

Universidades Lusíada

Faria, Ana Sofia dos Santos

Eficiência energética e reabilitação : o conceito de casa passiva no património

<http://hdl.handle.net/11067/8724>

Metadados

Data de Publicação

2025

Resumo

A presente investigação tem como objeto de estudo a aplicação do conceito Passive House na reabilitação de edifícios existentes, com enfoque na compatibilidade entre eficiência energética e preservação arquitetónica, particularmente no contexto português. O tema revela-se relevante perante o impacto do setor da construção, responsável por cerca de 35% do consumo energético mundial e por uma fração significativa das emissões de CO₂. A necessidade de alinhar este setor com as metas do Acordo de Pa...

This research focuses on the application of the Passive House concept in the rehabilitation of existing buildings, with an emphasis on the compatibility between energy efficiency and architectural preservation, particularly within the Portuguese context. The issue is particularly relevant given the impact of the construction sector, which accounts for around 35% of global energy consumption and a significant proportion of CO₂ emissions. The need to bring this sector into line with the goals of t...

Palavras Chave

Arquitetura, Património arquitectónico - Reabilitação arquitectónica, Arquitectura de habitação, Sustentabilidade, Eficiência energética, Caso de estudo - Casa Maria Teresa - Leça da Palmeira, Leça da Palmeira - Matosinhos

Tipo

masterThesis

Revisão de Pares

Não

Coleções

[ULP-FAA] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2026-10-30T02:06:09Z com informação proveniente do Repositório

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E REABILITAÇÃO

O conceito de Casa Passiva no Património

Ana Sofia dos Santos Faria



24|25

Professor Doutor Miguel Malheiro

ARQUITECTURA



faculdade
de arquitectura e artes
Universidade Lusitana - Norte (Porto)



Universidade Lusitana - Norte
Porto



UNIVERSIDADE LUSÍADA DO PORTO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E REABILITAÇÃO

O conceito de Casa Passiva no Património

Ana Sofia dos Santos Faria

Orientado por: Professor Doutor Miguel Malheiro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura

Porto, 2025

AVISO LEGAL

O conteúdo desta tese reflete as perspectivas, o trabalho e as interpretações do autor no momento da sua entrega. Esta tese pode conter incorreções, tanto conceptuais como metodológicas, que podem ter sido identificadas em momento posterior ao da sua entrega. Por conseguinte, qualquer utilização dos seus conteúdos deve ser exercida com cautela. Ao entregar esta tese, o/a autor(a) declara que a mesma é resultante do seu próprio trabalho, contém contributos originais e são reconhecidas todas as fontes utilizadas, encontrando-se tais fontes devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção referências. O autor, declara, ainda, que não divulga na presente tese quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor ou de propriedade industrial.



UNIVERSIDADE LUSÍADA

Declaração sob compromisso de honra

(Artigo 6.º, n.º2 das Normas e Orientações para submissão de trabalhos académicos na plataforma Urkund para deteção de similaridade e plágio).

Eu, abaixo assinado, tenho consciência de que a prática de plágio numa forma de violação da integridade académica, constituindo um crime punível por lei com relevância nos regimes disciplinar, civil e criminal.

Nesse sentido, declaro por minha honra que a Dissertação apresentada é original e que todas as fontes, incluindo as da minha autoria, estão devidamente identificadas e referenciadas.

Porto, Universidade Lusíada 03 / 10 / 2025.

O(A) Estudante

Ana Taveira.

Aos meus avós.

Agradecimentos

Agradeço a todos os que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Em primeiro lugar, ao meu orientador, Professor Doutor Miguel Malheiro, pela orientação crítica, disponibilidade e acompanhamento ao longo de todo o processo.

Ao atelier Homegrid, pelo generoso fornecimento de informação técnica e pela disponibilidade demonstrada ao longo deste estudo. A colaboração estabelecida foi essencial para o aprofundamento prático do tema abordado.

À minha família, deixo um agradecimento sentido, em particular aos meus pais e à minha irmã, pelo apoio incondicional, paciência e permanente incentivo ao longo destes anos.

Aos meus amigos, por todo o companheirismo, compreensão e motivação que, em muitos momentos, revelaram-se determinantes para superar os desafios inerentes à elaboração deste trabalho.

Índice

Resumo/ Abstract	XII-XIII
Introdução	14-18
- Objeto de estudo	
- Objetivos	
- Metodologia	
- Estrutura	
Capítulo I Da Casa Passiva à Reabilitação	19-77
1.1. Princípios Passivos	20-22
1.1.1. Contextualização e Princípios	
1.2. <i>Passive House</i>	23-53
1.2.1. Origem e Desenvolvimento desde a Década de 80 do Século XX	
1.2.2. Definição e Princípios Fundamentais da <i>Passive House</i>	
1.2.3. Implementações e a sua Viabilidade	
1.2.4. Classificações <i>Passive House</i>	
1.2.5. Vantagens	
1.3. Reabilitação	54-65
1.3.1. Origem e Contextualização da Preservação do Património	
1.3.2. Princípios	
1.4. Do Conceito de <i>Passive House</i> à Reabilitação do Edificado	66-77

Capítulo II Casos de Referência	78-115
2.1. Moradia Vitoriana, Ecospheric e Guy Taylor Associados	79-91
2.1.1. Metodologia e Objetivos de Análise	
2.1.2. Reabilitação	
2.1.3. Análise dos Resultados	
2.2. nZEBoffice+, Homegrid	92-103
2.2.1. Metodologia e Objetivos de Análise	
2.2.2. Reabilitação	
2.2.3. Análise dos Resultados	
2.3. Cabana Pasiega, Mínima	104-113
2.3.1. Metodologia e Objetivos de Análise	
2.3.2. Reabilitação	
2.3.3. Análise dos Resultados	
2.4. Análise Comparativa	114-115
Capítulo III Caso de Estudo	116-129
3.1. Casa Maria Teresa	117-129
3.1.1. Metodologia e Objetivos de Análise	
3.1.2. Reabilitação	
3.1.3. Análise dos Resultados	
Síntese Conclusiva	130-133
Referências Bibliográficas	134-142

Resumo

A presente investigação tem como objeto de estudo a aplicação do conceito *Passive House* na reabilitação de edifícios existentes, com enfoque na compatibilidade entre eficiência energética e preservação arquitetónica, particularmente no contexto português. O tema revela-se relevante perante o impacto do setor da construção, responsável por cerca de 35% do consumo energético mundial e por uma fração significativa das emissões de CO₂. A necessidade de alinhar este setor com as metas do Acordo de Paris e do Pacto Ecológico Europeu reforça a urgência de soluções que promovam a sustentabilidade e a neutralidade carbónica até 2050.

A investigação procura responder à seguinte questão central: É viável aplicar os princípios *Passive House* na reabilitação de edifícios existentes em Portugal, conciliando eficiência energética e preservação arquitetónica? O conceito *Passive House*, reconhecido pelo seu rigor em termos de eficiência energética e conforto térmico, apresenta um elevado potencial para a redução do consumo de recursos e das emissões de gases com efeito de estufa?

A metodologia estrutura-se em três etapas: revisão da literatura e enquadramento global do conceito; análise de casos de referência, organizados em fichas e comparados por matriz analítica; aplicação a um estudo de caso em Matosinhos, testando a viabilidade prática.

Conclui-se com uma análise crítica da viabilidade da adaptação de edifícios existentes ao padrão *Passive House*, identificando os desafios técnicos, económicos e regulamentares, bem como os benefícios ambientais e sociais decorrentes. Este estudo visa contribuir para o avanço da sustentabilidade no setor da arquitetura.

Palavras-Chave

Passive House – Reabilitação – Sustentabilidade - Eficiência Energética

Abstract

This research focuses on the application of the Passive House concept in the rehabilitation of existing buildings, with an emphasis on the compatibility between energy efficiency and architectural preservation, particularly within the Portuguese context. The issue is particularly relevant given the impact of the construction sector, which accounts for around 35% of global energy consumption and a significant proportion of CO₂ emissions. The need to bring this sector into line with the goals of the Paris Agreement and the European Green Deal reinforces the urgency of finding solutions that promote sustainability and carbon neutrality by 2050.

This research seeks to answer the following central question: Is it feasible to apply Passive House principles to the rehabilitation of existing buildings in Portugal, reconciling energy efficiency with architectural preservation. The Passive House concept, known for its strict standards in terms of energy efficiency and thermal comfort, holds strong potential for reducing resource consumption and greenhouse gas emissions.

The methodology is structured in three stages: literature review and global framework of the concept; analysis of reference cases, organized in files and compared using an analytical matrix; application to a case study in Matosinhos, testing practical feasibility.

The study concludes with a critical analysis of the viability of adapting existing buildings to the Passive House standard, identifying the technical, economic and regulatory challenges, as well as the environmental and social benefits involved. This research aims to contribute to the advancement of sustainability in the field of architecture.

Keywords

Passive House – Rehabilitation – Sustainability – Energy Efficiency

Introdução

O objeto de investigação desta dissertação é a *Passive House*, a Casa Passiva, como conceito aplicado em edifícios existentes, com foco nos processos de reabilitação arquitetónica e energética. O conceito *Passive House*, reconhecido internacionalmente como um dos padrões mais rigorosos de eficiência energética em edifícios, destaca-se pelo seu compromisso em assegurar elevados níveis de conforto térmico e eficiência energética, enquanto minimiza o consumo de recursos e as emissões de gases com efeito de estufa.

A reabilitação de edifícios existentes surge como uma oportunidade estratégica para mitigar o impacto ambiental do setor da construção, sendo responsável por uma significativa parcela do consumo energético global e das emissões de dióxido de carbono (CO₂).

A presente investigação procura explorar a viabilidade dos princípios *Passive House*, aplicados à reabilitação de edifícios existentes, analisando a compatibilidade entre as exigências técnicas e legais deste conceito e as características construtivas dos mesmos, particularmente no contexto português, constituindo-se como o objetivo principal desta investigação.

Adicionalmente, a investigação pretende identificar os desafios técnicos, económicos e regulamentares associados a esta abordagem, bem como propor soluções práticas que conciliem a preservação do edifício com a implementação de medidas de eficiência energética e sustentabilidade. A aplicação do conceito *Passive House* na reabilitação apresenta um enorme potencial para transformar edifícios ineficientes em espaços sustentáveis, resilientes e adaptados às exigências ambientais contemporâneas, constituindo, assim, um tema de relevância inequívoca para a arquitetura no século XXI.

Assim, entendemos serem os objetivos gerais:

- Promover a sustentabilidade na reabilitação arquitetónica, ao explorar os benefícios da aplicação do conceito *Passive House* em edifícios existentes.
- Contribuir para a redução da pegada do carbono no setor da construção, através de soluções energeticamente eficientes.
- Demonstrar a viabilidade da adaptação de edifícios antigos ao conceito padrão *Passive House*, conciliando eficiência energética com preservação arquitetónica.

Os objetivos específicos:

- Desmistificar a integração de *Passive House* em projetos de reabilitação, considerando o contexto português.
- Investigar a compatibilidade entre os requisitos *Passive House* e a legislação portuguesa acerca da reabilitação e eficiência energética.
- Explorar a relação entre conforto térmico e eficiência energética, evidenciando os benefícios para os utilizadores de edifícios reabilitados.
- Aplicar o caso de estudo desenvolvido ao longo da unidade curricular projeto III, pretendendo-se demonstrar a viabilidade do conceito.

Atualmente, o setor dos edifícios é responsável por aproximadamente 35% do consumo total de energia, um valor que se traduz em cerca de um terço das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂). Esta realidade coloca este setor no centro das discussões sobre sustentabilidade ambiental e mudanças climáticas, destacando a necessidade de implementar medidas eficazes para mitigar o impacto negativo que tem no ambiente.¹

A relevância deste tema prende-se com o facto de os edifícios representarem não só uma fatia significativa do consumo energético global, mas também serem espaços onde a eficiência energética pode ser substancialmente melhorada através da adoção de práticas e tecnologias inovadoras.

Neste contexto, a eficiência energética nos edifícios envolve várias dimensões, incluindo a melhoria do isolamento térmico, a utilização de sistemas de iluminação e climatização mais eficientes, bem como a integração de fontes de energia renovável. Estas estratégias não só

¹ “Atualmente, 35% de todo o consumo de energia do planeta é da responsabilidade do setor dos edifícios, sendo a maioria das emissões de carbono referentes às necessidades de aquecimento e arrefecimento. Estas necessidades existem principalmente pela deficiência na construção, o que se traduz em casas muito frias no inverno ou muito quentes no verão, com graves problemas de humidades, bolores, ar saturado e desconforto generalizado. No entanto, através da fase de projeto muitos problemas também, poderiam ser evitados.”. (Gouveia, J. 2024. Secção de Municípios para os ODS)

contribuem para a redução do impacto ambiental, como também proporcionam benefícios económicos aos utilizadores, através da diminuição dos custos energéticos a longo prazo.

O tema torna-se ainda mais relevante face ao cumprimento das metas internacionais estabelecidas no âmbito do Acordo de Paris², bem como das políticas de sustentabilidade promovidas pela União Europeia (UE), como o Pacto Ecológico Europeu (Green Deal)³. Este último estipula objetivos ambiciosos para alcançar a neutralidade carbónica até 2050, destacando a descarbonização do setor dos edifícios como um dos pilares fundamentais para atingir este propósito.

A dissertação encontra-se organizada de forma a articular a fundamentação teórica com a análise prática, estruturando-se em etapas que integram a revisão da literatura, o estudo de casos de referência e a aplicação de um caso prático:

- Levantamento da bibliografia publicada sobre o tema para a construção de uma análise crítica e reflexiva.
- Levantamento dos casos de referência que ajudem a consolidar a relevância do tema, tendo por base critérios de arquitetura passiva e de arquitetura *Passive House*.
- Organização e sistematização dos casos identificados através de criação de fichas que reúnam as características de cada caso recolhido com elementos gráficos descritivos e justificativos, por forma a serem convocados para a narrativa de forma imediata.

² “O Acordo de Paris é um tratado internacional que vincula juridicamente os seus signatários a agirem para combater as alterações climáticas. Em 2015, pela primeira vez na história, os governos acordaram conjuntamente em unir esforços para limitar o aquecimento global e fazer face aos seus impactos. O acordo entrou em vigor a 4 de novembro de 2016, uma vez cumprida a condição de ratificação por, pelo menos, 55 países que representassem no mínimo 55 % das emissões mundiais de gases com efeito de estufa.” (Conselho Europeu. 2024.)

³ “O Pacto Ecológico Europeu é a estratégia de crescimento da UE. Lançado em 2019, consiste num pacote de iniciativas estratégicas que colocou a UE na via rumo a uma transição ecológica, com o objetivo último de alcançar a neutralidade climática até 2050. É o contributo da UE para o Acordo de Paris, que a UE e todos os seus países ratificaram e que fixou o objetivo de manter o aquecimento global a um máximo de +1,5 °C em comparação com os níveis pré-industriais.” (Conselho Europeu. 2024.)

- Apresentação do caso desenvolvido ao longo da unidade curricular projeto III, em Matosinhos, tendo por base os critérios atrás enunciados.

A presente investigação organiza-se através de três momentos distintos, precedida de uma introdução onde será apresentado o objeto de estudo.

O primeiro momento abordará o tema partindo de um contexto global, evidenciando a pertinência da aplicação de princípios passivos para atingir as metas previstas pela UE. Ainda neste momento, abordar-se-á os princípios da *Passive House* do ponto de vista cronológico e territorial.

O segundo momento focar-se-á nos casos de referência, a sua análise, assim como na sua comparação através de uma matriz criada para o efeito.

O terceiro momento incidirá sobre o caso desenvolvido em Matosinhos enquadrado no quadro teórico organizado no primeiro momento, nos princípios analíticos do segundo, por forma a introduzir estratégias de reabilitação utilizando os princípios da *Passive House*.

Por fim, à luz do estado da arte, serão apresentadas as conclusões que emergem desta investigação.

Capítulo I | Da Casa Passiva à Reabilitação

1.1. Princípios Passivos

1.1.1. Contextualização e Princípios

A arquitetura passiva baseia-se na tradição da arquitetura vernacular que assenta num conjunto de princípios fundamentais que visam maximizar o conforto dos edifícios e minimizar a necessidade de aquecimento ou arrefecimento ativo, tirando partido dos recursos naturais disponíveis, como a radiação solar, o vento e a inércia térmica dos materiais. Contudo esta arquitetura passiva não possui critérios muito restritos o que se traduz numa eficiência mais reduzida em comparação com a *Passive House*. (Wassouf, 2022)

Um dos princípios essenciais da arquitetura passiva é a orientação solar, que consiste em dispor o edifício de forma a otimizar a captação da radiação solar no inverno, enquanto se minimiza a sua entrada durante o verão. No hemisfério norte, a orientação a sul permite aproveitar ao máximo a luz e o calor solar nos meses frios, enquanto a redução das aberturas a norte contribui para evitar perdas energéticas. No hemisfério sul, a lógica é inversa, privilegiando-se a orientação a norte. (Wassouf, 2022, pp. 23-24)

O isolamento térmico é outro pilar da arquitetura passiva, sendo essencial para limitar as perdas de calor durante o inverno e prevenir o sobreaquecimento no verão. As superfícies envolventes do edifício, como paredes, coberturas e pavimentos, devem ser adequadamente isoladas, recorrendo a materiais com elevado desempenho térmico. A utilização de isolamentos naturais, como a cortiça ou a lã de rocha, não só reforça a eficiência térmica, como também promove a sustentabilidade ambiental.

A estanqueidade ao ar é um princípio crucial, uma vez que as infiltrações de ar podem comprometer significativamente a eficiência energética do edifício. “Una hermeticidad elevada es fundamental para los edificios de muy bajo consumo energético. Además del ahorro energético, un edificio muy hermético al aire tiene menos riesgo de condensaciones producidas por la convección cuando este atraviesa la envolvente térmica por las juntas abiertas del edificio. Otra ventaja de la hermeticidad elevada al paso del aire es la mayor protección acústica del edificio. Las pérdidas por infiltración dependen de la hermeticidad de la envolvente del edificio, pero también de la exposición al viento.” (Wassouf, 2022, p. 43) A adoção de barreiras de vapor, membranas herméticas e fitas de vedação em portas e

janelas impede a fuga descontrolada de ar, estabilizando a temperatura interna e reduzindo as necessidades de climatização artificial.

A ventilação natural e as estratégias de arrefecimento passivo desempenham um papel relevante na regulação térmica dos edifícios. A disposição estratégica e meticulosa das janelas, aliada à criação de aberturas cruzadas, favorece a circulação de ar, permitindo dissipar o calor acumulado. O efeito chaminé, que consiste na extração do ar quente através de aberturas superiores, é uma solução passiva eficiente para reduzir a temperatura interna. (Pinheiro, 2017, p.45)

Adicionalmente, elementos como pátios internos e jardins verticais podem potenciar o arrefecimento natural dos espaços.

A inércia térmica dos materiais é outro aspeto determinante na arquitetura passiva. Materiais com elevada inércia, como a pedra, o betão ou o adobe, têm a capacidade de armazenar calor durante o dia e libertá-lo gradualmente durante a noite, equilibrando as oscilações térmicas. Tal como afirma Micheel Wassouf: “la inercia térmica es un gestor de energia que actúa como una batería con un ritmo diario. La radiación solar y las cargas interiores de calor se almacenan durante el día en un elemento constructivo con inercia térmica. Para que el concepto de inercia térmica funcione bien, es imprescindible que se produzca una descarga de energía por la noche”. (Wassouf, 2022, p. 35) No verão, estes materiais ajudam a manter a frescura dos ambientes internos, ao passo que, no inverno, contribuem para conservar o calor.

Segundo Wassouf, as sombras e as proteções solares são igualmente fundamentais para o controlo da radiação solar. A integração de beirais, pérgolas, *brise-soleil* e vegetação estratégica protege os edifícios do excesso de calor durante o verão, permitindo simultaneamente o aproveitamento do sol no inverno. A flexibilidade dos sistemas de sombreamento ajustáveis possibilita uma gestão eficaz da radiação ao longo das estações. (Wassouf, 2022, pp. 27-28)

As janelas e os vidros de alto desempenho são também elementos essenciais na arquitetura passiva. Vidros duplos ou triplos, frequentemente preenchidos com gás inerte, minimizam as perdas térmicas, enquanto caixilharias com corte térmico evitam a formação de pontes

térmicas. A utilização de vidros de baixa emissividade permite controlar a entrada de calor sem comprometer a iluminação natural.

Por fim, o recurso a energias renováveis e a sistemas passivos complementares reforça a eficiência energética dos edifícios. A instalação de painéis solares fotovoltaicos ou térmicos possibilita a produção de eletricidade ou o aquecimento de águas sem recurso a combustíveis fósseis. A implementação de sistemas de reaproveitamento de águas pluviais e coberturas verdes contribui ainda para a eficiência hídrica e térmica das construções.

Em suma, a arquitetura passiva constitui um modelo construtivo sustentável, ao conjugar estratégias de aproveitamento dos recursos naturais com soluções técnicas inovadoras, promovendo a eficiência energética e o conforto ambiental, ao aplicar estas técnicas passivas podemos “conseguir que o consumo energético destinado a climatizar o edifício se reduza entre 70% a 90%. As estruturas de sombreamento também podem melhorar o comportamento térmico, diminuindo o consumo de energia no arrefecimento do edifício.” (Pinheiro, 2017, p.39)

1.2. *Passive House*

1.2.1. *Passive House*: Origem e Desenvolvimento desde a Década de 80 do Século XX

O conceito de *Passive House* (Casa Passiva), surge como resposta aos desafios energéticos e ambientais que começaram a ganhar protagonismo nas décadas de 1970 e 1980, quando as crises petrolíferas expuseram a dependência global de combustíveis fósseis e as respetivas consequências económicas e geopolíticas. Durante este período, emergiram movimentos que incentivavam a procura por soluções mais sustentáveis, particularmente no setor da construção. (Wassouf, 2022)

Este conceito constitui um marco no domínio da arquitetura sustentável, ao definir um padrão de construção altamente eficiente do ponto de vista energético, promovendo o conforto térmico com recurso mínimo a fontes de energia convencionais. Desenvolvido no final da década de 1980, este conceito emerge de uma colaboração pioneira entre o físico alemão Dr. *Wolfgang Feist*⁴ e o professor sueco *Bo Adamson*⁵. As suas investigações visavam criar uma abordagem inovadora para a redução do consumo energético no setor da

⁴ De formação académica em Física, *Wolfgang Feist* tem-se destacado, desde a década de 1980, pela sua dedicação à promoção da eficiência energética no setor da construção. O seu contributo tem sido amplamente reconhecido internacionalmente, tendo sido distinguido com o Prémio Ambiental Alemão em 2001 e com o Prémio Internacional do Ambiente da cidade de Gotemburgo em 2003. Em 2013, recebeu a Bolsa Honorária do *Royal Institute of British Architects* (RIBA), sinal de reconhecimento da relevância do seu trabalho no panorama global da arquitetura sustentável. Para além das suas funções como diretor científico do referido Instituto, *Feist* desempenhou funções docentes como professor de Física da Construção na Universidade de Innsbruck até à sua jubilação em 2019, mantendo ainda atualmente cargos académicos de carácter honorífico. O seu papel continua a ser determinante na consolidação e evolução do padrão da Casa Passiva, que hoje se afirma como uma referência internacional em construção de elevado desempenho energético. (ORCID. 2022.)

