permitida.
  - Falta de espaço nas habitações levando à necessidade de alterar cozinhas, e por exemplo, criar tectos falsos.
  - A nível de custo de “equipamento + instalação”, pode representar até 5 vezes mais que o custo de instalação de uma caldeira, o que pode ser difícil de compensar na vida útil do equipamento. No entanto, no mercado mais “premium” tem sido a tendência a instalação das BC, e já poucas caldeiras se instalam.
- Crítica: “caldeira + solar térmico”, porquê substituir por “ar condicionado + bomba de calor AQS”.
- Questionada capacidade da rede elétrica para poder fornecer energia suficiente para as necessidades elétricas crescentes, seja ao nível da habitação, indústria, mas sobretudo dos transportes. Os principais fatores são a eletrificação da mobilidade, e o previsto aumento de necessidades, pelo menos de energia útil, no sector da habitação pela exigência de melhores níveis de conforto ambiente.
- Possibilidade pouco considerada nas estratégias, de hidrogénio poder ser misturado com gás natural, para já em experiência na proporção de 20/80 - teste a decorrer no concelho do Seixal. Previsto no futuro níveis de incorporação do hidrogénio, sendo para tal necessário que equipamentos/redes sejam adaptados.

- Não se descarta a importância da eletrificação, mas deveria existir estratégia de médio/longo prazo de consideração de outros equipamentos não elétricos.
- O mercado internacional de BC não está preparado para a transição em tão curto espaço de tempo, como referido nas estratégias/planos. Deve ser feito um pensamento estratégico a médio/longo prazo, considerando o que são as dinâmicas dos mercados/fornecedores.
- Soluções inovadoras estão a ser pensadas para edifícios multifamiliares.
- Soluções híbridas para cliente *premium*, com bomba de calor + caldeira eficiente, sem necessariamente o sistema ter que ser mais dispendioso.
- Sistemas de regulação do uso são pouco disseminados mas essenciais para tornar uso mais eficiente (*apps, machine learning*).

## Contributo 2

- BC representam investimento elevado. Foram registados aumentos de preço de até 50% nos últimos anos nos equipamentos, fruto do escalar dos custos dos materiais e da procura por estes equipamentos.
- Apesar de menores custos de operação, torna-se difícil a decisão de investimento com um tempo de retorno mais alargado, e alguma desconfiança sobre o tempo de vida útil do equipamento, ainda recente no mercado. No entanto, a BC já está em evolução desde 2009, mas pode-se sempre melhorar.
- Principais mercados: substituição de caldeiras (aquecimento e AQS) em moradias existentes, e substituição de termoacumuladores/esquentadores (AQS) em apartamentos.
- Com frequência instalam outro tipo de equipamentos para AQS, chamados termoacumuladores híbridos (BC + resistência elétrica), em que a BC só aquece até aos 53°C e, a partir daqui, o calor é gerado por resistência elétrica incorporada. As restantes BC trabalham tipicamente até 62°C sem necessidade de apoio externo.
- Edifícios novos: preparados para receber estes equipamentos, com ou sem unidades exteriores.
- Edifícios existentes: difícil implementação por falta de espaço da cozinha, e obras necessárias.
- Necessário que o consumidor perceba que BC é diferente do típico esquentador/caldeira a gás. Existe uma redução da flexibilidade de uso, com a inércia e a capacidade de armazenamento das BC a fazerem face a energia instantânea dos equipamentos de queima. A marca disponibiliza informação na Internet para se perceber o funcionamento destes equipamentos, e esclarecer as diferenças face ao esquentador.
- Em termos de factores externos, que induziram à compra, está prioritariamente o fator económico e só depois aparecem factores como o ambiental.
- Fundo Ambiental: foi importante para alavancar sector, que, apesar de tudo, se tem mantido com volume significativo.
- A nível teórico, tendem a comparar o solar térmico com a bomba de calor, em termos de decisão de investimento.
- Em apartamentos, condutas de exaustão vertical também não são solução para instalar a BC e seus sistemas de circulação. Para lá da parte técnica, em alternativa, podem-se criar mas com problemas na aceitação dos condomínios.
- Inovação:

- Novos tipos de gases alternativos aos gases fluorados: cada vez se procuram novos gases com impacto muito menor ou quase nulo na camada de ozono, se existir libertação para a atmosfera.
- Distância vs. ruído: quer-se que rejeitado/admitido chegue mais longe, com valores de emissão de ruído razoáveis.
- Aposta em *software* para otimização do funcionamento da BC, e dicas ao consumidor para melhorar o funcionamento, permitindo e o ajuste automático e contínuo da temperatura de acordo com os hábitos de consumo de água quente, para se adaptar ao perfil de funcionamento do equipamento (*machine learning*).
- Dificuldades de instalação não são muitas, visto que a instalação é equivalente à de um termoacumulador elétrico. Bombas de calor com unidade exterior já exigem um conhecimento mais detalhado.
- Antigamente, existia um processo que consistia em contactar um instalador de confiança que trataria de tudo. Hoje em dia o cliente procura na internet e escolhe o produto. Marca oferece o “arranque” do produto, e explica o funcionamento do equipamento, para além de fomentar o uso da *app*.
- Crítico do ritmo da transição energética, dado que a velocidade da mudança pode gerar situações críticas nos mercados “verdes”. Preço dos *pellets* aumentou bastante, com impacto no mercado recente de caldeiras a biomassa.
- Deverão ser considerados alguns produtos compatíveis com o hidrogénio, para constituir uma alternativa ao modelo em que tudo é estritamente elétrico. Crescimento do mercado de equipamentos elétricos provoca uma desconfiança do sector electroprodutor.
- Elevado número de visitas, ou pré-visitas, de particulares interessados em BC, mas que no final não se concretizam por difícil exequibilidade das instalações (espaço, obras).
- Mercado convencional vs. Mercado “Verde” AQS: grande maioria dos equipamentos vendidos ainda são termoacumuladores, e não bombas de calor. Existe uma resistência à mudança, e o valor de investimento é demasiado elevado para muitas famílias. É essencial a existência de incentivos para a materialização da implementação destas tecnologias, tendo em conta a capacidade de investimento/poupanças.
- Regulamentação: a revisão da Certificação Energética foi essencial para o crescimento do mercado das bombas de calor. Aparecimento em força da solução “BC + fotovoltaico” face à solução até agora mais presente do “Solar térmico”.

### Contributo 3

- Barreiras AQS:
  - Em apartamentos: falta de espaço necessário para instalar equipamentos tipo BC, e nem sempre ser compatível com a infraestrutura existente. Isso aplica-se também à construção nova, onde o valor do m<sup>2</sup> cria pressão para reduzir espaços técnicos. Havendo gás canalizado torna-se uma solução mais prática e barata, sendo que a certificação energética já limita essa hipótese.
  - Em moradias a principal barreira prende-se com o investimento inicial, sendo que, em habitação nova, a obrigatoriedade de renovável incentiva muito soluções de BC.
- Barreiras climatização:
  - Sobretudo em soluções Ar-Ar, as principais barreiras são o investimento inicial e algum desconhecimento acerca da eficiência destes equipamentos face a soluções puramente elétricas.
- Mercado:
  - As BC Ar-Água para climatização e/ou AQS tem sido o segmento a registar maior crescimento em Portugal, mas também para soluções Ar-Ar (ar condicionado) a evolução tem sido positiva.
  - Comparativamente ao resto da Europa, o crescimento de BC Ar-Água é menos acentuado, principalmente pela falta de incentivos governamentais e também por uma menor consciência ambiental do utilizador final, agravada por um menor poder de compra versus o resto da Europa.
  - Construção nova sim, sobretudo por requisitos legais. A nível de requalificação muitos projetos de remodelação de apartamentos são feitos à margem de fiscalização e, nesses casos, o peso do investimento e do espaço útil ditam mais do que a sensibilização relativa à descarbonização.
  - A revisão do regulamento de F-Gas (Gases Fluorados com efeito de estufa) está a caminhar para um desfecho demasiado drástico que põe em causa a progressão da eletrificação e consequente descarbonização da economia. Sentimos que em Portugal não está a ser dada a devida atenção a esta situação.
- Fatores de Aquisição:
  - As BC são uma alternativa aliciante a sistemas de combustão, sobretudo quando os mesmos chegam ao fim de vida. O custo anual em combustível para alimentar caldeiras é muito elevado, pelo que soluções mais eficientes tornam-se aliciantes e ajudam à tomada de decisão relativamente à troca de equipamentos.
  - Porém, para que a troca seja considerada, é necessário que se verifiquem os requisitos necessários a nível de espaço e adaptação à instalação existente.
- Competências técnicas:
  - O crescimento atual na venda de equipamentos BC não está a ser acompanhado ao nível de técnicos de AVAC. Com o crescimento esperado, prevê-se que esta situação se agrave a curto prazo.
- Incentivos:
  - Tomando como exemplo o sucesso do programa “Edifícios Mais Sustentáveis”, do Fundo Ambiental, podemos presumir que incentivos governamentais e esquemas de financiamento seriam positivos no reforço da transição para a eletrificação.
  - A divulgação nos meios sociais também é sempre uma fonte útil e eficaz de promoção e de informação.