⁵ *Bo Adamson*, engenheiro sueco com particular relevância no campo da arquitetura sustentável e da eficiência energética em edifícios, sendo amplamente reconhecido como cofundador do conceito de Casa Passiva, juntamente com o físico alemão *Wolfgang Feist*. A sua formação em engenharia civil, aliada a uma forte sensibilidade para questões ambientais, levou-o a desenvolver, investigações pioneiras sobre formas de reduzir drasticamente o consumo energético no setor da construção, com especial enfoque no clima europeu. *Bo Adamson* foi professor na Universidade de *Lund*, na Suécia, uma das instituições de ensino superior mais prestigiadas da Escandinávia, onde se destacou pela sua investigação na área da construção de edifícios energeticamente eficientes. (Wikipedia, 2025)

construção, com base em estratégias passivas de climatização e tecnologias de ponta. (Passipedia, 2024)

Para o desenvolvimento do conceito *Passive House* foi aproveitado muito do conhecimento adquirido e das experiências levadas a cabo ao longo de séculos na procura do conforto com a racionalização e optimização dos recursos disponíveis. O trabalho científico é sempre baseado no trabalho precedente. O contributo de experiências levadas a cabo nas décadas de 1970 e 1980 como as casas super-isoladas ou as casas solares passivas foi fundamental para a definição do que é hoje uma *Passive House*. (Gavião, 2012, pp. 29-30)

O projecto Philips Experimental House Project que teve o seu início após a primeira crise petrolífera de 1973, crise que acabou por ser fundamental para impulsionar a investigação de soluções energeticamente eficientes, ocorreu entre 1974 e 1984, respectivamente a data da construção e a data da conclusão da monitorização e investigação do protótipo. Trata-se de uma casa localizada na Alemanha, em Aachen, com construção em madeira com elevados níveis de isolamento (valores do U de $0,14\text{W/m}^2\text{K}$), janelas com vidro duplo com baixa emissividade e estores exteriores, sistema de ventilação com recuperação de calor com 90% de eficiência e com pré-aquecimento e pré-arrefecimento do ar através de permutação de calor pelo solo. (Gavião, 2012, pp. 29-30)

A primeira casa certificada como *Passive House* foi concluída em 1991, na localidade de *Darmstadt-Kranichstein*, na Alemanha. (Fig.1) Este projeto demonstrou empiricamente que era possível reduzir até 90% o consumo energético associado ao aquecimento, quando comparado com habitações construídas segundo os padrões convencionais da época, sem comprometer os níveis de conforto térmico. Desde então, a *Casa Passiva* consolidou-se como um dos padrões mais rigorosos e amplamente reconhecidos no âmbito da construção sustentável. (Passipedia, 2024)

O sucesso do protótipo de *Darmstadt* deu origem à fundação do *Passivhaus Institut* (PHI), em 1996, entidade independente, liderado pelo Dr. *Wolfgang Feist*, com o objetivo de promover, investigar e regulamentar a aplicação do padrão *Passive House* em diferentes contextos climáticos e culturais, cuja missão é apoiar profissionais da arquitetura, engenharia e indústria no desenvolvimento de soluções construtivas altamente eficientes. A partir daí, o

conceito foi amplamente adotado na Europa, começando pela Alemanha, Áustria e Suíça, países que rapidamente se destacaram na implementação de políticas de incentivo à eficiência energética e à construção sustentável, criando as suas próprias associações. (Guana, 2011)

As “Casas Passivas” foram definidas como edifícios com uma procura de energia para aquecimento extremamente reduzida, mesmo no clima da Europa Central, e que, por isso, não necessitam de aquecimento ativo. Estas casas podem ser mantidas quentes de forma «passiva», utilizando apenas as fontes de calor internas existentes e a energia solar que entra pelas janelas, bem como um aquecimento mínimo do ar fresco que entra.⁶ (Passipedia, 2024)

⁶ Tradução da autora. Texto original: ““Passive Houses” were defined as buildings which have an extremely small heating energy demand even in the Central European climate and therefore need no active heating. Such houses can be kept warm “passively”, solely by using the existing internal heat sources and the solar energy entering through the windows as well as by a minimal heating of incoming fresh air.” (Passipedia, 2024)



Fig. 1. Dr. Wolfgang Feist com a sua família em frente à primeira *Passive House*, em Darmstadt.
(Fonte: International Passive House Association)

A adoção deste padrão não se restringiu apenas ao setor habitacional. Edifícios comerciais, escolas, hospitais e até infraestruturas públicas têm sido projetados segundo este conceito, demonstrando a sua flexibilidade e eficácia. Além disso, o padrão tem vindo a evoluir para responder a desafios emergentes, como a necessidade de integrar sistemas de energia renovável e a adaptação às metas de descarbonização previstas no Acordo de Paris. Tal como o arquiteto e membro fundador da Associação *Passivhaus* Portugal – PHPT, João Marcelino afirma: “Todos os tipos de edifícios podem ser construídos ou reabilitados com este conceito, quer sejam casas unifamiliares, edifícios de habitação, escolas, escritórios, creches, hospitais, instalações industriais, instalações recreativas e desportivas, ou até arranha-céus. O que é importante é a implementação do conceito e requisitos, e não o tipo de edifício ou construção.” (Marcelino, 2021)

A Diretiva Europeia de Eficiência Energética em Edifícios (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD) e os compromissos internacionais em matéria de alterações climáticas, como o Acordo de Paris, têm desempenhado um papel decisivo na implementação do conceito de *Passive House*. (Mesquita et al, 2025)

Esta iniciativa contribui de forma significativa para o objetivo global de reduzir as emissões de carbono, particularmente no setor da construção, que é responsável por uma grande parte das emissões de gases com efeito de estufa. Para além disso, as soluções da Casa Passiva apresentam uma oportunidade para diminuir os custos operacionais a longo prazo, devido à redução dos gastos com aquecimento e arrefecimento, assim como, simultaneamente, promove um ambiente interior mais saudável e confortável. (Marcelino, 2021)

Em termos de impacto económico, o conceito tem sido cada vez mais valorizado pela sua capacidade de gerar economias substanciais de energia e reduzir os custos operacionais de edifícios ao longo do seu ciclo de vida. Para além disso, ao proporcionar uma qualidade de vida superior, com condições interiores constantes e confortáveis, a *Passive House* tem sido vista como uma alternativa viável e sustentável às construções convencionais.

1.2.2. Definição e Princípios Fundamentais da *Passive House*

O conceito de *Passive House* constitui um paradigma inovador na conceção e construção de edifícios energeticamente eficientes, promovendo, de forma integrada, elevados padrões de conforto, sustentabilidade e acessibilidade económica. Esta abordagem representa uma resposta concreta aos desafios ambientais e energéticos contemporâneos, consolidando-se globalmente como um modelo de construção altamente eficaz.

El estándar más conocido internacionalmente. puede considerarse la base de trabajo para los edificios de "energía casi nula" impuesto por la Unión Europea para finales de la década de 2010. Muchos otros estándares - como el francés Effinergie o el italiano CasaClima - se basan en la experiencia del Passivhaus. Su enfoque sobre el control de la demanda de calefacción y refrigeración es de especial importancia para los arquitectos, pues intenta conseguir un control energético mediante el desarrollo de los componentes pasivos de la arquitectura, por un lado, y con el apoyo de sistemas activos energéticamente eficientes, por otro. (Wassouf, 2022, p. 16)

Em Portugal, a disseminação deste conceito revela-se essencial para fortalecer a independência energética do país e fomentar a sua sustentabilidade ambiental, contribuindo para a transição para um paradigma construtivo mais eficiente e resiliente.

Destarte, o foco da *Passive House* está na operação do edifício que na sua utilização consegue dotar o ambiente construído de qualidades que normalmente escasseiam, nomeadamente o conforto térmico e acústico, a qualidade do ar interior, ausência de patologias a curto e longo prazo com o mínimo de consumo de energia. Neste sentido, este conceito traduz-se no padrão de desempenho mais exigente a nível mundial, para ter a melhor qualidade em termos de ambientes interiores com o mínimo de consumo de energia. (Gavião, 2025) Segundo Wassouf: “*Passivhaus* no consiste tanto en un tipo de soluciones determinadas, sino en el camino que hay que seguir para llegar a unas demandas energéticas muy bajas y un confort climático muy alto.”. (Wassouf, 2022, p. 31)

A conceção e construção segundo o padrão Casa Passiva baseia-se em cinco princípios fundamentais com o cumprimento de determinados requisitos, cuja integração permite assegurar elevados níveis de eficiência energética e conforto térmico. (Associação *Passivhaus* Portugal – PHPT, S.d.)

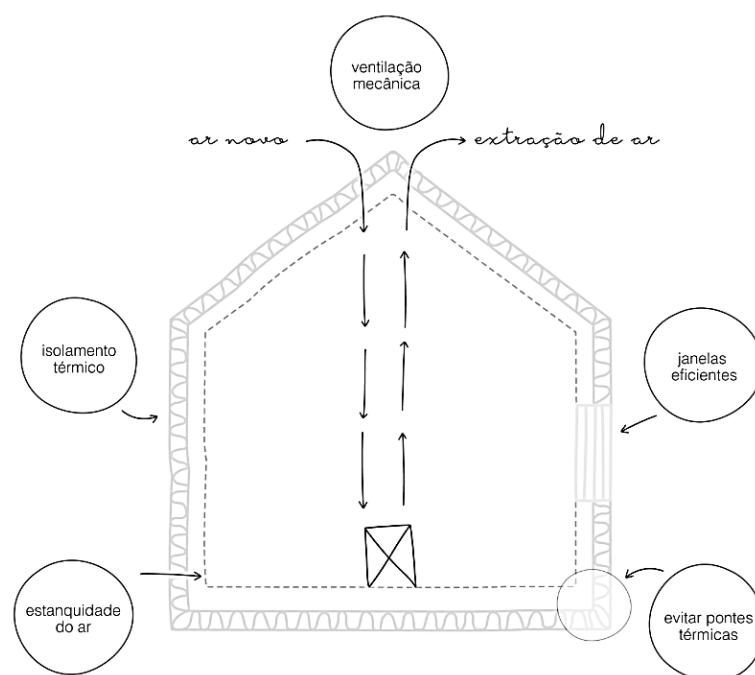


Fig. 2. Diagrama com os 5 princípios da Casa Passiva (Fonte: Homestories)

Neste contexto, o **isolamento térmico** assume um papel central, ao assegurar a envolvimento do edifício por uma camada contínua e de elevada eficácia, destinada a reduzir significativamente as perdas de calor através dos elementos da envolvente opaca, nomeadamente paredes, coberturas e pavimentos. (Antón et al, 2011)

En el estándar Passivhaus no importa solo el espesor del aislamiento en fachadas, cubiertas y suelos sino una continuidad del mismo entre todos estos elementos. Si no existe continuidad estos puntos de encuentro significan puentes térmicos, que además de ser fuentes de condensaciones suponen una pérdida de energía considerable. En un edificio poco eficiente las pérdidas debidas a puentes térmicos representan un porcentaje pequeño con respecto al total, pero en un edificio muy eficiente como los del estándar Passivhaus, estas pérdidas cobran más protagonismo. Los puentes térmicos y su influencia es un tema amplio por lo que se desarrolla en el siguiente capítulo de la guía. El estándar Passivhaus no exige un espesor de aislamiento, sino que limita las demandas de calefacción, refrigeración, energía primaria y estanqueidad. (Antón et al, 2011, p. 46)

A sua eficácia depende, em grande medida, da seleção criteriosa dos materiais, sendo essencial considerar a sua condutividade térmica, de modo a maximizar o desempenho energético do edifício. Para além da escolha adequada do material, a sua correta aplicação em obra revela-se igualmente determinante.

No caso da utilização de painéis de isolamento, torna-se imprescindível garantir a sua colocação sem afastamentos ou descontinuidades, por forma a evitar a formação de pontes térmicas, que comprometem o desempenho global do sistema. Acresce ainda a necessidade de assegurar que o material mantém as suas propriedades técnicas ao longo do tempo, o que pressupõe um manuseamento adequado, bem como condições apropriadas de armazenamento durante todas as fases da construção. (Gavião et al, 2025)

Paralelamente, importa considerar o fenómeno da difusão do vapor de água. A presença de humidade no interior dos edifícios é inevitável, todavia, uma conceção eficiente deve prever mecanismos que evitem que essa humidade condense no interior da camada de isolamento. A infiltração de vapor de água no isolamento pode alterar as suas propriedades físicas e químicas, comprometendo a sua eficácia térmica e durabilidade. (Gavião et al, 2025)

A inércia térmica⁶ constitui um dos parâmetros fundamentais no desempenho ambiental de um edifício, influenciando de forma decisiva o conforto térmico interior, o comportamento higrotérmico da envolvente e as exigências energéticas associadas ao aquecimento e arrefecimento dos espaços. A sua principal função reside na atenuação das flutuações térmicas no interior dos compartimentos, promovendo uma maior estabilidade das condições ambientais ao longo do tempo. Segundo os autores Antón e Vogt:

Es fundamental no confundir los conceptos de inercia térmica y aislamiento. La inercia térmica es la capacidad de un material de almacenar calor y es fundamental porque nos garantiza una mayor estabilidad de la temperatura interior y menos dependencia de la fluctuación de la temperatura en el exterior. Pero la masa térmica no aísla. La energía se va poco a poco por la envolvente. Un muro de piedra es un claro ejemplo de un elemento constructivo con gran inercia térmica, pero con escasa capacidad de aislamiento. (Antón et al, 2011, p. 44)

Na ausência de um isolamento térmico eficaz, a massa térmica do edifício, isto é, a sua capacidade de armazenar e libertar calor, comporta-se como um elemento de dupla transferência, permitindo trocas de calor em ambos os sentidos, interior-exterior, por via da convecção natural. Este fenómeno resulta, inevitavelmente, em perdas energéticas acentuadas durante o Inverno e em ganhos excessivos no Verão, comprometendo o conforto e a eficiência do sistema. (Wassouf, 2022)

Quando o isolamento térmico é posicionado no lado interior da massa térmica, esta perde a sua eficácia como moderador térmico, uma vez que fica impedida de absorver ou libertar energia em tempo útil. Pelo contrário, uma correta integração da massa térmica permite uma redução significativa das necessidades de aquecimento, podendo alcançar uma diminuição de até 5 kWh/(m²a) dependendo das características do material e do clima local. (Ferreira, 2017)

A capacidade de armazenamento térmico está diretamente relacionada com a densidade dos materiais utilizados. Elementos construtivos como a pedra, o betão ou o tijolo maciço apresentam uma elevada inércia térmica, sendo, por isso, particularmente eficazes na regulação das variações térmicas diárias. Em climas como em Portugal, marcados por amplitudes térmicas significativas entre o dia e a noite, a presença de uma envolvente com

elevada inércia térmica constitui um contributo essencial para a estabilidade térmica e o desempenho energético global da construção.

A **estanqueidade do ar** representa outro fator determinante, ao impedir a ocorrência de infiltrações indesejadas, tanto do exterior como, de forma ainda mais relevante, do interior. Com efeito, o ar proveniente dos espaços interiores tende a apresentar uma temperatura mais elevada e um maior teor de humidade, o que favorece a sua migração através dos elementos construtivos. Esta infiltração pode comprometer as propriedades dos materiais, alterando o seu comportamento e diminuindo a sua durabilidade. (Berger, 2011, pp. 89-93)

Para mitigar este fenómeno, são adotadas soluções construtivas específicas que asseguram um elevado grau de hermeticidade, promovendo a continuidade da envolvente e eliminando possíveis descontinuidades por onde o ar possa circular. Esta abordagem contribui de forma significativa para a prevenção de patologias construtivas, como a condensação e a proliferação de fungos, que resultam da acumulação de humidade nas camadas internas da construção.

Neste âmbito, a estanqueidade ao ar desempenha um papel fundamental na salvaguarda do desempenho do isolamento térmico, funcionando como uma barreira eficaz à passagem do vapor de água para o interior do isolamento. Desta forma, a quantidade de humidade que atinge o isolamento é suficientemente reduzida, permitindo que este seque de forma natural, sem prejuízo das suas propriedades térmicas e funcionais. (Gavião et al, 2025)

A **atenuação das pontes térmicas** constitui outro dos princípios basilares na conceção de edifícios segundo o padrão Casa Passiva. Estas zonas específicas da envolvente construtiva caracterizam-se por apresentarem uma resistência térmica inferior à dos elementos adjacentes, “tal como o Lloyd Alter, que recentemente esteve em Portugal na 7ª Conferência Passivhaus Portugal, descreve “até 30% de perdas de energia podem dar-se pelas pontes térmicas e tudo por causa de um mau projeto”. (Inbuild, 2020)

Tal fenómeno compromete não apenas o desempenho energético global do edifício, mas também a sua durabilidade e a qualidade do ambiente interior, podendo originar patologias como condensações superficiais ou intersticiais, com impacto direto na saúde e no conforto dos ocupantes. Tal como afirma Sérgio Balsategui:

Un puente térmico se comporta en la envolvente térmica de un edificio coma un agujero en un cubo de agua, aumenta el flujo de calor entre el interior el exterior de la misma forma que el agujero en el cubo derrocha el agua del interior. En un edificio de viviendas que cumpla normativa, la mejora de aislamiento en puentes térmicos puede conllevar ahorros de entre un 20% a un 30% Este porcentaje es tanto mayor, cuanto mejor es el aislamiento de los cerramientos (cuando disminuyen las pérdidas en el resto de la envolvente, los PT cobran una mayor importancia en términos relativos), de forma que un edificio con aislamientos cercanos al de un Passivhaus, las pérdidas energéticas a través de unos PT mal tratados puede suponer cerca del 50%. (Balsategui, 2011, pp. 57-58)

A mitigação eficaz das pontes térmicas requer uma abordagem integrada ao nível do projeto e da execução, garantindo a continuidade da camada isolante em todos os elementos da envolvente. Isto implica, por exemplo, a correta ligação entre o isolamento aplicado nas paredes e aquele que reveste a laje, assegurando que não existem descontinuidades nas zonas de interseção entre diferentes componentes construtivos. (Balsategui, 2011)

Do mesmo modo, no caso da instalação de vãos envidraçados, como janelas, a sua colocação deve ser cuidadosamente planeada. Idealmente, os caixilhos deverão ser integrados na camada de isolamento térmico, evitando a criação de pontos vulneráveis à passagem de calor.

De igual modo, deve evitar-se a perfuração da camada de isolamento, salvo quando se recorra a materiais com reduzida condutividade térmica, que minimizem o impacto da interrupção da barreira térmica, como por exemplo a madeira, o aço de alta qualidade, e o poliuretano.

No caso específico das lajes térreas, quando possível, a utilização de um bloco de nivelamento com propriedades térmicas, vulgarmente designado por bloco térmico, na base das alvenarias exteriores e interiores revela-se uma solução eficaz para evitar a criação de pontes térmicas ao nível da interface entre os elementos estruturais e os elementos de fecho. A adoção destas estratégias permite alcançar um desempenho térmico homogéneo em toda a envolvente, contribuindo decisivamente para a eficiência energética do edifício e para o bem-estar dos seus utilizadores. (Gavião et al, 2025)

As **caixilharias de elevado desempenho** constituem um elemento essencial na conceção de edifícios segundo o padrão *Passive House*, sendo desenvolvidas com o objetivo de maximizar o isolamento térmico e reduzir significativamente as perdas energéticas.

Estas soluções construtivas integram caixilhos de elevada qualidade em combinação com envidraçados duplos ou triplos, preenchidos com gases inertes⁷, como o argón, que melhoram substancialmente o desempenho térmico e acústico do sistema. Esta configuração permite potenciar o aproveitamento da radiação solar, contribuindo para o aquecimento passivo dos espaços interiores e, simultaneamente, reduzindo a necessidade de recurso a sistemas convencionais de climatização, quer para aquecimento, quer para arrefecimento. (Pastor, 2011)

Tal como afirma Rafael Pastor:

Como se ha indicado, el efecto aislante de la cámara de la ventana depende directamente del comportamiento del gas que contiene. La conductividad térmica de un gas en reposo depende de su masa molecular, cuanto más pesa la molécula de gas menos calor conduce. Esta es la razón por la que ha sido práctica común rellenar los aislamientos o las propias ventanas con gases de mayor peso molecular que el aire. Hasta hace algún tiempo fue común la utilización de CFCs para aislamientos de frigoríficos, prohibido en la actualidad por su efecto sobre la capa de ozono. Las ventanas de muy altas prestaciones se rellenan de forma habitual con argón, gas inerte de elevado peso molecular. (Pastor, 2011, p. 84)

Adicionalmente, para garantir a continuidade da barreira térmica, as janelas são idealmente instaladas no plano da camada de isolamento, recorrendo a perfis metálicos, madeira ou PVC colocados pontualmente, de modo a evitar pontes térmicas. Contudo, a elevada estanqueidade ao ar, característica dos edifícios *Passive House*, requer uma estratégia de ventilação eficaz, uma vez que a ausência de renovação de ar adequada pode favorecer a

⁷ Um gás inerte pode ser definido como uma substância gasosa cuja natureza química caracteriza-se por uma ausência de reatividade com os elementos do meio envolvente, quando sujeito a condições normais de temperatura e pressão. (Air Liquide Portugal. 2025.)

acumulação de humidade interior, originando condensações e, conseqüentemente, patologias construtivas. (Gavião et al, 2025)

Neste contexto, a ventilação natural, mesmo quando promovida de forma regular, revela-se insuficiente para assegurar a qualidade do ar interior sem comprometer o conforto térmico ou induzir perdas energéticas significativas. Assim, torna-se imprescindível a implementação de um sistema de ventilação mecânica controlada com recuperação de calor, o qual permite renovar o ar interior de forma contínua e eficiente, mantendo as condições de conforto e contribuindo para a sustentabilidade do edifício. Através de um estudo feito pela Escola de Saúde Pública da Universidade de Harvard (*Harvard T.H. Chan School of Public Health*) identificaram os 9 Fundamentos de um Edifício Saudável, sendo um deles a ventilação:

um tópico muito discutido no projeto das *Passive House* até porque influencia o desempenho energético do edifício bem como a qualidade do ar interior. Entre outras indicações o estudo recomenda que o ar exterior e de recirculação deve ser filtrado com um mínimo de eficiência de remoção de 75% para todos os tamanhos de partículas, incluindo nano partículas. Recomenda também que seja evitada a entrada de ar exterior ao nível do piso da rua ou perto de outras fontes de poluentes. Estas indicações aproximam-se das indicações *Passive House* onde a estanqueidade ao ar é obrigatória e o sistema de ventilação permite uma filtragem muito considerável das partículas (dependendo dos sistemas definidos em projeto o nível de filtragem varia). (Inbuild, 2019)

Desta forma, a qualidade do ar interior e, por conseguinte, a salubridade do edifício são asseguradas através da implementação de um sistema de **ventilação mecânica controlada com recuperação de calor**.

O conceito de sistema de ventilação com recuperação de calor usado nas *Passive House* permite uma filtragem, controlo e melhoria muito significativa da qualidade do ar. Este sistema potencia a circulação do ar com trocas com o exterior, sem perdas de energia e com a purificação do ar que entra. (Inbuild, 2019)

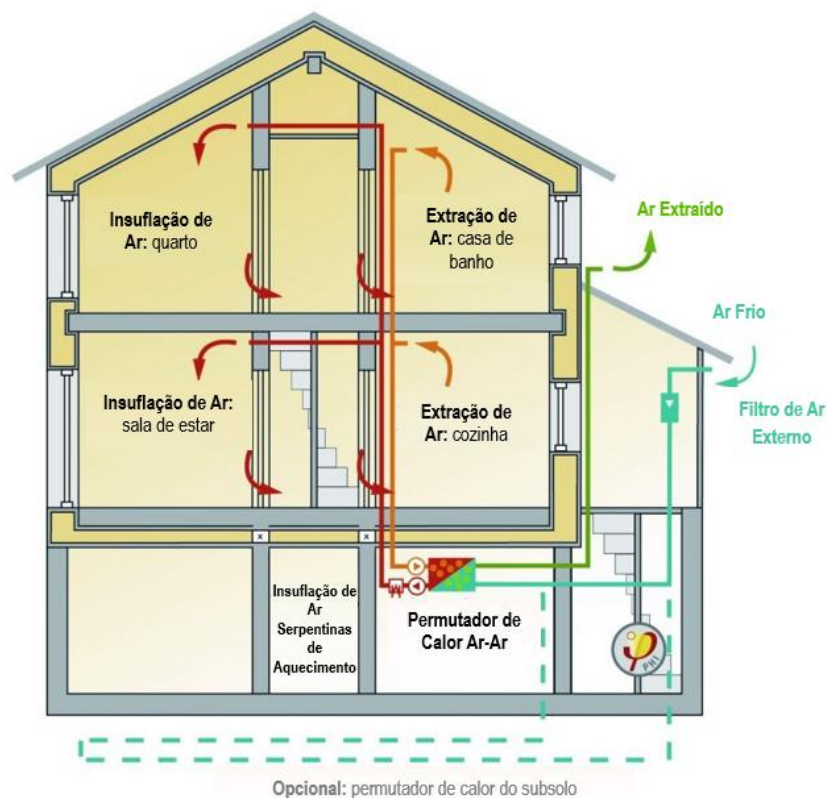


Fig. 3. Esquema do sistema de ventilação mecânica com fornecimento e extração de ar e recuperação de calor.
(Fonte: Passive House Pty Ltd)

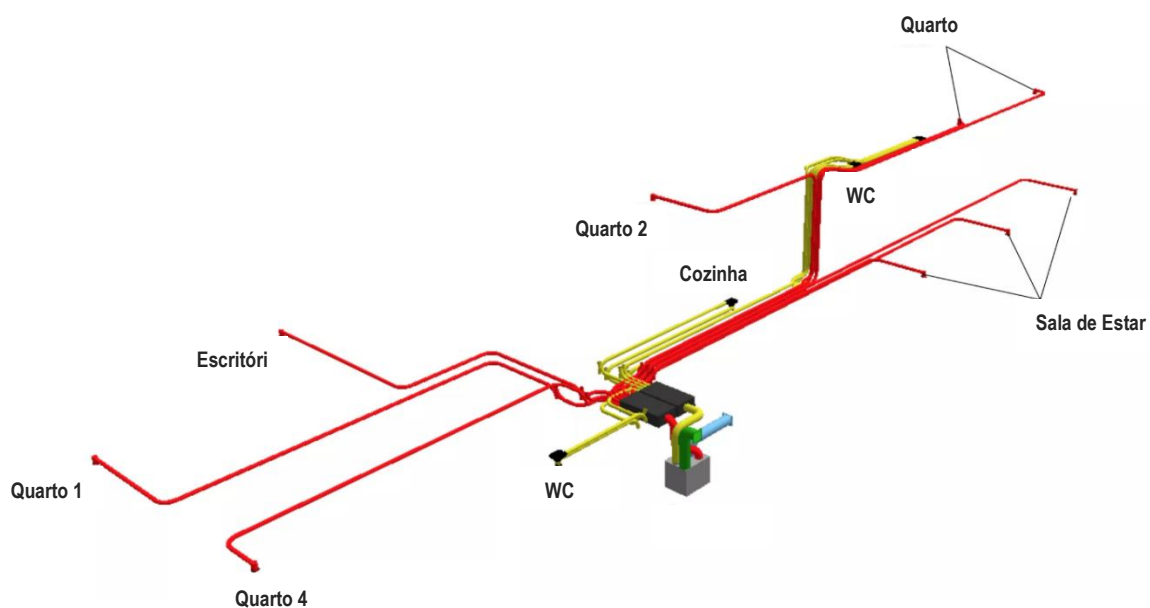


Fig. 4. Esquema representativo da instalação do sistema de ventilação mecânica controlada. (Fonte: Passive House Pty Ltd)

O seu funcionamento baseia-se na extração do ar viciado proveniente das zonas húmidas e de elevada carga poluente, como cozinhas e instalações sanitárias, enquanto promove a introdução de ar exterior, previamente filtrado, nas áreas como salas, quartos, escritórios e restantes espaços de permanência prolongada. (Alfonso, 2011) A recuperação de calor processa-se por meio de um permutador, no qual a energia térmica contida no ar extraído é transferida para o ar novo frio que é insuflado, contribuindo para a manutenção de uma temperatura interior estável e confortável, com reduzido consumo energético. (Gavião et al, 2025)

Adicionalmente, estes sistemas podem ser complementados com unidades de aquecimento integradas, nomeadamente serpentinas térmicas incorporadas no ventilador, permitindo fornecer calor suplementar ao ar insuflado, quando necessário, sem recorrer a equipamentos adicionais. No entanto, em alguns casos poderá proceder-se à introdução de equipamentos de climatização, mas com uma potência a sua utilização será reduzida. (Wassouf, 2022) A adoção do padrão *Passive House* traduz-se em benefícios significativos, tanto a nível económico como ambiental. A eficiência energética alcançada por este modelo permite uma redução no consumo energético até 75% em comparação com os edifícios convencionais, promovendo um uso mais racional e sustentável dos recursos disponíveis. (Homegrid, 2021)

Esta diferença substancial pode ser ilustrada através de uma analogia simples, enquanto um edifício convencional se assemelha a uma máquina de café tradicional, que necessita de permanecer constantemente ligada para manter o café quente, representando, assim, um consumo energético contínuo e ineficiente, a *Passive House* assemelha-se a uma garrafa térmica, que conserva o calor de forma eficaz ao longo do tempo, sem depender de uma fonte de calor ativa.

Tal como a garrafa térmica preserva a temperatura interior com perdas mínimas, também os edifícios construídos segundo o padrão Casa Passiva mantêm condições de conforto térmico estáveis, graças a uma envolvente altamente eficiente e a estratégias passivas que reduzem drasticamente a necessidade de aquecimento ou arrefecimento mecânico. Esta abordagem representa não apenas uma evolução tecnológica, mas também uma mudança de paradigma na forma como se concebe e habita o espaço edificado. (IPHA, 2018) Adicionalmente, a drástica diminuição das emissões de CO₂ associada a esta abordagem contribui para a mitigação das alterações climáticas e para a redução da dependência de combustíveis fósseis, alinhando-se com os objetivos globais de transição energética.

1.2.3. Implementação e a sua Viabilidade

O conceito de *Passive House* teve origem na Alemanha, onde se encontra mais consolidado e desenvolvido. A sua adoção tem vindo a expandir-se gradualmente pelo Norte e Centro da Europa, destacando-se a Áustria como um dos países que mais tem investido e promoveu este modelo construtivo altamente eficiente, bem como na América do Norte e Ásia. (IPHA, 2018)

Não obstante, a difusão deste conceito nos diferentes países europeus continua a enfrentar desafios consideráveis. Entre os principais obstáculos, salientam-se o conhecimento ainda limitado deste conceito por parte da indústria da construção, as deficiências de competências técnicas entre empresários e construtores, e a resistência do mercado em aceitar e integrar esta abordagem inovadora. Esses fatores, interligados entre si, alimentam um ciclo difícil de quebrar, atrasando a adoção generalizada desta solução sustentável.

Com o objetivo de superar essas barreiras, a União Europeia tem promovido diversas iniciativas estratégicas focadas na divulgação, sensibilização e implementação do conceito *Passive House* nos Estados-Membros, recorrendo a projetos específicos e programas de financiamento que incentivam a transição para práticas construtivas energeticamente mais eficientes.

Um dos projetos mais relevantes foi o *Cost Efficient Passive Houses as European Standards* (CEPHEUS), desenvolvido ao longo de quatro anos, entre janeiro de 1998 e dezembro de 2001. Este projeto teve como principal objetivo demonstrar a aplicação prática e viabilidade do conceito *Passive House*, evidenciando a sua exequibilidade por diversas equipas em diversos contextos geográficos. (CEPHEUS.DE, S.D)

No âmbito do CEPHEUS, foi prevista a construção de 250 unidades habitacionais segundo os padrões da Casa Passiva. Contudo, concretizaram-se 221 fogos, distribuídos por cinco países europeus, Alemanha, Áustria, Suíça, França e Suécia. Paralelamente, o projeto incluiu a monitorização rigorosa do desempenho energético dos edifícios e uma análise crítica dos resultados obtidos, permitindo uma avaliação fundamentada da eficácia e do impacto da aplicabilidade deste conceito. (Gavião, 2012)

Por outro lado, o projeto *Promotion of European Passive Houses* (PEP), apoiado pela União Europeia, reuniu nove países do oeste e norte da Europa, promovendo a cooperação no

sentido de difundir os princípios do conceito Casa Passiva. Este projeto, iniciado em janeiro de 2005, baseou-se na experiência consolidada da Alemanha e da Áustria, bem como nas lições retiradas do desenvolvimento das casas passivas ao longo dos anos. (Elswijk et al, 2008.)

Paralelamente ao PEP, foi desenvolvido o projeto *Passive-On*, ocorrendo entre janeiro de 2005 e setembro de 2007, com o propósito de adaptar e promover o conceito *Passive House* em regiões de clima quente da Europa. Este projeto envolveu a participação de países como Portugal, Espanha, França, Itália e Reino Unido, focando-se na redefinição do conceito ao integrar um limite específico para as necessidades de arrefecimento, ajustado às exigências térmicas dos climas mediterrânicos. O *Passive-On* pretende, assim, prever a previsão deste modelo construtivo em contextos climáticos distintos, ampliando o seu âmbito de aplicação e contribuindo para a transição energética sustentável para o nível europeu. (*Passive-On*, 2007)

A aplicação do padrão *Passive House* em Portugal tem vindo a registar uma expansão progressiva, impulsionada, em grande medida, pela realização de diversas conferências especializadas, seminários, workshops e pelas formações promovidas pela Associação Passivhaus Portugal – PHPT⁸ com certificação através do *Passivhaus Institut*.

Este esforço de divulgação e capacitação técnica tem contribuído significativamente para a consolidação e disseminação deste conceito no contexto nacional. A adoção generalizada dos princípios *Passive House* revela-se, assim, um instrumento fundamental na prossecução de um ambiente edificado mais sustentável, resiliente e energeticamente eficiente, alinhado com os objetivos de neutralidade carbónica e de mitigação das alterações climáticas.

Embora os princípios orientadores da norma Casa Passiva sejam aplicáveis a qualquer localização geográfica, a sua implementação eficaz em Portugal requer uma abordagem diferenciada que tenha em consideração as especificidades climáticas de cada região. A principal distinção entre o Norte e o Sul do país reside, sobretudo, na escolha e adequação

⁸ A Associação Passivhaus Portugal – PHPT foi fundada em 2012, com sede em Ílhavo, Aveiro, no seguimento da estratégia definida pelo atelier *Homegrid* em coordenação com o *Passivhaus Institut*, para a implementação e desenvolvimento do conceito *Passive House* em Portugal.

dos materiais construtivos, nomeadamente no que diz respeito aos seus coeficientes de transmissão térmica (valor U). (Inbuild, 2021)

No Norte de Portugal, caracterizado por um clima mais húmido e temperaturas médias mais baixas ao longo do ano, a prioridade recai sobre a capacidade de retenção do calor. Assim, os materiais selecionados para a envolvente opaca, tais como paredes, coberturas e pavimentos, devem apresentar uma resistência térmica elevada, recorrendo a isolamentos com baixa condutividade térmica e espessuras adequadas. Este reforço no desempenho térmico dos materiais visa minimizar as perdas de calor e assegurar um nível elevado de conforto térmico interior, mesmo em condições de inverno rigoroso.

Por outro lado, no Sul do país, onde predominam verões longos e com temperaturas frequentemente elevadas, o desafio passa por evitar o sobreaquecimento. A estratégia de projeto exige aqui uma seleção criteriosa de materiais que, embora termicamente eficientes, respondam eficazmente à necessidade de inércia térmica e sombreamento. Materiais com coeficientes térmicos ajustados ao contexto climático meridional, aliados a soluções construtivas que favoreçam o arrefecimento passivo, tornam-se cruciais. Em vez de reforçar unicamente o isolamento, importa ponderar a capacidade dos materiais para retardar a entrada do calor, garantindo que o edifício se mantenha confortável sem depender de sistemas de arrefecimento ativo.

Neste enquadramento, verifica-se que a aplicação dos critérios *Passive House* em Portugal não se traduz numa solução estanque, mas antes num exercício de adaptação inteligente dos materiais e soluções construtivas às realidades climáticas distintas de Norte a Sul. A escolha adequada de materiais, com coeficientes de transmissão térmica otimizados para o contexto específico, assume, assim, um papel central na concretização de edifícios energeticamente eficientes, confortáveis e ambientalmente sustentáveis em todo o território nacional.

1.2.4. Classificações *Passive House*

O conceito de *Passive House* constitui uma abordagem em contínua evolução, orientada por princípios físicos universais que se mantêm válidos independentemente das especificidades climáticas de cada região. Esta metodologia baseia-se no cumprimento rigoroso de um conjunto de requisitos técnicos fundamentais, comuns a todas as edificações concebidas segundo este padrão, os quais visam garantir um elevado desempenho energético. (Homegrid, 2021)

Tabela. 1. Requisitos do PHPP (Fonte: Homegrid)

REQUISITOS	
Aquecimento	necessidade anual $< 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ou carga de pico $< 10 \text{ W}/\text{m}^2$
Arrefecimento	necessidade anual $< 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ + necessidade de desumidificação ou carga de pico $< 10 \text{ W}/\text{m}^2$
Energia Primária	PE $< 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ou PER $< 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Estanqueidade	teste de porta do soprador (n_{50}) $< 0,6 \text{ rph}$
Conforto Térmico	temperatura entre 20°C e 25°C e superaquecimento $< 10\%$ do tempo

Deste modo, o modelo Casa Passiva apresenta-se como uma solução eficaz e sustentável, assente numa lógica de maximização da eficiência energética e de minimização da pegada ambiental dos edifícios, alinhando-se com os objetivos contemporâneos de mitigação das alterações climáticas e de transição para uma economia de baixo carbono.

Anos mais tarde, o *Passivhaus Institut* procedeu à reformulação da norma, introduzindo três novas classes de desempenho, numa tentativa de reforçar o seu alinhamento com os princípios da sustentabilidade energética contemporânea (Tabela 2).

Tabela. 2. Classes de Desempenho *Passive House* (Fonte: Associação Passivhaus Portugal)

Classes de Desempenho	
Classic	Necessidade anual de energia primária $\leq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Plus	Necessidade anual de energia primária $\leq 45 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ Produção de energia primária renovável $\geq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Premium	Necessidade anual de energia primária $\leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ Produção de energia renovável $\geq 60 \text{ W}/\text{m}^2$

Esta revisão teve como principais motivações, por um lado, a integração explícita da produção de energia proveniente de fontes renováveis no âmbito dos edifícios certificados segundo este padrão e, por outro, a necessidade de rever os limites anteriormente definidos para o consumo de energia primária, os quais eram já amplamente considerados insuficientemente exigentes por diversos investigadores da área. (Inbuild, 2023)

De facto, torna-se conceptualmente incoerente, no contexto atual de transição energética e de emergência climática, classificar como sustentáveis edifícios cujo consumo de energia primária atinge valores na ordem dos $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Deste modo, a introdução das novas classes de desempenho não apenas reflete uma atualização dos critérios técnicos, mas também reafirma o compromisso da norma *Passive House* com uma abordagem integrada à eficiência energética. Esta evolução normativa representa, assim, um reforço dos princípios fundacionais do conceito, adaptando-o às novas exigências ambientais, sociais e tecnológicas do sector da construção sustentável.

Nos edifícios existentes, é frequente a presença de diversas limitações técnicas e estruturais que podem dificultar ou mesmo impedir o cumprimento integral dos critérios especificamente definidos para a *Passive House*, sobretudo quando se pretende garantir uma relação custo-benefício equilibrada. Deste modo, o *Passivhaus Institut* desenvolveu uma certificação específica, o *Quality-Approved Energy Retrofit with Passive House Components, EnerPHit*, destinado à reabilitação energética profunda de edifícios, adaptando os requisitos aos desafios inerentes às construções já existentes. (IPHA, 2018)

Neste seguimento, a certificação *EnerPHit* passou por uma fase piloto entre o início de 2010 e meados de 2011, incidindo, nesta etapa inicial, sobre edifícios localizados em climas frios e moderados da Europa Central. Esta abordagem pretendia facilitar a verificação e validação dos critérios, permitindo um processo de certificação mais ágil e controlado. (IPHA, 2018)

Dado que as intervenções em construções existentes enfrentam frequentemente constrangimentos estruturais inultrapassáveis, os requisitos do *EnerPHit* são, de forma intencional, menos exigentes do que os aplicados a novas construções segundo o padrão *Passive House*. Ainda assim, existem casos pontuais de reabilitações que atendem aos critérios estabelecidos para edifícios novos, embora estas situações permaneçam excepcionais sendo, na maioria dos casos, uma meta viável o cumprimento dos padrões *EnerPHit*.

Nem sempre é possível atingir o padrão *Passive House* completo em renovações de edifícios existente, mesmo com fundos adequados. Por esse motivo, o PHI desenvolveu o padrão *EnerPHit* – Reabilitação Energética com Componentes *Passive House* e Qualidade Aprovada – como um esquema de certificação com garantia de qualidade para a renovação de edifícios existentes. Ele pode ser aplicado de uma só vez ou em fases, utilizando o plano de reabilitação *EnerPHit*.⁹ (Passipedia, 2025)

Os resultados alcançados com a implementação do *EnerPHit* revelaram uma redução significativa do consumo de energia, com registo de poupanças entre 75% e 90% em comparação com a situação inicial. (Passipedia, 2025)

A certificação *EnerPHit*, estabelece critérios técnicos específicos que asseguram elevados padrões de eficiência energética, mesmo quando o cumprimento integral do padrão *Passive House* não seja exequível na sua totalidade. Um dos principais requisitos prende-se com o

⁹ Tradução da autora. Texto original: “It is not always possible to achieve the full *Passive House* Standard for refurbishments of existing buildings, even with adequate funds. For this reason, the PHI has developed the *EnerPHit* Standard – Quality-Approved Energy Retrofit with *Passive House* Components - as quality assured certification scheme for renovation of existing buildings. It can be applied on one go or as a phased approach using the *EnerPHit* retrofit plan.” (Passipedia, 2025)

limite máximo de necessidades anuais de aquecimento, que não deve ultrapassar os 25 kWh/(m²a), conforme estipulado na versão inicial do sistema de certificação. (Gavião, 2012)

No que diz respeito à estanqueidade ao ar, mantém-se como valor de referência o máximo de 0,6 renovações por hora (n50), embora se admita um valor-limite superior, até 1 renovação por hora, em reconhecimento das limitações construtivas associadas à pré-existência. Quanto às necessidades de energia primária, que englobam aquecimento, arrefecimento, produção de água quente e consumo de eletricidade, estabelece-se um valor de referência de 120 kWh/(m²a), o qual poderá, em certos casos, ser ajustado em função das necessidades térmicas específicas do edifício reabilitado. (Gavião, 2012)

Conforme já argumentado nas páginas antecedentes, o conceito Casa Passiva estrutura-se sobre um conjunto de critérios energéticos rigorosamente definidos, que visam assegurar níveis de eficiência exceccionalmente elevados na construção e reabilitação de edifícios. Esta abordagem exige um controlo minucioso dos fluxos energéticos e uma resposta coerente às exigências do conforto térmico, da salubridade e da sustentabilidade ambiental.

Para aferir o cumprimento desses parâmetros, recorre-se ao *Passive House Planning Package* (PHPP), desenvolvido inicialmente em 1998 sob a forma de um ficheiro em Excel, uma ferramenta de planeamento desenvolvida pelo *Passivhaus Institut*. Esta metodologia de cálculo, baseada em princípios físicos universais, permite quantificar com exatidão o desempenho energético de uma edificação, avaliando aspetos “que incluem o cálculo de valores característicos de janelas, sombreamento, cargas de aquecimento, necessidades de arrefecimento, ventilação para grandes edifícios (muitos não residenciais), determinação da influência das fontes de energia renovável e até módulos que incluem a certificação EnerPHit (para reabilitação de edifícios existentes)”. (Inbuild, 2021)

O PHPP distingue-se pela sua fiabilidade e pela possibilidade de simular com precisão o comportamento térmico do edifício ao longo do ano, permitindo a sua otimização ainda em fase de projeto. A sua interface tem sido gradualmente aperfeiçoada, tornando a ferramenta mais intuitiva e acessível a um público técnico mais vasto, sem comprometer o rigor que a caracteriza desde a sua origem. A integração do PHPP no processo de elaboração do projeto assegura, assim, que as intervenções realizadas no âmbito da norma *Passivhaus* não só respondem às exigências legais e ambientais contemporâneas, como também garantem uma

utilização racional da energia e uma significativa redução do impacto ecológico do ambiente construído. (Wassouf, 2022)

O PHPP constitui uma ferramenta indispensável no processo de concepção e validação de edifícios *Passive House*. A sua correta aplicação é a condição necessária para a verificação da conformidade com os critérios do padrão, sendo igualmente fundamental no âmbito do processo de certificação. Embora possam existir edifícios projetados segundo os princípios *Passive House* sem certificação formal, não é possível reconhecer um edifício como tal sem que este tenha sido submetido à análise do seu balanço energético por via do PHPP. (Inbuild, 2021)

Esta ferramenta de cálculo é um instrumento dinâmico, validado empiricamente através de dados monitorizados em edifícios *Passive House* reais, os quais evidenciam uma forte correspondência entre os valores estimados pelo software e os consumos energéticos efetivamente registados. Esta precisão reforça a sua utilidade não apenas como ferramenta de cálculo, mas também como garantia de fiabilidade no desempenho energético planeado.