# Referências

- Ahmer, G. (2022). Why Biomass Fuels Are Principally Not Carbon Neutral. *Energies* 2022, 15(24), 9619; <https://doi.org/10.3390/en15249619>
- Baker, W., Acha, S., Jennings, N., Markides, C. and Shah, N. (2022). Decarbonising buildings: Insights from across Europe. Grantham Institute Brieng Paper. DOI: <https://doi.org/10.25561/100954>
- Comissão Europeia. (2019). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Parliament, the European Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: The European Green Deal. Brussels, 11.12.2019 COM(2019) 640 final
- Comissão Europeia. (2020a). In focus: Energy efficiency in buildings. Disponível em: [https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17\\_en](https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en)
- Comissão Europeia. (2020b). The availability of refrigerants for new split air conditioning systems that can replace fluorinated greenhouse gases or result in a lower climate impact. Brussels, 30.9.2020 C(2020) 6637 final
- Comissão Europeia. (2021a). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. Brussels, 14.7.2021.
- Comissão Europeia. (2021b). Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance of buildings (recast). Brussels, 15.12.2021 COM(2021) 802 final 2021/0426(COD)
- Comissão Europeia. (2023). *2050 Long-term Strategy*. Disponível em: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en)
- DGEg. (2020). Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios. Direção Geral de Energia e Geologia. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/diretiva-do-desempenho-energetico-dos-edificios/>
- DGEg. (2023). Balanço Energético Provisório 2021. Estatística. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/>
- ECF. (2023). Modelling the socioeconomic impacts of zero carbon housing in Europe (update) - A rerun of the study published in 2022. European Climate Foundation Cambridge Econometrics.
- EEA. (2022). *Greenhouse gas emissions from energy use in buildings in Europe*. European Environmental Agency. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-energy>
- EEA. (2023a). Decarbonising heating and cooling — a climate imperative. European Energy Agency (Agência Europeia da Energia). Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/decarbonisation-heating-and-cooling>
- EEA. (2023b). Addressing the energy crisis while delivering on EU's climate objectives: recommendations to policymakers. European Energy Agency (Agência Europeia da Energia). Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/about-us/climate-advisory-board/addressing-the-energy-crisis-while>

- Eurostat. (2023a). Final energy consumption by sector. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00124/default/table?lang=en>
- Eurostat. (2023b). Disaggregated final energy consumption in households - quantities. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg\\_d\\_hhq/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_d_hhq/default/table?lang=en)
- Eurostat. (2023c). Distribution of population by degree of urbanisation, dwelling type and income group - EU-SILC survey. Available from: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ILC\\_LVHO01\\_custom\\_982668/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ILC_LVHO01_custom_982668/default/table?lang=en)
- Fregonese, G., Bregolin, G., Boaretto, S. (2023). Business models with a value proposition to vulnerable households: Exploration in 5 pilot cities. Project PowerUp. European Union's Horizon 2020
- Fundo Ambiental. (2023). Situação das candidaturas. Vale Eficiência. Disponível em: <https://www.fundoambiental.pt/plataforma-vaes-de-eficiencia/beneficiarios-situacao-das-candidaturas.aspx>
- Global Solar Atlas. (2023). *Direct Solar Irradiation*. Available at: <https://globalsolaratlas.info/map?c=39.095964,-13.653779,5>
- Governo de Portugal. (2020). Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030. Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020
- Governo de Portugal. (2021). Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios. Resolução do Conselho de Ministros n.º 8-A/2021
- Hanke, F., Guyet, R., Feenstra, M. (2021). Do renewable energy communities deliver energy justice? Exploring insights from 71 European cases. *Energy Research & Social Science* Volume 80, 102244
- IEA. (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. International Energy Agency (Agência Internacional da Energia). Disponível em: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf)
- INE. (2020). População residente (N.º) por Local de residência (NUTS - 2013), Sexo e Tipologia de áreas urbanas; Anual. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0008856&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008856&contexto=bd&selTab=tab2)
- INE/DGEG/ADENE (2021). Inquérito ao Consumo de Energia do Setor Doméstico 2020. Instituto Nacional de Estatística. Direção Geral da Energia e Geologia. ADENE - Agência para a Energia. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOES\\_pub\\_boui=48433981&PUBLICACOESstema=00&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOES_pub_boui=48433981&PUBLICACOESstema=00&PUBLICACOESmodo=2)
- IPCC. (2021). Intergovernmental Panel on Climate Change, "Task Force on National Greenhouse Gas Inventories: Frequently Asked Questions". Disponível em: [https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15\\_spm\\_final.pdf](https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf)
- Meyer, S., Laurence, H., Bart, D., Lucie, M., & Kevin, M. (2018). Capturing the multifaceted nature of energy poverty: Lessons from Belgium. *Energy Research and Social Science*, 40(January), 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.01.017>
- NRDC. (2021). A Bad Biomass Bet: Why the Leading Approach to Biomass Energy with Carbon Capture and Storage isn't Carbon Negative. Natural Resources Defense Council. Issue Brief IB: 21-010-A