Para aferir os parâmetros associados ao balanço energético de um edifício, nomeadamente as necessidades de aquecimento e arrefecimento, as cargas térmicas máximas e os requisitos de energia primária, torna-se imprescindível proceder à introdução no sistema de um conjunto de dados específicos referentes à edificação em análise. Esta introdução segue uma ordem metodológica pré-estabelecida, a qual assegura a coerência dos resultados obtidos e a fiabilidade do processo de simulação energética (fig. 5). (Gavião, 2012, pp.50-51)

Deste modo, o PHPP representa não apenas uma ferramenta de cálculo, mas um instrumento metodológico rigoroso que sustenta a qualidade e eficiência do projeto, assegurando a coerência entre o planeamento e o comportamento real do edifício. (Inbuild, 2021)

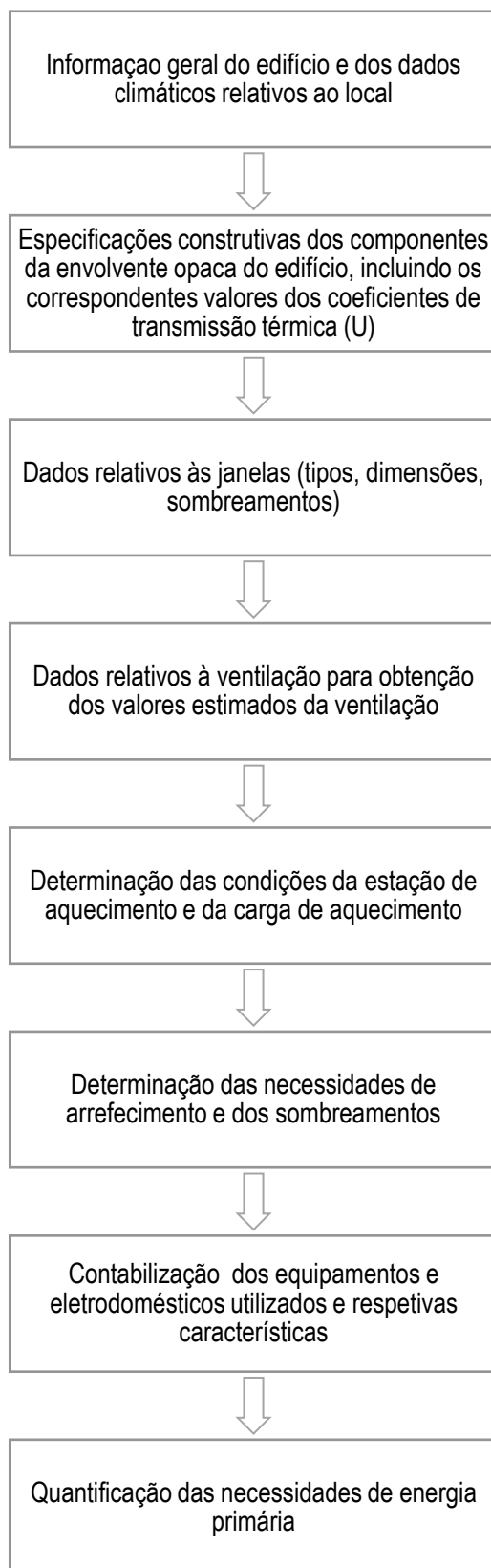


Fig. 5. Dados a introduzir e sequência de verificação do PHPP (Fonte: Gavião, 2012)

1.2.5. Vantagens

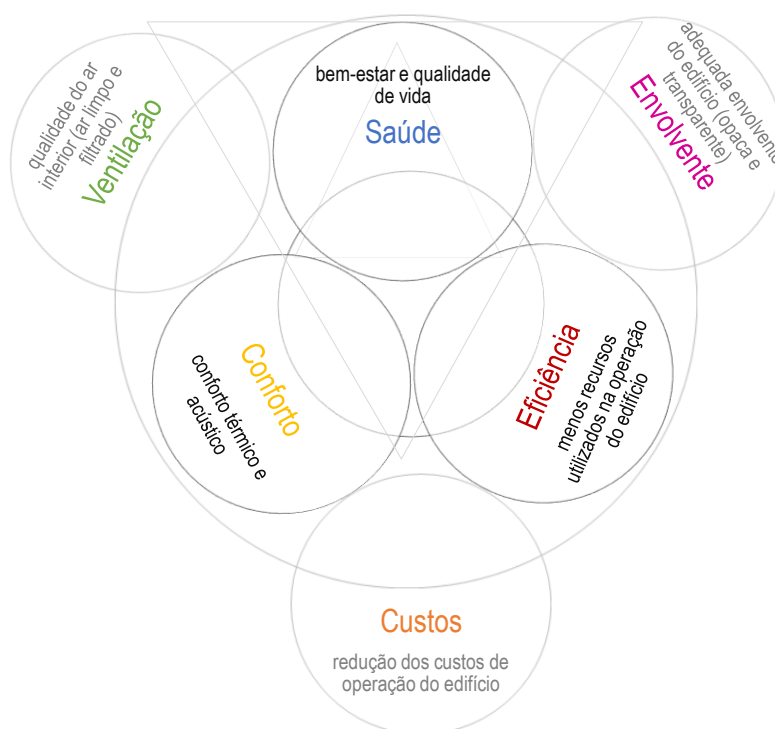


Fig. 6. Vantagens de um edifício *Passive House* (Fonte: Associação *Passivhaus* Portugal – PHPT)

O conceito *Passive House* apresenta um conjunto de vantagens significativas que justificam a sua adoção como solução para a construção sustentável e eficiente. Este representa uma abordagem de elevado desempenho no domínio da construção sustentável, reunindo um conjunto de vantagens que justificam a sua adoção como uma solução eficiente e ambientalmente responsável. (Inbuild, 2019)

Um dos pilares fundamentais deste conceito é a qualidade do ar interior, com impacto direto na saúde e no bem-estar dos utilizadores. A implementação de sistemas de ventilação mecânica com recuperação de calor assegura uma renovação contínua do ar interior, promovendo a remoção eficaz de poluentes, dióxido de carbono (CO₂) e humidade em excesso. Esta renovação constante reduz significativamente a probabilidade de ocorrência e

patologias respiratórias e a formação de condensações, prevenindo o desenvolvimento de bolores e outros agentes prejudiciais à saúde.¹⁰

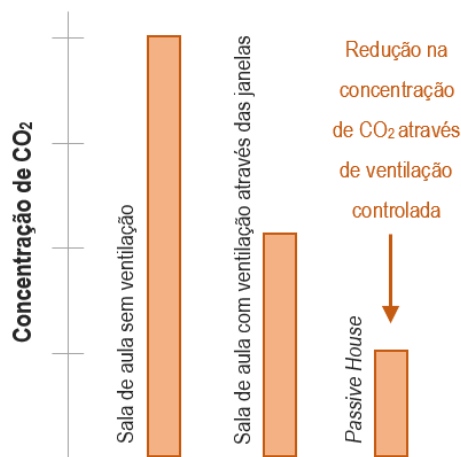


Fig. 7. Impacto da ventilação nas escolas (Fonte: IPHA)

¹⁰ Um estudo conduzido pela unidade *Healthy Buildings for Health*, da Universidade de Harvard, relativamente à ventilação em edifícios escolares, trouxe à luz conclusões significativas sobre a correlação entre a qualidade do ambiente interior e o bem-estar, o desempenho cognitivo e a saúde dos alunos. Os resultados evidenciam que as condições físicas dos espaços escolares têm um impacto direto e mensurável na aprendizagem, revelando que ambientes mal ventilados podem comprometer o rendimento académico e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. A qualidade do ar interior, nomeadamente em termos de ventilação e concentração de poluentes, como o dióxido de carbono, está estreitamente associada a problemas respiratórios, sendo a asma um dos casos mais frequentes. Para além da dimensão clínica, a qualidade do ar interior exerce igualmente influência sobre funções cognitivas essenciais como a atenção, a memória, a capacidade de concentração e o bem-estar psicológico. Estudos demonstram que, a médio e longo prazo, a implementação de estratégias eficazes de ventilação nas escolas conduz a uma melhoria consistente do desempenho académico dos estudantes. Neste contexto, torna-se imperativo que as escolas do século XXI incorporem sistemas de ventilação controlada que garantam padrões adequados de qualidade do ar interior. A ventilação mecânica com recuperação de calor revela-se uma solução eficiente, ao permitir simultaneamente a renovação do ar, a manutenção do conforto térmico e a otimização do consumo energético. As recomendações técnicas apontam para uma temperatura interior ideal de 20 °C no verão e 25 °C no inverno, com uma humidade relativa compreendida entre os 30% e os 60%. Em termos de concentração de CO₂, os valores deverão manter-se idealmente abaixo de 1000 ppm (partes por milhão), de modo a preservar níveis aceitáveis de conforto e saúde no espaço escolar. (Inbuild. 2022.)

Neste contexto, as *Passive Houses* garantem conforto térmico, como também proporcionam um ambiente interior higienizado e saudável, contribuindo de forma significativa para o combate à pobreza energética. Este é um fenómeno particularmente preocupante em Portugal, que, entre os países da União Europeia, apresenta uma das mais elevadas taxas de pobreza energética e de mortalidade associada. Segundo os dados recolhidos e publicados em 2024 pelo jornalista, André Rito:

Portugal ocupa os lugares cimeiros da lista de países com maiores dificuldade em aquecer a casa, com 1,8 milhões de portugueses desconfortáveis em casa. Uma incapacidade que afeta sobretudo adultos com 65 anos ou mais, de acordo com dados do Eurostat de 2022. Em entrevista ao Expresso, João Pedro Gouveia, professor da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa | NOVA FCT, lembrou que a pobreza energética está muito relacionada com a qualidade dos edifícios. (Rito, 2024)

A construção das *Passive House* não é uma construção muito diferente da construção tradicional, contudo há princípios fundamentais que não podem ser desconsiderados. Princípios que levam a poupanças económicas muito significativas durante o tempo de utilização do edifício. A construção de uma *Passive House*, sempre considerando estes princípios, pode até ser ligeiramente mais cara que um edifício tradicional (dependendo do projeto), mas a redução da fatura energética para arrefecimento e aquecimento pode chegar aos 90%, permitindo assim que o valor a mais gasto inicialmente seja muito rapidamente recuperado. (Inbuild, 2019)

O resultado traduz-se num edifício com perdas térmicas residuais e um balanço energético altamente eficiente, o que contribui não só para a minimização da pegada ecológica, mas também para a redução da dependência de recursos energéticos não renováveis.

A ventilação mecânica com recuperação de calor assume um papel central na eficácia do sistema construtivo *Passive House*. Devido à exigente estanqueidade ao ar, a ventilação natural torna-se insuficiente para garantir a qualidade do ar interior, sobretudo considerando que cerca de 90% do ar que respiramos provém do interior dos edifícios. (Inbuild, 2019)

O sistema de ventilação mecânica assegura não apenas a entrada de ar fresco, mas também a conservação do calor extraído do ar viciado, transferindo-o eficientemente para o ar que

entra. Esta solução técnica permite manter condições térmicas confortáveis com perdas energéticas mínimas, apresentando-se como uma opção fiável, silenciosa e energeticamente eficaz. ¹¹(Gavião et al, 2025)

Os encargos relacionados com aquecimento e arrefecimento são substancialmente inferiores, e os sistemas técnicos utilizados apresentam uma durabilidade elevada e baixa necessidade de manutenção. Para além disso, a valorização imobiliária de edifícios concebidos segundo este padrão é cada vez mais reconhecida, sobretudo quando associados à certificação *Passive House* ou *EnerPHit*, o que constitui um argumento adicional de valorização económica. (Gavião et al, 2025)

A envolvente do edifício desempenha um papel decisivo no seu desempenho térmico e energético. O projeto deve ser orientado para a continuidade térmica, assegurando uma transição eficaz entre todos os elementos construtivos da envolvente opaca e a envolvente envidraçada. A orientação solar, a distribuição funcional dos espaços interiores e a criação de zonas intermédias ou zonas tampão em áreas voltadas a norte são estratégias cruciais para o aumento do conforto e para o equilíbrio energético do edifício. Mesmo em contextos de reabilitação ou de condicionamentos impostos por lotes preexistentes, é possível aplicar os princípios do conceito *Passive House*, adaptando-os ao contexto específico da intervenção. (Gavião, 2012)

¹¹ “Não será de estranhar que nas zonas mais frias de Portugal pessoas mais velhas e frágeis, geralmente com menores recursos financeiros estejam em situações de grande risco. De acordo com os dados mais recentes do Instituto Nacional Ricardo Jorge, são cerca de 400 mortes por ano em Portugal devido ao frio. Para conseguir viver com o conforto mínimo em habitações que deixam escapar todo o calor, muitos recorrem às lareiras, salamandras ou aquecedores a gás. Mas é preciso cuidado, porque a utilização destes equipamentos permite a libertação de monóxido de carbono. O monóxido de carbono é um gás que não se sente, mas é potencialmente letal. Por isso, não é raro ouvir casos de acidentes com intoxicação por inalação de monóxido de carbono, nomeadamente entre os mais idosos. E infelizmente todos os anos há mortes devido a estes acidentes...

Equipamentos com defeito, má utilização ou fraca ventilação dos espaços onde se encontram são algumas das causas para a ocorrência destes acidentes e mortes. As pessoas, nomeadamente os mais desprotegidos, se não morrem de frio... morrem da solução.

Não seria interessante ter uma habitação confortável e eficiente, quase sem necessidade de climatização? E não precisa de comprar casa nova ou fazer de novo. Os requisitos de uma *Passive House* podem ser atingidos também numa reabilitação.” (Inbuild, 2020)

A meta não reside na mera redução do consumo energético a qualquer custo como, por exemplo, prescindir do aquecimento, mas sim na minimização criteriosa das perdas energéticas, aliada à otimização do desempenho global do edifício. As necessidades residuais de energia, inevitáveis mesmo num sistema altamente eficiente, podem ser supridas através da produção de energia proveniente de fontes renováveis, seja no próprio edifício ou nas suas imediações, em conformidade com o conceito de *Nearly Zero Energy Buildings* (nZEB)¹². (Marcelino, 2021)

Importa salientar que a aplicação do conceito *Passive House* não exige um método construtivo específico nem impõe uma linguagem arquitetónica estanque. Este modelo pode ser adaptado a qualquer estilo arquitetónico e a diferentes sistemas construtivos, garantindo a sua versatilidade e aplicabilidade em contextos diversos, seja em habitações unifamiliares, blocos de apartamentos, estabelecimentos de ensino, unidades de saúde, creches, escritórios, edifícios industriais ou recreativos, e até mesmo arranha céus, podem ser concebidos ou reabilitados segundo os princípios do padrão *Passive House*. (Marcelino, 2021)

O que verdadeiramente distingue esta abordagem é a rigorosa observância dos princípios técnicos e critérios de desempenho, independentemente da natureza funcional do edifício ou das técnicas construtivas adotadas. A eficácia do modelo reside, assim, na sua capacidade de ser transversal, assegurando eficiência energética, conforto ambiental e sustentabilidade em qualquer cenário arquitetónico ou urbano.

Este conceito é,

adequado a novos edifícios e à reabilitação. E, portanto, é adequado à estratégia nacional de reabilitação que tem vindo a ser desenvolvida em Portugal. Em 2018 foi reabilitado o primeiro escritório *Passive House* em Portugal (Ílhavo) que tem sem

¹² O conceito nZEB, consiste em edifícios com necessidades quase nulas de energia. Por outro lado, um edifício nZEB, é um conceito mais abrangente e flexível, definido pelas diretivas europeias. Os critérios que definem um nZEB variam de país para país, conforme a regulamentação nacional, e não são tão uniformes ou exigentes como os da *Passive House*. Um nZEB deve, sim, apresentar um elevado desempenho energético e cobrir a maior parte das suas necessidades com fontes de energia renovável, mas não precisa necessariamente de atingir os padrões técnicos exigidos por uma *Passive House*. Portanto, toda a *Passive House* engloba o conceito nZEB, mas apenas alguns nZEB serão porventura *Passive House*. ((Marcelino, 2021)

sido alvo de monitorização e estudo, validando a *Passive House* como resposta ao nZEB. Todos podem construir ou reabilitar uma *Passive House*. O conceito é um padrão de garantia de qualidade e eficiência energética, não uma marca protegida. (...) Não é necessário um método construtivo especial ou uma arquitectura muito estanque. O conceito *Passive House* pode ser implementado em qualquer estilo arquitetónico, sob qualquer método de construção, o mesmo acontece com os nZEB. Todos os tipos de edifícios podem ser construídos ou reabilitados com este conceito, quer sejam casas unifamiliares, edifícios de habitação, escolas, escritórios, creches, hospitais, instalações industriais, instalações recreativas e desportivas, ou até arranha-céus. O que é importante é a implementação do conceito e requisitos, e não o tipo de edifício ou construção. (Inbuild, 2021)

Neste sentido, podemos concluir que o conceito *Passive House* constituiu, desde o seu surgimento na década de 1990, provocou uma revolução no desenho de edifícios energeticamente eficientes. Definiu-se a partir de cinco princípios fundamentais, interdependentes tais como o isolamento térmico reforçado, as janelas otimizadas, a estanqueidade ao ar, a ventilação mecânica com recuperação de calor e a eliminação de pontes térmicas. A conjugação destas estratégias permite reduzir drasticamente as necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento ($\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$), assegurando simultaneamente o conforto térmico, a qualidade do ar interior e eficiência energética. (Wassouf, 2022,)

Contudo, à medida que o conceito se difundiu para além da Europa Central, começaram a emergir críticas à sua rigidez normativa, sobretudo em climas amenos, mediterrânicos, atlânticos ou tropicais. Foram apontados o risco de sobredimensionamento do isolamento, o aumento dos custos de construção, o impacto ambiental dos materiais e ainda a dependência da ventilação mecânica em detrimento de soluções bioclimáticas tradicionais, como o sombreamento, a ventilação natural ou a inércia térmica.

Perante estas críticas, o modelo demonstrou capacidade de adaptação. O *Passive House Institute* reviu metodologias, ajustou parâmetros de dimensionamento e desenvolveu variantes como o *EnerPHit*, o *Passive House Plus* e o *Premium*, que integram a produção renovável local, a análise do ciclo de vida e metas mais amplas de sustentabilidade. Em climas mais amenos, os critérios foram flexibilizados, admitindo estratégias como reforço de sombreamento, utilização da massa térmica e menor espessura de isolamento quando

adequado ao contexto. Assim, a *Passive House* deixou de ser encarada como uma receita universal e passou a constituir uma referência inicial a ser reinterpretada em função das condições locais. (Inbuild, 2023)

Conclui-se, deste modo, que a *Passive House* não se encontra ultrapassada, mas sim em processo de transição. A literatura mais recente fala da evolução que incorpora neutralidade carbônica, circularidade dos materiais, estratégias bioclimáticas regionais e resiliência climática. Assim, permanece como um dos padrões internacionais de excelência, que hoje alia rigor técnico a flexibilidade contextual, servindo de base sólida para os desafios presentes e futuros da construção sustentável.

1.3. Reabilitação

1.3.1. Origem e Contextualização da Preservação do Património

O termo “reabilitação” teve origem no latim *rehabilitare*, significando, numa aceção ampla, o ato de restituir uma condição anterior de funcionalidade, dignidade ou utilidade. Etimologicamente, resulta da junção do prefixo “re” com o valor de repetição ou renovação e do verbo “*habilitare*”, que, por sua vez, deriva de *habilis*, termo associado à ideia de aptidão ou adaptação. No contexto específico da arquitetura e do património construído, esta noção evoluiu para um significado técnico mais circunscrito, designando as práticas de intervenção sobre edifícios preexistentes com o intuito de recuperar a sua funcionalidade, adaptar os seus espaços a novas exigências ou valorizar os seus atributos simbólicos e culturais, respeitando, contudo, a integridade histórica, morfológica e identitária das estruturas em causa.

Na realidade a reabilitação articula o objetivo da “recuperação dos valores preexistentes numa dada edificação histórica (ou não) com a sua beneficiação geral (melhoria das redes, aproximação a níveis de desempenho atuais)” (Paiva, Aguiar e Pinho, 2006). (Ordem dos Arquitectos, 2018)

O termo reabilitação surge, no âmbito da “conservação integrada”, na *Carta Europeia do Património Arquitectónico* (Conselho da Europa, 1975) e na *Resolução 76 (28)* para resolver o problema da intervenção sobre edifícios correntes, que, do ponto de vista da conservação, não podiam ser encarados como monumentos. (Ordem dos Arquitectos, 2018)

Historicamente, o conceito de reabilitação consolidou-se no seio das práticas de conservação e restauro de património edificado. A Carta de Atenas¹³ para o Restauro dos Monumentos

¹³ A denominada Carta de Atenas constitui um marco normativo e teórico de relevo no pensamento urbanístico do século XX e, foi elaborada como resultado dos trabalhos do Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos, realizado em Atenas em outubro de 1931. Entre os seus principais impulsores encontra-se *Le Corbusier*, figura central do Movimento Moderno, acompanhado por outros arquitetos e urbanistas. Entre os princípios consagrados, destaca-se a valorização da autenticidade dos bens patrimoniais, a rejeição de reconstruções arbitrárias e a defesa do restauro como operação científica, baseada em documentação rigorosa e na mínima intervenção possível. (Património Cultural, 2024)

Históricos, redigida em 1931, constitui um ponto de inflexão nesta trajetória, ao consagrar o primeiro conjunto de princípios doutrinários de âmbito internacional especificamente destinados à proteção do património arquitetónico. (Património Cultural, 2024)

Este documento representou, à época, uma resposta às crescentes preocupações com a deterioração e perda de bens culturais de relevância histórica, artística ou simbólica, propondo uma metodologia de intervenção que privilegiava o respeito pela autenticidade material e formal dos edifícios. A abordagem subjacente caracterizava-se por uma visão essencialmente monumental, centrada na preservação de exemplares isolados de elevada importância patrimonial, descurando, em grande medida, os contextos urbanos, sociais e culturais mais amplos em que tais edifícios se inseriam. Assim, a reabilitação era entendida primordialmente como um processo técnico de conservação física, voltado para a manutenção da integridade material e da aparência original dos monumentos, ancorado numa lógica de valorização estética e documental do passado. (Gonçalves, 2021)

Com o amadurecimento do pensamento patrimonial, particularmente após a Carta de Veneza¹⁴, o conceito de património expandiu-se para englobar também os contextos urbanos e rurais que conferem sentido aos elementos edificados. Esta viragem epistemológica conduziu a uma visão mais holística e integrada da conservação, entendida como uma responsabilidade coletiva, orientada para a salvaguarda intergeracional de bens culturais. A patrimonialização passou a considerar dimensões tanto materiais como imateriais, incluindo

¹⁴ A Carta de Veneza, oficialmente designada como Carta Internacional para a Conservação e o Restauro de Monumentos e Sítios, foi adotada em 1964 durante o II Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos dos Monumentos Históricos, realizado em Veneza. Este documento veio consolidar e aprofundar os princípios estabelecidos anteriormente pela Carta de Atenas (1931), apresentando uma perspetiva mais ampla, crítica e sistematizada sobre a conservação do património arquitetónico. Diferenciando-se de abordagens anteriores mais centradas na intervenção material e monumental, a Carta de Veneza introduz uma visão holística do património, reconhecendo a importância dos contextos históricos, culturais e urbanísticos em que os monumentos se inserem. Afirma-se, assim, que a autenticidade e a integridade dos bens patrimoniais não residem apenas na sua materialidade, mas também nos valores simbólicos, estéticos e históricos que lhes estão associados. Ao estabelecer princípios fundamentais para a intervenção, como o respeito pela autenticidade, a legibilidade das adições contemporâneas, o mínimo de intervenção necessário e a reversibilidade dos processos, a Carta de Veneza tornou-se um documento de referência incontornável a nível internacional, influenciando legislações, práticas de reabilitação e políticas de salvaguarda patrimonial em diversos países. (Património Cultural, 2024)

práticas, saberes, usos simbólicos e relações identitárias estabelecidas entre as comunidades e os seus lugares. (Gonçalves, 2021)

É possível reconhecer uma mudança nos significados da evolução semântica do conceito de “Património” (...), analisando as suas definições desde a Carta de Atenas (CATHM, 1931). Este inicia-se com a inclusão de monumentos arquitetónicos individuais, passando pela inclusão gradual da envolvente, até um conceito mais abrangente, assente num ecossistema urbano holístico e integrativo, composto por elementos materiais e intangíveis, valiosos para as gerações futuras. Como afirma Howard (2003), o património é “qualquer coisa que alguém deseja conservar e transmitir às gerações futuras”. Dois elementos são certos e recorrentes nas definições ao longo dos tempos: o património diz respeito a recursos herdados do passado; conservação diz respeito à transmissão às gerações futuras.¹⁵ (Gonçalves, 2021, p. 28)

Documentos como a Convenção da UNESCO¹⁶ para a Salvaguarda do Património Cultural Imaterial, 2003, reforçam esta conceção abrangente e dinâmica do património, valorizando o seu carácter multifacetado e a sua importância como recurso cultural vivo. Esta abordagem transita, assim, da mera conservação de matéria para uma gestão criteriosa da mudança, reconhecendo a inevitabilidade da transformação dos espaços edificados, sem que tal implique a sua descaracterização ou perda de valor.

Como foi supracitado anteriormente, desde 1931, com a elaboração da Carta de Atenas, tem-se debatido de forma contínua a temática da cultura, dos bens culturais, dos monumentos e do património e sítios históricos. Ao longo do tempo, a partir de Cartas Internacionais,

¹⁵ Tradução da autora. Texto original: “It is possible to recognize a shift in the meanings of the semantic evolution of the concept of “Heritage” (...), by analysing its definitions since the Athens Charter (CATHM, 1931). This starts with the inclusion of single architectural monuments, passing through the gradual inclusion of surroundings, to a more comprehensive concept based on a holistic and integrative urban ecosystem, composed of material and intangible elements, valuable for future generations. As stated by Howard (2003), heritage is “anything that someone wishes to conserve and to pass on to future generations”. Two elements are certain and recurring in the definitions across time: heritage is about resources inherited from the past; conservation is about transmission for future generations.” (Gonçalves, 2021, p. 28)

¹⁶ “A UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organização das Nações Unidas para a Educação Ciência e Cultura), foi criada pela ONU em 1945.” (Pinheiro, 2017, p.17)

Convenções e Recomendações¹⁷, têm-se desenvolvido conceitos que enfatizam a preservação e a reabilitação destes bens culturais, assegurando a sua manutenção e valorização para as gerações futuras. Estes textos, Cartas, Recomendações e Convenções, emanados de organizações como a UNESCO, o Conselho da Europa¹⁸ e o ICOMOS¹⁹, representam momentos de consolidação de princípios e metodologias para a preservação do património material e imaterial, em contextos em permanente transformação. (Pinheiro, 20017)

A Carta de Veneza (1964) marcou uma viragem decisiva no campo da conservação e do restauro, ao consagrar valores como a autenticidade, a integridade e a responsabilidade ética dos intervenientes. Este documento tornou-se a referência internacional por excelência para a prática do restauro, influenciando gerações de técnicos e académicos. (Património Cultural, 2024)

Na década seguinte, surgiram instrumentos que alargaram o olhar da preservação. A Carta Europeia do Património Arquitetónico (1975) introduziu a noção de integração do património na vida quotidiana, valorizando não apenas monumentos isolados, mas também o tecido urbano e os conjuntos arquitetónicos. No mesmo sentido, a Recomendação da UNESCO sobre a Salvaguarda dos Conjuntos Históricos e da sua Função na Vida Contemporânea (1976) salientou a relevância da preservação dos centros históricos, enfatizando a sua reabilitação como condição para assegurar a vitalidade urbana. (Património Cultural, 2024)

A Convenção de Granada (1985) constituiu o primeiro instrumento jurídico de âmbito europeu com carácter vinculativo na proteção do património arquitetónico. Este tratado

¹⁷ ““As **Cartas** definem princípios e conceitos sobre uma determinada matéria, por forma a orientar a ação prática dos intervenientes; As **Convenções** são documentos jurídicos que comprometem os Estados aderentes; As **Recomendações** definem princípios capazes de orientar as políticas de cada Estado.” (Lopes, 1996, p.21.)”” (Pinheiro, 2017, p. 18)

¹⁸ “O Conselho da Europa foi constituído em 1949 com o objetivo de adotar ações conjuntas em matérias de âmbito social, económico, cultural, científico, jurídico e administrativo para contribuir para uma Europa mais forte e coesa” (Pinheiro, 2017, p. 17)

¹⁹ “O ICOMOS (Conselho Internacional dos Monumentos e dos Sítios) foi criado em 1965. É uma Organização Não Governamental (ONG) Internacional que agrupa profissionais e instituições que trabalham no âmbito da conservação do património arquitectónico, urbano e paisagístico.” (Pinheiro, 2017, p. 17)

obrigou os Estados signatários a adotar medidas legislativas e administrativas adequadas, incluindo conservação, restauro e reabilitação. Poucos anos mais tarde, a Carta Internacional para a Salvaguarda das Cidades Históricas (1987), conhecida como Carta de Washington, abordou de forma específica os centros urbanos, procurando equilibrar as exigências da preservação com as pressões do crescimento e da modernização. (Património Cultural, 2024)

Nos anos 1990, o património arqueológico assumiu maior relevância. A Carta Internacional sobre a Proteção e a Gestão do Património Arqueológico (1990) estabeleceu diretrizes globais para a preservação e valorização dos sítios arqueológicos. Complementarmente, a Convenção Europeia para a Proteção do Património Arqueológico (1992) e a sua revisão em 1997 reforçaram a cooperação entre os Estados e a necessidade de integrar a arqueologia no planeamento territorial. (Património Cultural, 2024)

Em simultâneo, emergiram novas abordagens centradas na reabilitação urbana e em formas específicas de património. A Carta de Lisboa sobre a Reabilitação Urbana Integrada (1995) constituiu um marco, ao propor uma perspetiva abrangente que articula aspetos sociais, económicos, culturais e urbanísticos. Em 1999, três documentos do ICOMOS refletiram esta diversificação: a Carta de Burra, que introduziu o conceito de lugares de significado cultural e a participação comunitária; a Carta Internacional sobre o Turismo Cultural, que procurou compatibilizar turismo e salvaguarda; e a Carta sobre o Património Construído Vernáculo, dedicada às construções tradicionais. (Património Cultural, 2024)

No início do novo milénio, a Carta de Cracóvia (2000) reafirmou os princípios da Carta de Veneza, atualizando-os à luz dos desafios contemporâneos e reforçando a importância da conservação integrada e da reabilitação. Em paralelo, ampliaram-se os domínios de atuação: a Convenção da UNESCO sobre o Património Cultural Subaquático (2001) protegeu os vestígios arqueológicos submersos, enquanto a Convenção para a Salvaguarda do Património Cultural Imaterial (2003) reconheceu práticas, tradições e expressões culturais vivas como parte integrante da herança da humanidade. Finalmente, a Convenção de Faro (2005) consolidou a perspetiva de que o património cultural constitui um direito das comunidades e um recurso para a democracia e o desenvolvimento sustentável. (Património Cultural, 2024)

Nas décadas mais recentes, as cartas e declarações internacionais reforçaram a visão do património como fator estratégico para o futuro das sociedades. A Carta de Bruxelas (2009)

destacou o papel do património na sustentabilidade das cidades europeias. Em 2012, a republicação da Convenção sobre o Património Subaquático em língua portuguesa permitiu a sua maior difusão no espaço lusófono. A Declaração de Davos (2018) reforçou a ligação entre património, qualidade do ambiente construído e sustentabilidade, defendendo uma cultura da construção de qualidade como condição essencial para o bem-estar. Finalmente, a Carta do Porto Santo (2021) propôs uma visão inovadora, apresentando o património cultural como elemento central na promoção da inclusão, da coesão social e da sustentabilidade, reafirmando o seu papel fundamental no mundo contemporâneo. (Património Cultural, 2024)

A análise das Cartas, Recomendações e Convenções internacionais permite verificar uma evolução significativa no entendimento do património. De uma abordagem inicial centrada na conservação de monumentos isolados, passou-se para uma visão abrangente que integra conjuntos urbanos, paisagens culturais, património imaterial e dimensões sociais do desenvolvimento. Em particular, a noção de reabilitação ganhou progressivamente destaque, reconhecendo-se que a preservação do património não implica apenas conservação estática, mas também adaptação, revitalização e integração nas dinâmicas da vida contemporânea. (Pinheiro, 2017)

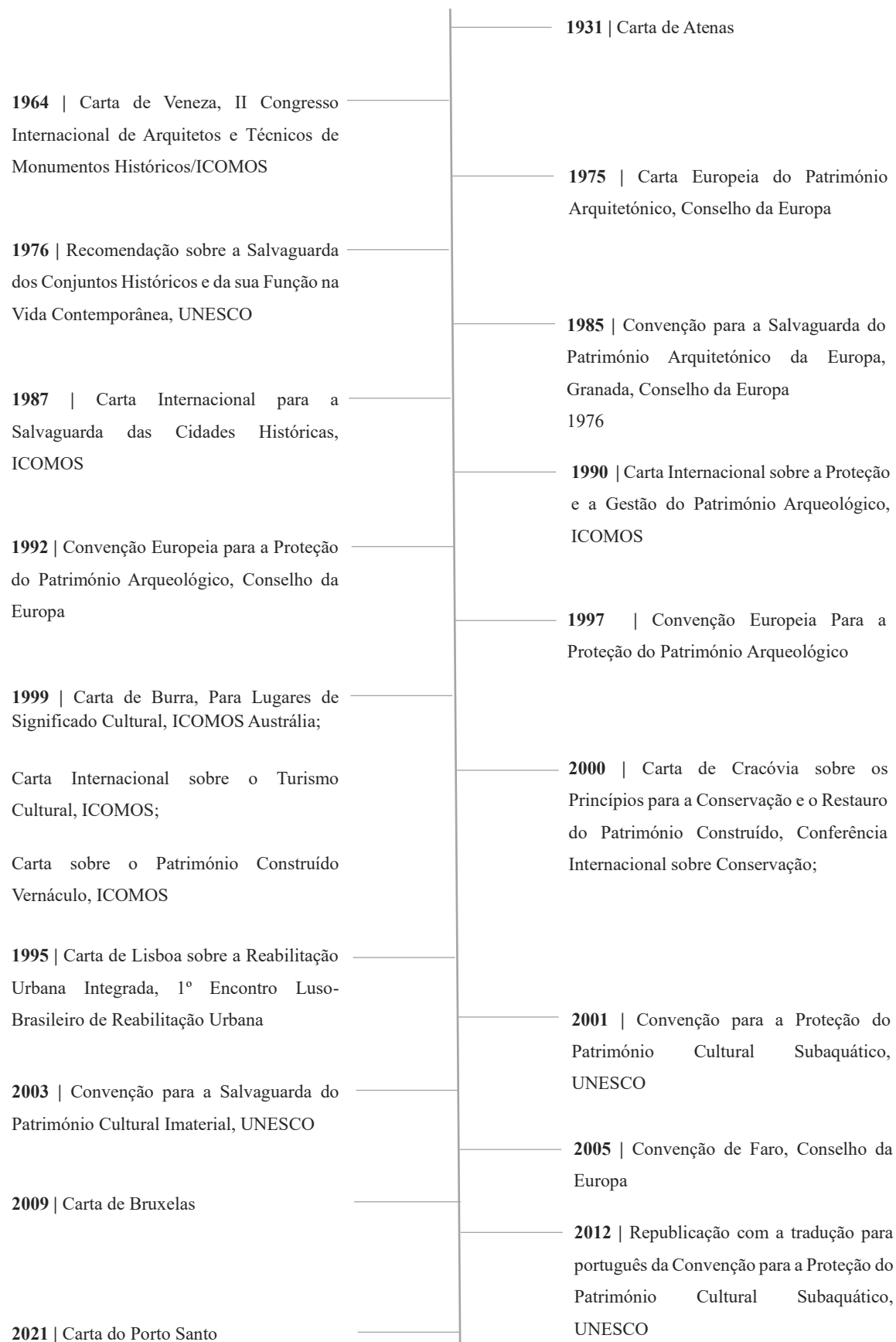


Fig. 8. Cartas e Convenções (Fonte: Património Cultural)

Neste enquadramento, a reabilitação assume-se como uma estratégia de mediação entre permanência e transformação. Já não se limita à reposição do estado original, mas aposta na continuidade funcional, simbólica e cultural dos edifícios, adaptando-os às exigências contemporâneas com respeito pelos seus atributos históricos. (Pinheiro, 2017)

As intervenções devem, por conseguinte, ser precedidas de uma análise rigorosa, capaz de identificar e interpretar a estrutura tipológica, os espaços, os materiais e os elementos de valor a preservar. Tal análise requer conhecimento técnico, sensibilidade histórica e capacidade crítica, permitindo uma leitura informada e uma atuação fundamentada sobre a pré-existência. Esta abordagem afasta-se das lógicas conservacionistas rígidas e propõe uma metodologia evolutiva, em que a arquitectura é entendida como entidade viva e mutável. (Santos Leite, 2022)

Como refere Santos Leite,

um consciente mas provável caminho intermédio, um caminho feito por uma liberdade consciente que, por um contextual ‘bom senso’ na preservação de escalas, materiais e significados, mas também feito de ambição e de futuro, pode realmente potenciar verdadeiras e qualificadas reabilitações de um património construído que, sem medos ou complexos da mudança, se quer vivo e culturalmente expectante do que tiver de vir a ser a sua nova e reinscrita identidade. (Santos Leite, 2022, p. 50)

A ideia de “mutação arquitetónica” surge, neste contexto, como metáfora elucidativa da plasticidade do património construído. E nesta perspetiva, intervir deixa de significar replicar o passado; significa, antes, prolongar o seu significado, inserindo novas camadas de leitura sem comprometer os valores identitários. A figura conceptual da “prótese arquitetónica” ilustra bem esta lógica, tal como na medicina, uma prótese pode reintegrar ou prolongar um corpo sem negar a sua integridade, também na arquitectura se admite a introdução de novos elementos com clareza e respeito, promovendo o diálogo entre o antigo e o novo. (Santos Leite, 2022)

Esta atitude contrasta com algumas derivações do modernismo, cuja aposta em formas puristas e funções unívocas reduziu, por vezes, a complexidade simbólica e expressiva da arquitectura. Como refere Santos Leite, a reabilitação contemporânea propõe, ao invés, o reconhecimento da ambivalência e da estratificação como valores, pelo que se deve evitar

uma narrativa única ou fechada, favorecendo intervenções que mantenham a densidade histórica e semântica dos edifícios.

Importa, igualmente, contextualizar esta evolução no pensamento europeu do pós-guerra. A destruição massiva provocada pelos conflitos mundiais despertou uma consciência patrimonial transnacional, alicerçada na noção de um legado cultural comum. Ao mesmo tempo, os processos acelerados de reconstrução e modernização geraram fenómenos de homogeneização urbana e territorial, induzindo sentimentos de perda e suscitando novas formas de valorização da memória material. (Santos Leite, 2022)

Neste cenário, a reabilitação assume uma dupla responsabilidade, a ética, pela salvaguarda de bens de valor coletivo e de estética, pela exigência de criar harmonia e equilíbrio através das escolhas formais e narrativas. A prática projetual no domínio patrimonial deve, assim, inscrever-se numa lógica de reinscrição crítica, cada gesto arquitetónico contemporâneo deve somar-se, com legibilidade e intencionalidade, à história construída, funcionando como uma camada interpretativa adicional. (Rodgers et al, 2006)

A reabilitação do património edificado não se limita a uma intervenção técnica centrada na preservação literal da sua materialidade. Trata-se, antes, de um processo complexo e profundamente enraizado numa dimensão cultural e crítica, que visa garantir a continuidade viva dos espaços e das memórias que os constituem. Neste enquadramento, reabilitar não significa apenas conservar aquilo que herdámos, mas sobretudo interpretar, valorizar e reinscrever o património no presente, assegurando a sua relevância simbólica, funcional e social. (Santos Leite, 2022)

Mais do que preservar vestígios de um passado estático, a reabilitação configura-se como um instrumento ativo de mediação entre a herança construída e as necessidades contemporâneas. Ela permite que os edifícios e os espaços urbanos continuem a desempenhar um papel significativo no quotidiano das comunidades, contribuindo para a coesão cultural, a identidade local e a sustentabilidade urbana. Neste sentido, a prática reabilitadora articula responsabilidade ética, sensibilidade estética e consciência histórica, assumindo-se como um exercício de continuidade crítica. (Santos Leite, 2022)

Tal como diz o arquiteto António Santos Leite,

o enorme valor identitário inscrito no património urbano e/ou arquitectónico, valor que, por ser orgânico e transitório, precisa paradoxalmente de ser intencionalmente revalorizado e reactualizado; por outro lado, como processo operativo de intervenção, a necessidade, apenas e só, de uma efectiva reabilitação do património que se assuma verdadeiramente como plural e como um acto verdadeira cidadania democrática, isto é, como um acto ético, criativamente livre e culturalmente informado. (Santos Leite, 2022, p. 49)

Ao respeitar os valores patrimoniais, tangíveis e intangíveis, sem cair numa visão puramente conservadora, a reabilitação propõe uma abordagem dinâmica, capaz de acolher a transformação sem romper com o sentido profundo dos lugares. A autenticidade, longe de ser um estado fixo, emerge aqui como um processo em constante atualização, onde o passado dialoga com o presente para construir futuros habitáveis.

Deste modo, a reabilitação torna-se um verdadeiro ato de construção cultural. Não visa apenas restaurar formas físicas, mas sobretudo manter vivos os significados e as narrativas que essas formas transportam. Ao fazê-lo, assegura-se que o património continue a ser um recurso ativo, acessível e inteligível para as gerações presentes e futuras, afirmando-se como um elo essencial entre memória, identidade e contemporaneidade. (Santos Leite, 2022)

Ciente da problemática ecológica herdada pelo século XXI, o projectista tem o compromisso cível, na perspectiva ética profissional, de assegurar em cada traço desenhado a sua efectiva contribuição (ou não) para a preservação do património natural e construído, quando envolvido em projectos de reabilitação. (Rodgers et al, 2006, p. 10)

1.3.2. Princípios

Num contexto contemporâneo, em que a noção de património arquitetónico expandiu-se para além da tradicional valorização dos monumentos isolados, abrangendo igualmente edifícios vernaculares, construções de carácter utilitário, espaços públicos e conjuntos urbanos, os arquitetos são desafiados a intervir em múltiplas escalas. A preservação do património construído afirma-se, assim, como um imperativo não apenas cultural, mas também ambiental, ecológico e económico, exigindo uma abordagem disciplinar informada e sensível às complexidades históricas e sociais que o envolvem, como já foi supracitado anteriormente. (Pinheiro, 2017)

Deste modo, torna-se fundamental o domínio crítico da evolução conceptual e histórica da conservação e do restauro, enquanto campos teóricos e operativos. Neste contexto, importa clarificar que o chamado fachadismo, ou seja, a prática de preservar apenas a fachada de um edifício, substituindo integralmente o seu interior, não deve ser encarado como uma solução de primeira linha, mas antes como uma resposta de exceção, justificada apenas quando a degradação estrutural é tal que impede a preservação de outros elementos relevantes. A sua aplicação, sem motivações técnicas ou patrimoniais rigorosas, pode conduzir à descaracterização das pré-existências e à banalização da memória construída. Acresce ainda a pressão da gentrificação nos centros históricos, fenómeno que frequentemente resulta na descaracterização dos tecidos urbanos e na substituição das comunidades residentes por dinâmicas de mercado alheias ao valor social do lugar. (Rodgers et al, 2006)

A reabilitação patrimonial exige, por isso, uma prática informada por um conjunto de princípios que assegurem a continuidade dos valores culturais, técnicos e sociais do edificado. Entre esses princípios destaca-se a necessidade de conhecer e interpretar a História da Construção, integrando as técnicas, os materiais e os modos de fazer tradicionais. A Arqueologia da Arquitetura constitui igualmente uma ferramenta fundamental, permitindo a leitura estratigráfica dos edifícios e a compreensão da sua evolução. Segundo Rodgers e os restantes intervenientes a metodologia de reabilitação consiste:

em duas fases: a fase de ante-projecto e a fase de projecto. Na fase de pré-projecto, o projectista começa por analisar e inventariar toda a informação documental, oral e física existente. A informação encontrada deve ser muito bem organizada e sintetizada de forma ao projectista poder efectuar uma avaliação consciente do

ambiente do edifício – natural, humano e construído; da significância do edifício e valores culturais identificados e da condição do edifício relativamente às suas características. Depois duma fase meramente focalizada no edifício a reabilitar, o projectista inicia a fase de projecto, trazendo consigo todo o conhecimento do edifício e sua respectiva avaliação. Na fase de projecto, semelhante à fase de pré-projecto, o projectista volta a analisar e inventariar (nas três vertentes), a função a introduzir, seus requisitos básicos e compatibilidade com a preexistente. Após sintetizar toda esta informação em documentos / peças desenhadas, o projectista inicia o processo de materialização; primeiro traduzindo para a realidade os seus esquemas e ideias conceptuais e depois tentando desenvolver com base nas quatro realidades paralelas – subtracções, subsistências, ligações e adições – uma proposta coerente, que por princípio melhore a relação do edifício com a sua envolvente, que mantenha ou realce os seus valores culturais, assim como a sua condição e estado de conservação. (Rodgers et al, 2006, pp. 8-9)

Importa, ainda, considerar a Teoria dos Valores na Conservação, como instrumento para a definição criteriosa do que preservar, como e porquê. A prática de reabilitação, quando orientada por estes princípios, contribui para uma abordagem crítica, consciente e sustentável da herança arquitectónica, conciliando preservação e contemporaneidade. Tal como afirma Ana Rodgers: “Uma reabilitação considera-se consciente do ciclo de vida do edifício, quando respeita e considera em projecto as três temporalidades: o passado, o presente e o futuro.” (Rodgers et al, 2006, p. 6)

1.4. Do Conceito de *Passive House* à Reabilitação do Edificado

Atualmente “90% do ar que respiramos é dentro de edifícios” como já foi anteriormente dito. (Inbuild, 2019) Neste contexto, torna-se pertinente afirmar que os princípios que regem a construção nova de elevado desempenho energético devem, sempre que possível, ser adaptados à reabilitação do edificado existente.