- NRDC. (2022). Fossil Fuels: The Dirty Facts. Natural Resources Defense Council. Disponível em: <https://www.nrdc.org/stories/fossil-fuels-dirty-facts#sec-what-is>
- Palma, P., Gouveia, J. P., & Barbosa, R. (2022). How much will it cost? An energy renovation analysis for the Portuguese dwelling stock. *Sustainable Cities and Society*, 78(August 2021). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103607>
- Palma, P., Gouveia, J. P., & Simoes, S. G. (2019). Mapping the energy performance gap of dwelling stock at high-resolution scale: Implications for thermal comfort in Portuguese households. *Energy and Buildings*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.03.002>
- Parlamento Europeu. (2022). Revision of the Energy Performance of Buildings Directive: Fit for 55 package. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698901/EPRS\\_BRI\(2022\)698901\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698901/EPRS_BRI(2022)698901_EN.pdf)
- Governo de Portugal. (2019). Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050) - Estratégia de Longo Prazo para a Neutralidade Carbónica da Economia Portuguesa em 2050. Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019.
- Governo de Portugal. (2023b). Edifícios + Sustentáveis 2022 - Relatório da Fase II do Programa Edifícios mais Sustentáveis 2021/2022.
- Governo de Portugal. (2023a). Transição Climática. Recuperar Portugal. Disponível em: <https://recuperarportugal.gov.pt/transicao-climatica/>
- Rodrigues, C. F., Nunes, F., Vicente, F., Escária, V. (2019). Estudo sobre a Pobreza Energética em Portugal - Relatório Final. A Pobreza Energética em Portugal. Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG).
- Rosenow, J. (2022). Is heating homes with hydrogen all but a pipe dream? An evidence review. *Joule*, Volume 6, Issue 10, pp 2225-2228
- Stojilovska, A., Dokupilová, D., Gouveia, J. P., Bajomi, A. Z., Tirado-Herrero, S., Feldmár, N., Kyprianou, I., & Feenstra, M. (2023). As essential as bread: Fuelwood use as a cultural practice to cope with energy poverty in Europe. *Energy Research and Social Science*, 97(September 2022). <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.102987>
- Ter-Mikaeilian, M.T., Colombo, S.J., Chen, J. (2015). The Burning Question: Does Forest Bioenergy Reduce Carbon Emissions? A Review of Common Misconceptions About Forest Carbon Accounting. *Journal of Forestry* 11, no. 1 : 57–68
- Tomlin, A.,S. (2021). Air Quality and Climate Impacts of Biomass Use as an Energy Source: A Review. *Energy Fuels* 2021, 35, 18, 14213–14240
- Vohra, K., Vodonos, A., Schwartz, J., Marais, E. A., Sulprizio, M. P., & Mickley, L. J. (2021). Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. *Environmental Research*, 195(January), 110754. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110754>
- WHO. (2018). Heat and Health. World Health Organization. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health>
- Zachmann, G., Holz, F., Roth, A., McWilliams, B., Sogalla, R., Meissner, F., Kemfert, C. (2021). *Decarbonisation of Energy: Determining a robust mix of energy carriers for a carbon-neutral EU*. Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies Directorate-General for Internal Policies. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/695469/IPOL\\_STU\(2021\)695469\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/695469/IPOL_STU(2021)695469_EN.pdf)