A aplicação dos preceitos da norma Casa Passiva em intervenções de reabilitação apresenta diversas vantagens inequívocas, tais como garantir um elevado nível de conforto interior, assegurado por superfícies envolventes opacas e vãos envidraçados, com temperaturas homogêneas; eliminar a ocorrência de fenómenos indesejáveis como correntes de ar, condensações superficiais ou o desenvolvimento de fungos; proporcionar uma renovação contínua do ar interior, com controlo de temperatura e qualidade ambiental; minimizar a exposição às variações do custo da energia, promovendo a previsibilidade e a estabilidade dos encargos energéticos; alcançar uma significativa poupança económica desde os primeiros anos de exploração, com reduções no consumo energético para aquecimento que podem atingir os 90% e também contribuir ativamente para a mitigação das alterações climáticas, através da expressiva diminuição das emissões de dióxido de carbono associadas à menor exigência energética do edifício. (Passive House Institute, 2016)

Deste modo, a adaptação do padrão *Passive House* ao contexto da reabilitação do edificado representa não apenas uma solução tecnicamente exequível, como se poderá comprovar com os casos de referência apresentados posteriormente, mas também uma resposta coerente e eficaz aos desafios ambientais, sociais e económicos da atualidade.

Para que uma intervenção no edificado seja financeiramente eficiente, torna-se essencial articular, de forma estratégica, as medidas de melhoria da eficiência energética com as obras de reabilitação que, por si só, seriam inevitáveis. Neste sentido, poderá optar-se pela reabilitação completa, ou “step-by-step”. Por exemplo, no caso de uma fachada cuja reabilitação seja tecnicamente necessária, a aplicação simultânea de isolamento térmico segundo os parâmetros do padrão *Passivhaus* representa apenas um acréscimo de custo moderado no conjunto da intervenção. (Passive House Institute, 2016)

A questão que surge frequentemente é se devem ser realizadas apenas intervenções individuais ou se todo o edifício deve ser modernizado de uma só vez. Por exemplo, se o reboco da fachada estiver a degradar-se e se aproveitar a ocasião para aplicar isolamento térmico em simultâneo, em vez de simplesmente renovar o reboco, poderá fazer sentido atualizar também as janelas e o telhado para um padrão orientado para o futuro, mesmo que a vida útil restante destes elementos construtivos ainda não tenha expirado.²⁰ (Passive House Institute, 2016, p.12).

Esta abordagem integrada traduz-se, contudo, numa valorização significativa do imóvel. Um edifício que tenha sido reabilitado de forma coerente e orientada para a eficiência energética apresenta níveis elevados de conforto térmico e ambiental, custos operacionais bastante reduzidos e uma atratividade acrescida para futuros ocupantes, sejam inquilinos ou compradores. Consequentemente, a sua rentabilidade económica é substancialmente incrementada. Além disso, as intervenções que visam a melhoria do desempenho energético dos edifícios existentes contribuem simultaneamente para aliviar os encargos financeiros das famílias, reduzir a dependência energética e mitigar os impactos ambientais. (IPHA, 2018)

Para alcançar a eficiência de custos, é fundamental combinar as medidas de poupança de energia com obras de renovação que seriam, de qualquer forma, necessárias. Por exemplo, se a fachada tiver de ser renovada, o custo adicional de aplicar em simultâneo isolamento térmico de acordo com o padrão *Passive House* manter-se-á controlado. Contudo, através deste investimento duplo, o valor do edifício aumentará consideravelmente. Um edifício que tenha sido consistentemente renovado em termos de eficiência energética, oferecendo um elevado nível de conforto e baixos custos de funcionamento, torna-se muito mais atrativo para inquilinos ou potenciais futuros compradores. Isto melhora substancialmente também a sua rentabilidade. Dado que as renovações energeticamente relevantes em edifícios existentes aliviam os orçamentos privados e reduzem o impacto ambiental, muitos países oferecem

²⁰ Tradução da autora. Texto original: “always arises is whether only individual measures should be carried out or whether the entire building should be modernised all at once. For instance, if the facade plasterwork is crumbling and the opportunity is taken to apply thermal insulation at the same time instead of just renewing the plaster, it may make sense to simultaneously bring the windows and roof up to a future-oriented standard even if the remaining service life of these building components has not expired.” (Passive House Institute, 2016, p.12)

programas de subsídios para estas intervenções. Como resultado, os custos acrescidos do investimento não só são compensados, a longo prazo, pelas poupanças energéticas, como o proprietário beneficia de apoios logo desde o início.²¹ (IPHA, 2018, p. 31)

Deste modo, os investimentos iniciais tendem a ser amplamente compensados, não apenas pelos benefícios económicos decorrentes da diminuição do consumo energético ao longo do tempo, mas também pelo acesso a apoios financeiros desde a fase inicial da obra. A conjugação destes fatores reforça o valor estratégico e sustentável de uma reabilitação energeticamente eficiente, tanto do ponto de vista técnico como económico e ambiental. (IPHA, 2018)

Para a renovação de edifícios existentes, o padrão *Passive House* nem sempre pode ser totalmente alcançado com um esforço razoável. Tal pode dever-se, por exemplo, à existência de pontes térmicas inevitáveis causadas pelas paredes do piso subterrâneo. Para este tipo de edifícios, o *Passive House Institute* desenvolveu o Padrão *EnerPHit*. O selo *EnerPHit* garante que foi atingido um nível ótimo de proteção térmica para o edifício existente. Graças à utilização de componentes *Passive House*, os edifícios certificados *EnerPHit* tornam possível a aplicação do conceito *Passive House* em construções já existentes. O *EnerPHit* oferece aos ocupantes quase todos os benefícios de um edifício *Passive House*, aliando-os a uma eficiência económica otimizada. Uma renovação *EnerPHit* inclui o isolamento do

²¹ Tradução da autora. Texto original: “For achieving cost efficiency, it is crucial to couple the energy saving measures with renovation measures that would have been necessary in any case. For example, if the façade needs to be renovated anyway, then the additional expenditure for simultaneous thermal insulation to the Passive House Standard will remain manageable. Through this dual investment however, the value of the building will increase considerably. A building that has been consistently retrofitted in terms of energy efficiency and offers a high level of comfort and low running costs is much more attractive for tenants or potential future buyers. This also substantially improves its rentability. Because energy- relevant retrofits of existing buildings lessen the burden on private budgets as well as reduce the environmental impact, subsidy programs for these are offered in many countries. As a result, the increased investment costs are not only offset by the saved energy costs in the long term, but the building owner also benefits from subsidies right from the start.” (IPHA, 2018, p. 31)

teto do piso subterrâneo, das paredes exteriores e do telhado, utilizando espessuras de isolamento adequadas ao *Passive House*, a instalação de janelas *Passive House* e a melhoria da estanqueidade. Conta ainda com um sistema de ventilação com recuperação de calor, que fornece ar fresco de forma confiável e permite demonstrar que as pontes térmicas foram mitigadas a um grau razoável.²² (IPHA, 2018, p. 32)

O selo *EnerPHit* constitui uma certificação de excelência que assegura a aplicação criteriosa de estratégias de elevado desempenho energético, adaptadas às limitações do edifício em causa. Através da incorporação de componentes compatíveis com o conceito, torna-se possível aproximar o comportamento térmico dos edifícios reabilitados ao de uma verdadeira casa passiva, garantindo, simultaneamente, uma relação custo-benefício otimizada. (IPHA, 2018)

Quando falamos em custo-benefício otimizado, não estamos apenas a pensar no investimento inicial, mas sim no que se ganha ao longo do tempo. Ao usar componentes compatíveis com o conceito de casa passiva, o edifício passa a precisar de muito menos energia para aquecer ou arrefecer, o que significa contas de eletricidade e gás bem mais baixas todos os meses. Além disso, os materiais aplicados costumam ter melhor qualidade e maior durabilidade, o que evita gastos frequentes em reparações e substituições. Outro ponto importante é que um edifício com bom desempenho energético não só oferece mais conforto e qualidade de vida, como também aumenta o seu valor de mercado, tornando-se mais atrativo para eventuais vendas ou arrendamentos. No fundo, o dinheiro gasto na reabilitação

²² Tradução da autora. Texto original: “For the retrofit of existing buildings, the Passive House Standard cannot always be fully achieved with reasonable effort. This may be because of unavoidable thermal bridges due to existing basement walls, for example. For such buildings, the Passive House Institute has developed the EnerPHit Standard. The EnerPHit seal provides the certainty that an optimal standard of thermal protection has been achieved for the existing building. Due to the use of Passive House components, certified EnerPHit buildings make Passive House achievable for existing buildings. EnerPHit offers occupants almost all the benefits of a Passive House building with optimal economic efficiency at the same time. An EnerPHit retrofit includes insulation of the basement ceiling, exterior walls and roof using Passive House suitable insulation thicknesses, the installation of Passive House windows and improved airtightness. It has a ventilation system with heat recovery, which reliably provides fresh air and can show that thermal bridges have been mitigated to a reasonable degree.” (IPHA, 2018, p. 32)

não é uma despesa, mas sim um investimento que se paga a si próprio ao longo do tempo. No âmbito dos princípios orientadores da norma *Passive House*, qualquer intervenção em edifícios existentes, nomeadamente quando implica a substituição de componentes construtivos, deverá assentar na utilização de materiais de elevado desempenho e na aplicação de práticas construtivas de excelência. Este rigor técnico visa garantir a durabilidade, a eficiência energética e o conforto dos ocupantes ao longo do tempo. (Gavião et al, 2025)

Deste modo, sempre que se proceda a medidas de reabilitação por fases, é recomendável a adoção de componentes certificados segundo os critérios da Casa Passiva, uma vez que estes asseguram um equilíbrio ideal entre qualidade, desempenho e viabilidade económica. Tal estratégia não só proporciona benefícios imediatos em termos de conforto e eficiência, como também reduz significativamente os encargos energéticos ao longo do ciclo de vida do edifício.

De acordo com os princípios *Passive House*, sempre que um elemento do edifício precise de ser substituído, os materiais utilizados e a execução devem ser da mais alta qualidade possível. Para cada medida de renovação, a melhor prática consiste em utilizar componentes *Passive House*, o que proporcionará poupanças ótimas e a melhor qualidade para o utilizador, bem como um resultado económico favorável em cada etapa do processo de renovação. Esta abordagem faseada tende a durar mais e a poupar mais energia, revelando-se mais rentável do que implementar várias soluções incompletas em simultâneo. Por isso, a abordagem *EnerPHit* recomenda investir tempo e dinheiro para concluir cada nova medida de renovação com a melhor qualidade possível – faça bem, faça de uma só vez.²³ (IPHA, 2018, p. 32)

²³ Tradução da autora. Texto original: “According to the Passive House principles; whenever a building component needs to be replaced, the materials used and the workmanship involved should be of the highest quality possible. For every retrofitting measure, the best thing one can do is to use Passive House components, which will lead to optimal savings and the best quality for the user, as well as a favourable economic result for each step of the renovation process. This step-by-step approach will last longer and save more energy, making it more cost-effective than implementing several half-measures at the same time. Therefore, the EnerPHit approach recommends saving your time and money to complete each new retrofitting measure to the best quality possible – do it right, do it once.” (IPHA, 2018, p. 32)

Esta abordagem preconizada pelo padrão *EnerPHit*, conhecida por “passo a passo”, assenta precisamente na execução cuidada e criteriosa de cada etapa de intervenção. Em vez de aplicar múltiplas soluções de forma parcial e pouco eficaz, defende-se a implementação progressiva de cada medida com a máxima qualidade técnica e construtiva possível. Esta metodologia permite, não só uma maior otimização de recursos, como também evita futuras intervenções e prolonga o desempenho dos elementos reabilitados, traduzindo-se numa solução energeticamente mais eficiente e economicamente mais vantajosa a médio e longo prazo. (IPHA, 2018)

Neste sentido, o processo de *retrofit* consiste na otimização do desempenho energético e ambiental de edifícios existentes através da implementação de soluções técnicas específicas, como já foram enunciadas anteriormente através dos cinco princípios da *Passive House*. No entanto,

a renovação energética consiste no processo de melhorar o desempenho energético e ambiental dos edifícios através de intervenções técnicas, embora, para alcançar benefícios, este processo muitas vezes exija alterações no estilo de vida dos ocupantes e implique um programa contínuo de reparações e manutenção. Um dos principais focos da renovação é a redução das perdas de calor através da envolvente do edifício (ou seja, paredes, portas, janelas, pavimentos e telhado), diminuindo assim os custos de aquecimento, o consumo de energia e as emissões de CO₂. Contudo, existem também outras formas importantes de reduzir estes impactos, incluindo a melhoria de sistemas como aquecimento, controlos e iluminação, bem como a utilização de energias renováveis.²⁴

A prioridade neste tipo de intervenções reside habitualmente na minimização das perdas térmicas através da envolvente do edifício opaca e transparente, o que permite, por

²⁴ Tradução da autora. Texto original: “Retrofit is the process of improving the energy and environmental performance of buildings through technical interventions, albeit that to achieve benefits, this process often needs to encompass occupants’ lifestyle changes and involves an ongoing programme of repairs and maintenance. A prime focus of retrofit is on reducing heat losses through building fabric (ie, walls, doors, windows, floors and roof) – thereby cutting heating costs, energy use and CO₂ emissions. However, there are also other important ways of reducing these impacts, including improvement in services such as heating systems, controls and lighting and by the use of renewable Energy.” (May et al, 2015, p. 5)

consequente, a redução dos consumos energéticos associados ao aquecimento, a diminuição das emissões de dióxido de carbono e a mitigação dos custos operacionais. (IPHA, 2018) Qualquer intervenção em edifícios deve ser orientada por uma abordagem contextualizada, sensível às especificidades do imóvel em causa. (May et al, 2015)

Contudo, existem algumas características gerais dos edifícios tradicionais que merecem ser definidas em comparação com os edifícios modernos (pós-1919) e que, consequentemente, exigem diferentes conhecimentos, competências e soluções materiais. Os edifícios tradicionais são construídos com materiais distintos e em formas estruturais diferentes em relação aos edifícios modernos e, por conseguinte, apresentam um desempenho distinto.²⁵ (May et al, 2015, p. 5)

A reabilitação segundo os princípios *Passive House* assenta na implementação de um conjunto de medidas específicas orientadas para o elevado desempenho energético. Entre estas destaca-se o reforço do isolamento térmico nas superfícies opacas da envolvente. Sempre que possível, a aplicação deste isolamento deverá ser realizada pelo exterior, por ser energeticamente mais eficaz e por minimizar o risco de condensações internas (fig. 9). Contudo, em contextos em que tal abordagem é inviável, nomeadamente em edifícios com valor patrimonial ou cujas fachadas não podem ser alteradas por imperativos legais ou estéticos, recorre-se à aplicação de isolamento pelo interior, devidamente projetado para garantir a compatibilidade higrotérmica e evitar patologias construtivas. (Gavião et al, 2025)

A minimização das pontes térmicas é igualmente uma prioridade, sobretudo nos pontos de transição entre paredes, coberturas e lajes, onde a continuidade do isolamento deve ser cuidadosamente assegurada. A substituição das janelas existentes por vãos envidraçados de elevado desempenho térmico e estanqueidade ao ar é outra medida central; em alternativa, poderá optar-se pela instalação de uma segunda janela interior energeticamente eficiente,

²⁵ Tradução da autora. Texto original: “However there are some general qualities of traditional buildings which are worth defining in comparison with modern (post 1919) buildings, and which consequently require different understanding, skills and material solutions. Traditional buildings are constructed from different materials and in different structural forms compared with modern buildings and consequently they perform differently.” (May et al, 2015, p. 5)

preservando-se assim a caixilharia original voltada para a fachada, em respeito pela integridade estética do edifício. As colocações das janelas devem ser sempre aplicadas na camada de isolamento, de forma a minimizar as pontes térmicas (fig. 10). (IPHA, 2018)

A grande quantidade de energia poupada é apenas uma das muitas vantagens dos componentes certificados *Passive House*, embora seja uma das mais importantes. Num momento em que a chamada “segunda renda”, composta pelos custos de funcionamento de um edifício, representa um encargo significativo, os componentes *Passive House* reduzem o consumo de energia de um edifício existente em pelo menos 75% – e frequentemente em mais de 90%. O que é ainda mais relevante é que melhoram consideravelmente a qualidade estrutural dos edifícios existentes. Por exemplo, o risco de formação de bolor pode ser praticamente eliminado devido à excelente proteção térmica. De facto, as janelas *Passive House* são tão quentes no interior que a condensação não se forma. Isto significa que o espaço habitável pode ser melhor utilizado, pois os móveis podem ser colocados junto das paredes exteriores sem risco de bolor. A utilização de componentes de construção de elevada qualidade é fundamental para atingir de forma confiável o nível desejado de eficiência energética *Passive House*. Para a certificação pelo *Passive House Institute*, os produtos são testados de forma independente de acordo com critérios uniformes. Isto significa que os proprietários de edifícios podem poupar dinheiro com componentes *Passive House*, uma vez que o selo de qualidade destes produtos oferece aos arquitetos um elevado grau de certeza no planeamento.²⁶ (IPHA, 2018, p. 33)

²⁶ Tradução da autora. Texto original: “The large amount of energy saved is only one of the many advantages of Passive House certified components, albeit a very important one. At a time when the so-called “second rent” comprising of the running costs of a building represent a significant burden, Passive House components reduce the energy consumption of an existing building by at least 75 percent – and frequently by more than 90 percent. What is even more significant is that they considerably improve the structural quality of existing buildings. For example, the risk of mould growth can be practically ruled out due to the excellent thermal protection. In fact, Passive House windows are so warm on the inside that condensation cannot form. This means that the living space can be used better, because furniture can be placed near exterior walls without the risk of mould. The use of high-quality building components is critical for reliably achieving the desired Passive House level of energy efficiency. For certification by the Passive House Institute, the products are tested independently according to

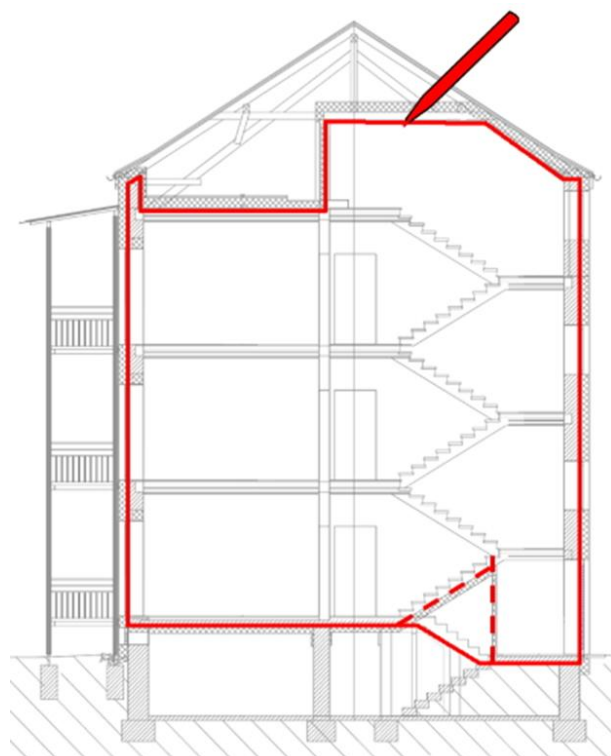


Fig. 9. Exemplo da aplicação do isolamento segundo a “regra do lápis” (Fonte: Associação *Passivhaus* Portugal - PHPT)

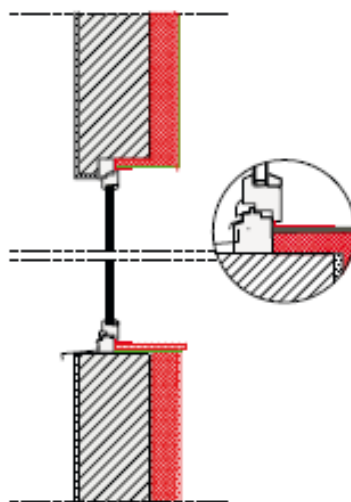


Fig. 10. Exemplo da aplicação do isolamento pelo interior (Fonte: *Passive House Institute*)

uniform criteria. This means that building owners can save money with Passive House components because the quality seal of these products offers architects a high degree of certainty when planning.” (IPHA, 2018, p. 33)

Além disso, é crucial garantir a estanqueidade ao ar, muitas vezes exigindo a renovação integral das redes de condutas para evitar infiltrações. Esta estanqueidade pode ser assegurada através da aplicação de membranas específicas, quer em formato líquido quer em fita. As fitas autoadesivas são frequentemente utilizadas na selagem de vãos, tais como janelas e portas, permitindo a continuidade da barreira de estanqueidade nestes pontos críticos. As membranas líquidas, oferecem versatilidade e praticidade na aplicação sobre superfícies irregulares e apresentam formulações diversas, algumas das quais permitem a permeabilidade à água no estado líquido, mantendo simultaneamente a impermeabilidade ao vapor de água, uma característica particularmente relevante para a gestão higrotérmica da envolvente. Adicionalmente, o reboco aplicado de forma contínua nas paredes interiores pode desempenhar um papel complementar na estanqueidade. (Passive House Institute, 2016)

A instalação de sistemas de ventilação com recuperação de calor desempenha igualmente um papel essencial, embora a sua implementação em edifícios existentes possa ser complexa devido à organização espacial. Contudo, todas estas intervenções devem ser fundamentadas numa análise rigorosa do balanço energético, utilizando a ferramenta *Passive House Planning Package* (PHPP), que permite comparar os consumos energéticos teóricos e reais, bem como testar o impacto das melhorias propostas.

Em suma, a reabilitação segundo os padrões *Passive House* implica um equilíbrio entre o respeito pelas características arquitetónicas originais e a implementação de soluções inovadoras que garantam elevados níveis de eficiência energética. A certificação *EnerPHit* emerge, assim, como uma resposta sólida e adaptada à realidade da reabilitação do edificado, permitindo alcançar poupanças energéticas substanciais e promover um conforto térmico duradouro, mesmo em edifícios existentes.

Portanto, a aplicação dos princípios *Passive House* na reabilitação de edifícios representa uma oportunidade única para melhorar o conforto, reduzir custos e aumentar a eficiência energética. Uma das principais vantagens é precisamente a redução drástica das necessidades de aquecimento e arrefecimento, alcançada através da combinação de bom isolamento, janelas de elevado desempenho, ventilação com recuperação de calor e uma envolvente bem estanque. Nos edifícios tradicionais, o aquecimento e o arrefecimento podem corresponder a mais de 80% do consumo energético total. Já numa *Passive House*, a energia necessária para essas funções é tão reduzida que se aproxima da quantidade usada apenas para a

produção de água quente sanitária. Ou seja, o edifício deixa de depender de sistemas dispendiosos e consumidores de energia, passando a garantir conforto térmico com um mínimo de recursos. (IPHA, 2018)

Um bom isolamento, janelas altamente eficientes, um sistema de ventilação com recuperação de calor ou de energia e uma envolvente do edifício estanque são formas seguras de reduzir as necessidades de aquecimento e arrefecimento. O conceito Casa Passiva tira o máximo partido destes elementos: enquanto o aquecimento e o arrefecimento podem representar mais de 80% da procura total de energia em edifícios existentes, o aquecimento e arrefecimento de uma *Passive House* consome apenas a energia necessária para a água quente doméstica.²⁷ (IPHA, 2018, p. 37)

Com as necessidades de aquecimento e arrefecimento tão baixas, outros consumos ganham maior relevância. A produção de água quente, por exemplo, assume um peso significativo. A utilização de torneiras e chuveiros eficientes, ou até de sistemas de recuperação de calor das águas residuais em climas frios, permite reduzir ainda mais os consumos. (IPHA, 2018) A eletricidade é outro fator a considerar. (IPHA, 2018)

A eletricidade representa tipicamente a maior parte do consumo total de energia nas *Passive Houses*. Ao complementar a utilização otimizada da luz natural com LEDs, que consomem muito menos energia do que as lâmpadas convencionais “de baixo consumo”, é possível obter poupanças energéticas de forma especialmente rentável. A melhoria da qualidade da luz, a iluminação instantânea e a maior durabilidade das lâmpadas são benefícios adicionais da tecnologia LED. Dispositivos de informação tecnológica e de comunicação energeticamente eficientes também podem contribuir para reduzir significativamente o consumo de eletricidade: os computadores portáteis contemporâneos requerem 75% menos energia do que os computadores de secretária padrão. Estas poupanças podem duplicar-se com a utilização de tablets. No caso de frigoríficos, congeladores, máquinas de lavar loiça e roupa, optar pelos aparelhos

²⁷ Good insulation, highly efficient windows, a ventilation system with heat or energy recovery, and an airtight building envelope are sure ways to reduce heating and cooling needs. The Passive House concept makes optimal use of these elements: whereas heating and cooling can account for more than 80 percent of the total energy demand in existing buildings, heating and cooling a Passive House requires no more energy than that which is needed for domestic hot water. (IPHA, 2018, p. 37)

mais eficientes compensa: quaisquer custos adicionais são geralmente compensados pela energia poupada durante a utilização.²⁸ (IPHA, 2018, p. 37)

Assim, ao reabilitar com base no conceito *Passive House*, não só se alcança uma enorme redução das necessidades energéticas, como também se garante um edifício mais económico, mais confortável e ambientalmente mais responsável. (IPHA, 2018)

²⁸ Tradução da autora. Texto original: “Electricity typically makes up the largest share of total energy use in Passive Houses. By complementing optimised use of daylight with LEDs, which use much less energy than conventional “low-energy” light bulbs, energy savings can be achieved in an especially cost-effective way. Improved light quality, instantaneous light, and longer bulb lifespans are additional benefits of LED technology. Energy efficient IT and communications devices can also help cut electricity use significantly: contemporary laptops require 75 percent less energy than standard desktop computers. These savings can be doubled by using tablet computers. When it comes to refrigerators, freezers, dish washers and washing machines, buying the most efficient devices pays off: any additional costs are usually compensated by the energy saved during their use.” (IPHA, 2018, p. 37)

Capítulo II | Casos de Referência

2.1. Moradia Vitoriana, Ecospheric e Guy Taylor Associates

2.1.1. Metodologia e Objetivos de Análise

Esta foi a primeira intervenção de reabilitação profunda, segundo os critérios do padrão *EnerPHit Plus*, a obter certificação oficial em território europeu. Este projeto pioneiro foi igualmente distinguido com o Prémio Internacional *Passive House* 2021, reconhecendo a excelência da sua execução técnica, o rigor na aplicação dos princípios da eficiência energética e a exemplar integração de soluções sustentáveis num edifício de valor patrimonial. Este caso de estudo revela uma abordagem inovadora à reabilitação passiva de edifícios históricos, conjugando exigentes critérios de desempenho energético com um forte compromisso ambiental e patrimonial. (Ecospheric, 2024)

Estas duas moradias geminadas constituem os primeiros *retrofits Passivhaus Plus* da Europa. Este projeto exemplar conseguiu reduzir em 95% a necessidade de aquecimento dos espaços, atingindo faturas energéticas zero. O projeto vai além do conceito *Passivhaus* ao minimizar o carbono incorporado e utilizar exclusivamente materiais de construção naturais, criando uma envolvente do edifício respirável e livre de petroquímicos. Incorporando oito tecnologias/metodologias pioneiras a nível mundial, funcionou verdadeiramente como um laboratório para a renovação doméstica. Foi distinguido com o *International Passive House Association Living Comfort Prize* 2021, o *ASBP People's Prize* 2022 e esteve nomeado para os *AJ Retrofit Awards* 2019.²⁹ (Ecospheric, 2024)

O principal objetivo da análise incidiu sobre a forma como a estratégia de intervenção procurou maximizar a eficiência energética e a sustentabilidade do edificado, preservando

²⁹ Tradução da autora. Texto original: “These two semi-detached homes are Europe's first Passivhaus Plus retrofits. This exemplar project has achieved a 95% reduction in space heating demand with zero energy bills. The project goes beyond Passivhaus by minimising embodied carbon and using only natural building materials to achieve a petrochemical-free, breathable building fabric. Incorporating 8 world first technologies/methodologies, this was truly a laboratory for domestic retrofit. Awarded the International Passive House Association Living Comfort Prize 2021, ASBP People's Prize 2022, and Shortlisted for the AJ Retrofit Awards 2019.” (Ecospheric, 2024)

simultaneamente a sua identidade arquitetónica e construtiva. Neste contexto, a análise metodológica contempla três fatores, a minimização da pegada de carbono através da conservação dos materiais existentes e da rejeição de produtos petroquímicos, a otimização do desempenho térmico e da qualidade do ar interior com recurso a soluções naturais e respiráveis, e a produção de energia renovável integrada na arquitetura do edifício. (*Passivhaus* Trust, 2018)

O projeto adotou uma metodologia que evita a demolição de elementos estruturais e a substituição generalizada por novos materiais industrializados. (Cradden, 2019)

Para começar, a envolvente do edifício contém praticamente nenhum petroquímico, todos os materiais e detalhes construtivos são totalmente respiráveis, as habitações mantêm os seus traçados originais e quase todos os 200 toneladas de tijolo da propriedade, bem como todas as vigas e caibros originais, permanecem no lugar. “Trata-se de preservar a energia incorporada, o carbono incorporado que foi utilizado na construção original... mantendo-o no local”, afirma o seu promotor, Kit Knowles.³⁰ (Cradden, 2019)

A avaliação do desempenho energético foi orientada pelas ferramentas e parâmetros do PHPP, que permitiu prever e otimizar os fluxos de energia, ganhos solares, perdas térmicas e qualidade da envolvente. As soluções construtivas implementadas asseguraram uma elevada estanqueidade ao ar, ventilação mecânica com recuperação de calor e isolamento térmico eficiente em toda a envolvente, com destaque para o uso de fibras naturais, cal hidráulica, celulose e sistemas de madeira respirável. (Cradden, 2019)

Adicionalmente, a intervenção foi concebida para garantir a máxima difusão de vapor e secagem natural das componentes construtivas, prevenindo patologias associadas à humidade. Para tal, cada camada da envolvente foi projetada com características de elevada permeabilidade ao vapor, de forma a evitar a retenção de humidade no interior das paredes,

³⁰ Tradução da autora. Texto original: “For a start, the building fabric contains practically no petrochemicals, all the materials and construction details are fully breathable, the dwellings still sit on their original footprints, and almost all 200 tonnes of brick in the property as well as all the original joists and rafters are still in place. “It’s keeping the embodied energy, the embodied carbon that was put in there when it was originally built... keeping that on site,” says its developer, Kit Knowles.” (Cradden, 2019)

tetos e pavimentos, promovendo a durabilidade e salubridade dos espaços interiores. Outro dos objetivos da análise incidiu sobre a integração de sistemas de geração de energia renovável, nomeadamente através da instalação de painéis fotovoltaicos com capacidade para atingir o limiar mínimo do *EnerPHit Plus*, 60 kWh/(m²a) de produção de energia renovável, bem como de soluções passivas que exploram a orientação solar, o aproveitamento da massa térmica da alvenaria e o sombreamento eficaz. (Cradden, 2019)

A reduzida necessidade de energia para aquecimento dos espaços, alcançada através de elevados níveis de isolamento e estanqueidade, é complementada por uma instalação fotovoltaica de 11 kW. Em combinação com aparelhos com classificação A+++, que reduzem ainda mais a procura, isto significa que, uma vez habitadas, as casas deverão gerar mais energia do que consomem – sendo as primeiras a receber a certificação *EnerPHit Plus* no Reino Unido.³¹ (Passivhaus Trust, 2018)

Este caso de estudo destaca-se ainda pela sua função demonstrativa, servindo como modelo experimental para futuras intervenções em edifícios históricos classificados. A abordagem adotada pelas equipas do projeto, *Ecospheric* e Guy Taylor Associados, permitiu não só superar os constrangimentos construtivos e regulamentares associados à reabilitação em contexto patrimonial, como também estabelecer novos referenciais de boas práticas em arquitetura sustentável e conservação integrada. (Architecture Today, 2025) Neste sentido, a análise desta intervenção visa demonstrar a aplicabilidade dos princípios *Passive House* no contexto da reabilitação de edifícios patrimoniais, demonstrando que é possível aliar desempenho energético de excelência, conservação do património e responsabilidade ecológica, através de uma abordagem holística e interdisciplinar ao ato de projetar e construir.

³¹ Tradução da autora. Texto original: “The low energy demand for space heating achieved by high levels of insulation and airtightness is supplemented with an 11kW PV installation. In combination with A+++ rated appliances further reducing demand, this means that once occupied the houses should generate more energy than they consume - and the first to receive EnerPHit Plus certification in the UK.” (Passivhaus Trust, 2018)



Fig. 11. Fachada Nascente (Fonte: *Passivhaus Trust*)



Fig. 12. Fachada Poente (Fonte: *Guy Taylor Associates*)

2.1.2. Reabilitação

Este projeto de reabilitação levado a cabo pelo fundador da *Ecospheric*, *Kit Knowles*, consistiu na transformação de duas moradias vitorianas geminadas, de 1894, situadas em Chorlton, Manchester, que haviam sido anteriormente convertidas em apartamentos e encontravam-se em estado de degradação avançado. (Architecture Today, 2025)

As novas habitações resultantes foram concebidas para cumprir os critérios exigentes da certificação *EnerPHit Plus*, que pressupõe, o cumprimento do padrão *EnerPHit*, destinado a intervenções de reabilitação de alta eficiência. A estratégia adotada centrou-se na conservação da estrutura pré-existente, procurando evitar a demolição e o consequente impacto ambiental do envio de resíduos para aterro (fig. 14). Este compromisso permitiu preservar a massa térmica inerente ao edifício original, que foi otimizada através da aplicação de rebocos à base de cal, uma solução que permite a respiração das paredes e favorece o equilíbrio higrotérmico do edifício. (Cradden, 2019)

A utilização de materiais naturais, respiráveis e isentos de derivados petroquímicos assumiu um papel preponderante, tanto pelo seu desempenho ambiental como pela sua contribuição para a qualidade do ar interior. Destacam-se, entre outros, os acabamentos em cal, incluindo uma tinta mineral com grafeno³², cuja composição permite absorver compostos orgânicos voláteis e dióxido de carbono, mitigando a formação de fungos e humidades, graças às propriedades alcalinas e higroscópicas³³ da cal (fig. 15). (Architecture Today, 2025)

No que se refere ao isolamento térmico, foram adotadas soluções diferenciadas consoante as características da envolvente. Nas paredes laterais, procedeu-se à aplicação de isolamento

³² “Descoberto já no século XXI, o grafeno protagoniza uma revolução científica e tecnológica que está a passar por Portugal. (...) Da grafite ao grafeno, literalmente. Ao centro, a grafite, em “rocha”, uma das formas em que o carbono se apresenta na natureza. Em fundo, o grafeno, já processado, em “pó”. (...) O grafeno foi descoberto recentemente, em 2004, por Andre Geim e Konstantin Novoselov, da Universidade de Manchester, que no final da década receberam o Prémio Nobel da Física por esse trabalho. (...) A produção de grafeno monocamada exige pessoal altamente especializado, além de infraestruturas e equipamentos muito específicos e dispendiosos, algo apenas possível numa unidade como o *International Iberian Nanotechnology* (INL) de Braga, que conta com uma equipa de trezentos técnicos e um investimento inicial de cem milhões de euros, participado pelos governos de Portugal e Espanha.” (Campos, 2023)

³³ Substância ou material que absorve rapidamente a humidade do ar. (Infopédia)

pelo exterior com recurso a celulose insuflada proveniente de papel reciclado, na fachada principal, preservada por motivos identitários e patrimoniais, recorreu-se ao isolamento pelo interior, com inclusão de uma câmara ventilada de 38 mm entre a alvenaria e a nova camada isolante. As janelas, desenvolvidas especificamente para este projeto, foram instaladas no plano da camada de isolamento, de forma a minimizar as pontes térmicas. (Architecture Today, 2025)

Algumas delas integram vitrais exteriores, elemento inédito em projetos *Passive House*, concebidos com base em modelos tradicionais existentes nas imediações. As molduras foram tratadas com *Organowood*, uma madeira modificada com sílica, resistente à radiação UV e à degradação biológica, dispensando tratamentos químicos convencionais. (Cradden, 2019)

A estanqueidade ao ar foi assegurada por diferentes métodos, incluindo a aplicação de reboco contínuo, membranas líquidas e fitas especialmente nas zonas dos vãos. Destaca-se a membrana inteligente, instalada na cobertura, que recorre a tecnologia inspirada em sistemas biológicos (biomimética) para gerir eficazmente a migração do vapor de água, mantendo ao mesmo tempo uma barreira hermética ao ar (fig. 17).

Os poços de chaminé originais foram inteligentemente reaproveitados para acolher as infraestruturas técnicas, incluindo o sistema de ventilação mecânica com recuperação de calor, instalações elétricas e redes de aquecimento (fig. 16). A produção de energia renovável é assegurada por um sistema fotovoltaico, cuja energia alimenta a iluminação, os equipamentos e o sistema de aquecimento de águas sanitárias. Este último é garantido por um cilindro, que reduz as perdas térmicas através da estratificação da água aquecida, ao contrário dos sistemas convencionais que misturam a água quente e fria de forma menos eficiente. (Cradden, 2019)



Fig. 13. Plantas do 1º Andar (esquerda) e 2º Andar (direita) (Fonte: Ecospheric)

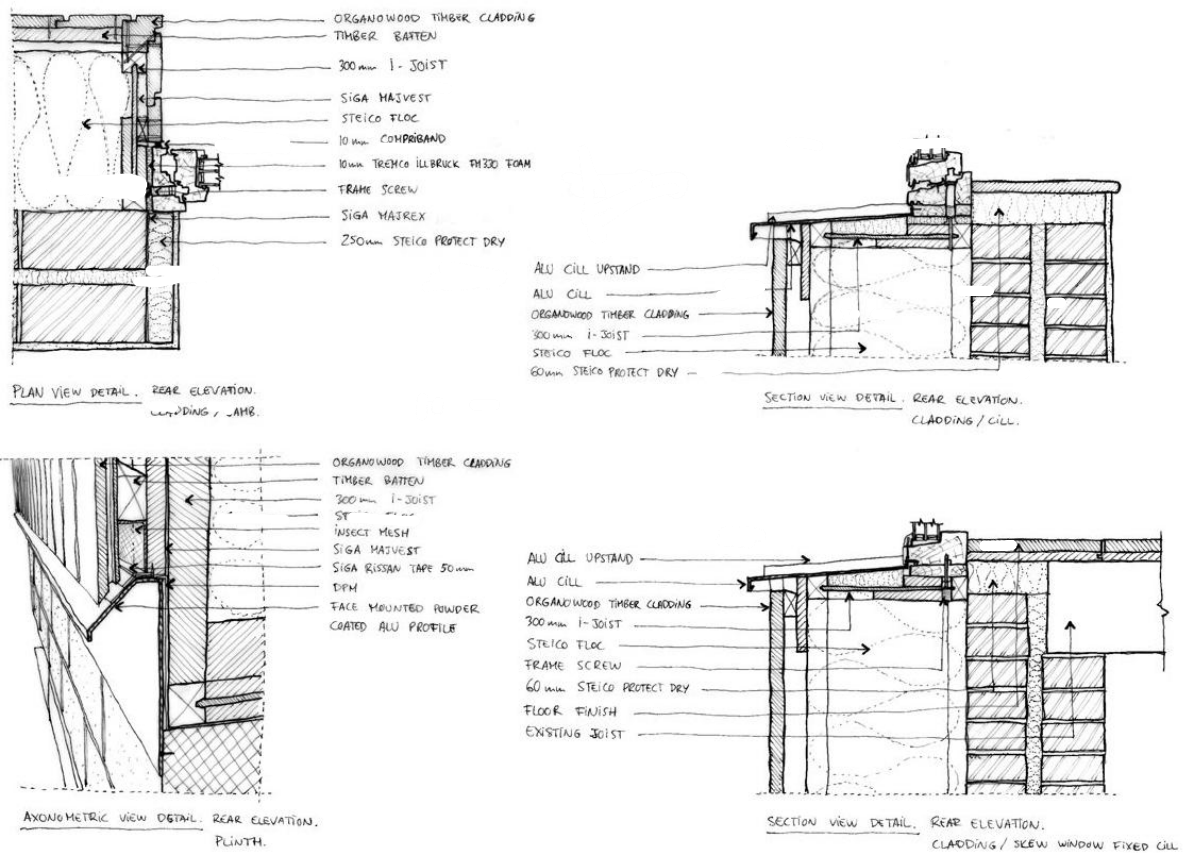


Fig. 14. Pormenores Construtivos (Fonte: Architecture Today)

Adicionalmente, o projeto integra soluções inovadoras para a gestão e reaproveitamento hídrico, como a instalação de casas de banho equipadas com sistemas de reciclagem de águas cinzentas, permitindo a reutilização eficiente da água proveniente de lavatórios e duchas para descargas sanitárias. No exterior, foi implementado um sistema de drenagem urbana sustentável, que utiliza pneus reciclados e pedras reaproveitadas como materiais de base, contribuindo para a redução do escoamento superficial, o aumento da permeabilidade do solo e a mitigação do risco de inundações urbanas. (Chong, 2021)

A articulação entre as infraestruturas técnicas, a produção de energia limpa e a gestão eficiente da água demonstra, neste projeto, uma abordagem holística e altamente eficaz, que alia soluções sustentáveis a uma intervenção arquitetónica sensível ao património edificado.

A nível construtivo, foram adotadas soluções robustas e duradouras, como a aplicação de blocos de betão celular nas fundações das janelas salientes, com o objetivo de reduzir o consumo de betão, bem como a instalação de caleiras e tubos de queda em cobre, cuja durabilidade se estima em 120 anos. A fachada posterior, orientada a poente, apresenta janelas estrategicamente inclinadas a sul, maximizando a captação solar passiva. (Cradden, 2019)

Este projeto destaca-se não apenas pelo cumprimento dos rigorosos critérios da certificação *EnerPHit Plus*, mas também pelo seu contributo para a preservação do património edificado e para a inovação técnica no domínio da reabilitação sustentável. A atribuição do *International Passive House Award 2021*, reflete o reconhecimento internacional da boa execução desta intervenção, que se afirma como um modelo a seguir na regeneração do parque edificado existente em consonância com os princípios da eficiência energética e da sustentabilidade ambiental.



Fig. 15. Preservação das vigas originais
(Fonte: *Passive House Plus*)



Fig. 16. Reboco de cal nas paredes interiores
(Fonte: *Passive House Plus*)



Fig. 17. Colocação de infraestruturas
(Fonte: *Passive House Plus*)



Fig. 18. Colocação da fita de estanqueidade
(Fonte: *Passive House Plus*)

2.1.3. Análise dos Resultados

A análise dos resultados obtidos permite aferir a eficácia da intervenção segundo os critérios estabelecidos pelo padrão *EnerPHit*. Com base nos dados recolhidos e processados através da ferramenta PHPP, verifica-se uma redução significativa das necessidades de aquecimento, passando de valores típicos em edifícios existentes, superiores a 150 kWh/(m²a), para valores inferiores a 25 kWh/(m²a), compatíveis com os requisitos da certificação. Esta redução, de 95%, é especialmente expressiva considerando o contexto de um edifício pré-existente, cuja estrutura original impõe diversas limitações técnicas. (Ecospheric, 2024)

Para além da melhoria no desempenho térmico e da consequente redução do impacto ambiental, esta intervenção traduziu-se também numa diminuição substancial dos custos operacionais associados ao consumo energético.

Estima-se que, após a reabilitação em comparação com os gastos antes da intervenção representam,

uma poupança de 50,000 libras ao longo dos primeiros 10 anos, sem faturas de energia e com manutenção mínima, estas propriedades estão repletas de inovação. Os painéis fotovoltaicos (PV) instalados no telhado não só alimentam a iluminação e os eletrodomésticos das casas, como também aquecem o depósito de água quente – o primeiro no mundo a utilizar um controlo por termoclina³⁴. Dado que as habitações geram mais energia do que consomem, os ocupantes podem vender o excedente de eletricidade à rede.³⁵ (Welch, 2019)

³⁴ “camada intermédia de uma massa de água, em que há uma descida abrupta da temperatura à medida que aumenta a profundidade.” (Infopédia, 2025) Neste caso, o controlo por termoclina significa que o sistema de aquecimento e gestão da água quente tira partido dessa estratificação. Em vez de misturar toda a água do depósito, controla o processo para que a energia seja usada de forma mais eficiente, a água quente disponível para consumo permanece no topo do tanque; a água fria fica no fundo, pronta para ser aquecida; reduz-se a perda de calor e melhora-se a eficiência dos painéis fotovoltaicos ao aquecerem apenas a parte necessária do depósito. Assim, o depósito aquece e armazena energia de forma mais inteligente, permitindo maior conforto e menores desperdícios.

³⁵ Saving £50,000 over the first 10 years with zero energy bills and minimal maintenance, these properties are packed with innovation. Photovoltaic (PV) panels on the roof not only power the homes’ lighting and

Tabela 3. Resultados Alcançados após Intervenção (Fonte: *Passivhaus Trust*)

REQUISITOS	
Aquecimento	demanda anual 12,5 kWh/(m²a) ou carga de pico 10,4 W/m²
Energia Primária	PE 99,6 kWh/(m²a) ou PER 41,6 kWh/(m²a)
Estanqueidade	teste de porta do soprador (n_{50}) 0,9 rph
Conforto Térmico	temperatura entre 20°C e 25°C e superaquecimento 0% do tempo

appliances but also heat the hot water tank – the first in the world with a thermocline control. Since the homes generate more power than they use, occupants can sell excess electricity back to the grid. (Welch, 2019)



Fig. 19. Cozinha com madeiras locais
(Fonte: Ecospheric)



Fig. 23. Porta com vitrais
(Fonte: Ecospheric)



Fig. 24. Hall de entrada
(Fonte: Ecospheric)



Fig. 20. Sala de estar com lareira
(Fonte: *e-architect*)



Fig. 25. Pavimento de origem
(Fonte: Ecospheric)



Fig. 26. WC social
(Fonte: Ecospheric)



Fig. 21. Sala de Estar
(Fonte: *e-architect*)



Fig. 27. Wc
(Fonte: *e-architect*)



Fig. 28. Janelas com vitrais
(Fonte: Ecospheric)



Fig. 22. Suite master
(Fonte: Ecospheric)

2.2. nZEBoffice+, Homegrid

2.2.1. Metodologia e Objetivos de Análise

A reabilitação do atelier *Homegrid* no centro da cidade de Ílhavo, distrito de Aveiro, distinguiu-se por ser simultaneamente o primeiro escritório do mundo a obter a certificação *Passive House*, bem como a primeira intervenção de reabilitação no país a alcançar tal distinção. Este projeto reveste-se de particular relevância no panorama nacional da construção sustentável, ao seguir os critérios estabelecidos pelo standard *EnerPHit*, destinado à requalificação energética de edifícios existentes com exigências comparáveis aos edifícios novos *Passive House*. (Homegrid, 2021)

A metodologia seguida baseou-se na aplicação dos princípios *Passive House* adaptados às exigências do contexto de reabilitação, com particular atenção à compatibilização entre desempenho térmico, limitações físicas e conservação arquitetónica.

A análise técnica e funcional da intervenção centrou-se em diversos objetivos estratégicos que visam contribuir para a replicabilidade e difusão de boas práticas no domínio da reabilitação sustentável, tais como, a diminuição em 90% das necessidades de aquecimento, refletindo-se numa redução significativa da procura energética para conforto térmico no inverno; a demonstração da compatibilidade entre edifícios de consumo quase nulo (nZEB), o standard *Passive House* e a integração de fontes de energia renovável, num contexto real e restrito; a validação do PHPP como ferramenta fundamental para a modelação de edifícios para o nZEB; a criação de um modelo replicável de intervenção energética, apto a ser reproduzido em contextos urbanos semelhantes; a promoção da padronização de soluções construtivas adaptadas à reabilitação profunda; a implementação de um sistema de monitorização pública de desempenho, que permitirá recolher e disponibilizar dados reais de operação para suporte à decisão e investigação aplicada; o fomento da disseminação técnico-científica, permitindo o envolvimento de profissionais, entidades académicas e decisores políticos na transição energética do edificado existente. (Homegrid, 2021)

A reabilitação do edifício sede da Homegrid constitui um exemplo emblemático de inovação técnica e integração urbana no domínio da construção sustentável, demonstrando que é possível alcançar elevados níveis de eficiência energética e conforto ambiental, mesmo em contextos onde existem limitações arquitetónicas e regulamentares significativas. Esta

intervenção surge, assim, como referência nacional para a reabilitação de edifícios de comércio e serviços e representa um contributo valioso para a prossecução das metas climáticas e energéticas definidas para o setor da construção no âmbito da estratégia europeia para edifícios nZEB. Adicionalmente, o edifício encontra-se monitorizado em tempo real diariamente, o que assegura a veracidade e fiabilidade dos resultados obtidos, permitindo avaliar continuamente o desempenho energético e o conforto ambiental, bem como validar as soluções técnicas implementadas.



Fig. 29. Edifício em confrontação com a Câmara Municipal de Ílhavo (Fonte: *Homegrid*)



Fig. 30. Interior do atelier antes da intervenção (Fonte: *Homegrid*)

2.2.2. Reabilitação

O edifício, construído na década de 1990, insere-se numa zona urbana consolidada e sensível, confrontando diretamente com a Câmara Municipal de Ílhavo. Esta condição urbanística implicou restrições regulamentares à intervenção sobre a envolvente exterior, nomeadamente a proibição de qualquer alteração visível nas fachadas, de forma a salvaguardar a integridade arquitetónica e a continuidade formal da malha urbana. Neste enquadramento, todas as soluções foram desenvolvidas para uma execução integralmente pelo interior, o que exigiu uma abordagem metodológica adaptada, tecnicamente rigorosa e respeitadora do contexto. (Homegrid, 2021)

Assim, a intervenção incluiu a aplicação de isolamento térmico pelo interior nos três principais elementos opacos, ou seja, as paredes interiores, o teto e o piso, com o objetivo de reduzir significativamente as perdas térmicas e garantir um desempenho global coerente com os requisitos do standard *EnerPHit*, sem comprometer a aparência original do edifício. Esta estratégia de isolamento permitiu criar uma barreira térmica interior contínua, essencial para o controlo de fluxos energéticos e para a prevenção de patologias associadas a condensações superficiais e intersticiais. (Gavião et al, 2025)

Neste sentido, foi assegurada a estanqueidade ao ar da envolvente através de soluções construtivas minuciosamente desenhadas e validadas por ensaios *Blower Door*³⁶, permitindo o controlo eficaz de infiltrações indesejadas e assegurando os valores-limite impostos pela certificação *Passive House*. (Homegrid, 2021)

A intervenção contemplou ainda a implementação de um sistema de ventilação mecânica controlada com recuperação de calor, concebido para garantir uma renovação permanente do ar interior com consumos reduzidos, contribuindo para uma atmosfera interior saudável e termicamente estável. (Homegrid, 2021)

³⁶ O ensaio *Blower Door* constitui um procedimento fundamental para a verificação da estanqueidade ao ar de um edifício, permitindo identificar e quantificar eventuais infiltrações não controladas. Este método consiste na colocação de uma barreira ventiladora numa das aberturas exteriores do edifício, normalmente uma porta, através da qual se induz uma diferença de pressão entre o interior e o exterior. Ao criar esta depressão artificial, torna-se possível forçar a passagem do ar através de pontos de fuga existentes na envolvente do edifício, o que possibilita a sua localização e posterior correção. (MODIKO, 2022)



Fig. 31. Planta após intervenção (Fonte: Homegrid)



Fig. 32. Colocação das janelas e do isolamento
(Fonte: Homegrid)



Fig. 33. Aplicação da membrana líquida para a estanqueidade
(Fonte: Homegrid)

Outro aspecto de relevo foi a solução adotada para os vãos envidraçados. Face à impossibilidade de substituir as janelas originais por imposições regulamentares e de preservação da fachada, optou-se pela sua manutenção integral e colocação de uma segunda camada de janelas pelo interior, dotadas de melhor desempenho térmico e acústico. Esta solução, configurando um sistema de janela dupla, assegurou a melhoria do isolamento térmico da envolvente transparente, reforçou a estanquidade ao ar e proporcionou um ganho relevante no conforto acústico, sem comprometer a expressão arquitetónica do edifício. (Gavião, 2025)

Todas estas decisões foram fundamentadas em simulações energéticas detalhadas com recurso ao PHPP9. Este software permitiu dimensionar e otimizar cada elemento da intervenção, garantindo o cumprimento integral dos critérios técnicos e energéticos do standard *EnerPHit*. (Homegrid, 2021)

Um aspeto distintivo deste projeto consiste na opção deliberada de manter à vista as infraestruturas técnicas e as redes de tubagem, contrariando a prática convencional de ocultação desses elementos. Esta decisão foi tomada com uma intenção pedagógica e funcional, na medida em que o atelier promove visitas técnicas e formativas ao edifício, e a exposição dos sistemas facilita a compreensão do funcionamento integrado do edifício, permitindo visualizar de forma clara e ilustrativa os princípios de ventilação, distribuição de calor e gestão passiva da energia. (Gavião et al, 2025)

Adicionalmente, com o intuito de potenciar a eficiência energética do edifício, foi instalada uma unidade de produção de energia com painéis fotovoltaicos, devidamente dimensionada e integrada na cobertura. Esta medida reforça o compromisso do projeto com os princípios de sustentabilidade ativa e permite produzir energia localmente a partir de fonte renovável, alinhando-se com os objetivos da transição energética e da descarbonização do setor dos edifícios. Embora o edifício tenha sido concebido de acordo com os princípios da norma *Passive House*, reconheceu-se a conveniência de incorporar um sistema de climatização ativo por ar condicionado. Este sistema foi estrategicamente dimensionado para operar em regime de carga reduzida, uma vez que o conforto térmico é assegurado, na sua maioria, por estratégias passivas e pela eficiência da envolvente. A presença deste sistema não compromete os objetivos do projeto, servindo sobretudo como apoio pontual nos períodos de carga extrema e como redundância funcional em contexto de uso profissional intensivo. (Homegrid, 2021)



Fig. 34. Colocação das janelas antes da camada de isolamento
(Fonte: Homegrid)



Fig. 35. Instalação da ventilação mecânica controlada
(Fonte: Homegrid)

2.2.3. Análise dos Resultados

Segundo os dados revelados pelo Homegrid, o impacto da reabilitação é particularmente evidente na redução substancial das necessidades de energia para climatização, “The heating demand was reduced in 75% guaranteeing high levels of thermal comfort and good air quality.” (Database, 2025) (a necessidade por aquecimento foi reduzida em 75%, garantindo altos níveis de conforto térmico e boa qualidade do ar). Este resultado foi alcançado através da requalificação da envolvente térmica interior, da correção de pontes térmicas, da introdução de soluções de estanqueidade ao ar, da aplicação de janelas secundárias de alto desempenho e da instalação de um sistema de ventilação mecânica com recuperação de calor. A integração coordenada destas medidas permitiu alcançar níveis excepcionais de conforto térmico com um consumo energético residual, reduzindo a dependência de sistemas ativos de climatização. (Database, 2025)

A melhoria das condições do interior do atelier foi um dos principais objetivos da intervenção, tendo sido assegurada uma significativa elevação dos padrões de conforto interior e da qualidade do ar, aspetos frequentemente negligenciados no edificado existente. A ventilação mecânica controlada, com recuperação de calor, garante uma renovação contínua do ar sem comprometer o balanço energético, mantendo valores controlados de humidade relativa e de concentração de dióxido de carbono (CO₂), essenciais para o bem-estar e a saúde dos ocupantes. (Homegrid, 2021)

Para complementar as estratégias passivas de eficiência energética, o edifício foi dotado de uma unidade de microprodução fotovoltaica composta por quatro painéis solares, instalados na cobertura e operando em regime de autoconsumo. Esta solução permite a geração local de energia elétrica a partir de fonte renovável, contribuindo para a redução da dependência da rede e para o cumprimento das metas de descarbonização definidas a nível europeu. A energia gerada cobre uma parte significativa do consumo residual, contribuindo para a redução da fatura energética mensal. (Homegrid, 2021)

Um dos aspetos mais relevantes do projeto reside na implementação de um sistema de monitorização em tempo real, designado Zeus, que permite acompanhar o desempenho ambiental e energético do edifício ao longo do tempo. São recolhidos e analisados continuamente indicadores como a temperatura e a humidade relativa interior, a concentração de CO₂, o consumo elétrico total e a produção fotovoltaica. Estes dados são

disponibilizados numa plataforma digital acessível em tempo real, funcionando como um instrumento de gestão, mas também como base de apoio a investigação académica e técnica. (Homegrid, 2021)

As soluções adotadas foram concebidas com base em critérios de viabilidade técnica e compatibilidade construtiva, o que lhes confere elevado potencial de replicação noutros contextos, sobretudo no âmbito da reabilitação do edificado de serviços, construído nas últimas décadas. Este projeto demonstra, assim, que é possível alcançar elevados níveis de desempenho ambiental e energético mesmo em edifícios existentes, desde que se adotem metodologias integradas e criteriosamente planeadas. (Homegrid, 2021)

O nZEBoffice+ da Homegrid assume, por conseguinte, um papel de relevo enquanto modelo demonstrativo para a transformação sustentável do parque edificado nacional, alinhando-se com os compromissos de neutralidade carbónica e promovendo uma nova abordagem à reabilitação urbana baseada na inovação, na eficiência e no conforto dos utilizadores.

Tabela 4. Resultados Alcançados após Intervenção (Fonte: Database)

REQUISITOS	
Aquecimento	demanda anual 17 kWh/(m²a) ou carga de pico 14 W/m²
Energia Primária	PER 56 kWh/(m²a)
Estanqueidade	teste de porta do soprador (n ₅₀) 0,65 rph
Conforto Térmico	temperatura entre 20°C e 25°C

Tabela 5. Situação inicial – resultados PHPP, considerando as frações vizinhas com 15°C de temperatura média no período de aquecimento (Fonte: Homegrid)

Specific building characteristics with reference to the treated floor area				The PHPP has not been filled completely; it is not valid as verification		
	Treated floor area m²			Criteria	Alternative criteria	Fulfilled? ²
Space heating	Heating demand kWh/(m²a)	50,0	≤	15	-	no
	Heating load W/m²	231	≤	-	10	
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m²a)	83	≤	15	15	no
	Cooling load W/m²	23	≤	-	12	
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	17	≤	-	-	-
	Frequency excessively high humidity (> 12 g/kg) %	-	≤	10	-	yes
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀ 1/h	1	≤	0,6	-	no
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m²a)	10,0	≤	-	-	-
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m²a)	209	≤	60	75	no
	Generation of renewable energy kWh/(m²a)	136	≥	-	12	
		11				

Tabela 6. Resultados do desempenho – resultados PHPP, considerando as frações vizinhas com 15°C de temperatura média no período de aquecimento (Fonte: Homegrid)

Specific building characteristics with reference to the treated floor area				Criteria	Alternative criteria	Fulfilled? ²
Space heating	Heating demand kWh/(m²a)	50,0	≤	15	-	no
	Heating load W/m²	56	≤	-	10	
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m²a)	22	≤	15	15	yes
	Cooling load W/m²	6	≤	-	12	
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	8	≤	-	-	-
	Frequency excessively high humidity (> 12 g/kg) %	-	≤	10	-	yes
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀ 1/h	0	≤	0,6	-	yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m²a)	0,6	≤	-	-	-
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m²a)	108	≤	60	71	yes
	Generation of renewable energy kWh/(m²a)	71	≥	-	9	
		22				



Fig. 36. Entrada Atelier
(Fonte: Database)

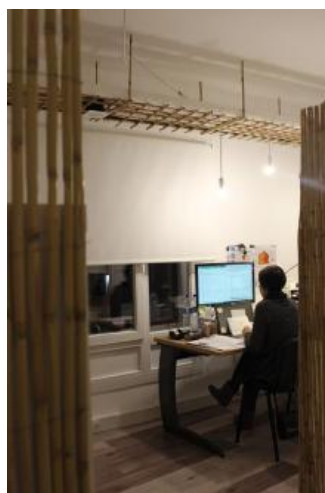


Fig. 37. Atelier
(Fonte: Homegrid)



Fig. 38. Infraestruras
(Fonte: Homegrid)



Fig. 39. Zona da Sala de Reuniões
(Fonte: Homegrid)

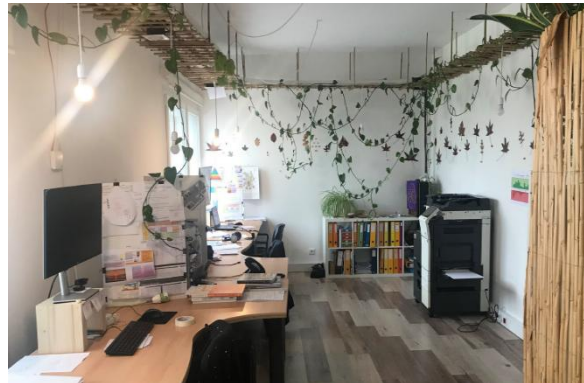


Fig. 40. Zona de Trabalho
(Fonte: Homegrid)

2.3. Cabana Pasiega, Mínima

2.3.1. Metodologia e Objetivos de Análise

A intervenção de reabilitação da Cabana Pasiega, em Selaya, região de Cantábria, Espanha, foi concebida como um estudo de referência no campo da arquitetura sustentável, tendo como propósito central demonstrar a viabilidade de compatibilizar a preservação patrimonial com a obtenção de elevados níveis de eficiência energética. Para compreender a relevância desta experiência, é necessário enquadrar a análise em dois eixos fundamentais: os objetivos definidos e a metodologia que orientou o processo.³⁷ (Mínima, s.d.)

Os objetivos de análise desta intervenção centram-se em três aspetos principais: avaliar como um edifício histórico pode ser adaptado às exigências energéticas atuais sem perder a sua identidade, verificar a eficácia das soluções de reabilitação na melhoria da envolvente térmica e do conforto interior, e quantificar os ganhos energéticos através da comparação do consumo antes e depois da intervenção. (Mínima, s.d.)

A metodologia adotada para a análise assentou numa sequência estruturada de etapas. Inicialmente, realizou-se um levantamento detalhado das condições pré-existentes, abrangendo a caracterização construtiva, a identificação de patologias e o cálculo do desempenho energético inicial. Numa segunda fase, definiram-se as estratégias de intervenção, assentes na aplicação de soluções de isolamento, ventilação e melhoria da estanqueidade, procurando sempre garantir a compatibilidade entre inovação técnica e preservação formal. Finalmente, procedeu-se à monitorização e validação dos resultados, recorrendo a ferramentas de simulação energética e a ensaios de desempenho in situ, de forma a confirmar se os objetivos de redução de consumo e de melhoria de conforto haviam sido cumpridos. Assim, a análise desta intervenção não se limitou à descrição de medidas técnicas, mas estruturou-se como um processo metodológico rigoroso e orientado para objetivos claros: conciliar preservação e eficiência, avaliar o impacto real das soluções de reabilitação e estabelecer métricas comparáveis para aferir o sucesso alcançado. (Mínima, s.d.)

³⁷ “Optamos por preservar el volumen original de la cabaña y buscar la forma de abrir las nuevas y necesarias ventanas en sintonía con la arquitectura tradicional de las cabañas pasiegas.” (Mínima, s.d.)



Fig. 41. Edifício com envolvente (Fonte: Mínima)



Fig. 42. Fachada em pedra (Fonte: Mínima)

2.3.2. Reabilitação

A Cabana Pasiega é um elemento patrimonial emblemático de Selaya, na Cantábria, com origens no século XVIII e consolidação construtiva entre os séculos XIX e XX. Estas construções retangulares, em alvenaria de pedra e argamassa, caracterizam-se pela simplicidade e funcionalidade: fachadas voltadas a sul, pequenas janelas chamadas “ventanus”, portas de madeira e cobertura em telha. O rés-do-chão destinava-se ao gado, enquanto o andar superior acolhia o palheiro, a cozinha e, eventualmente, os quartos da família, aproveitando o calor do gado para conforto térmico. Historicamente, estas cabanas não dispunham de eletricidade ou água canalizada, refletindo uma vida rural simples e integrada com a atividade agrícola.³⁸ (Ayuntamiento de Selaya, 2025)

Atualmente, “The home is organized over two floors of approximately 45 m² each. The ground floor includes the living area, kitchen, and utility room, while the first floor has two bedrooms, each with its own bathroom.”. (a casa organiza-se em dois andares de aproximadamente 45 m² cada. O piso térreo inclui a sala de estar, cozinha e lavanderia, enquanto o primeiro andar é composto por dois quartos, cada um com casa de banho privativa.)

A estratégia central da intervenção consistiu na aplicação de uma “segunda pele” interior, composta por cal, isolamento térmico orgânico, tijolo cerâmico e acabamento final em reboco de cal sem pintura. Esta solução permitiu reforçar a envolvente sem alterar a aparência exterior em pedra, garantindo continuidade estética e ao mesmo tempo elevando o desempenho energético. A cobertura de duas águas e a laje de betão com 10 cm de espessura, foram também isoladas com materiais de elevada performance térmica, completando a proteção do edifício. As janelas foram substituídas por caixilharias de

³⁸ “La cabaña pasiega es el más destacado de los elementos patrimoniales de Selaya. Los edificios más antiguos que se han conservado hasta nuestros tiempos datan del siglo XVIII, siendo el entre siglos con el XIX el período definitivo de consolidación del modelo edificatorio. En la actualidad el uso que de ellas se hace es casi exclusivamente como establo para el ganado, pero hasta no hace mucho tiempo era ocupada también por la familia. En los últimos años algunas cabañas han sido reformadas para su uso como alojamiento rural.” (Ayuntamiento de Selaya, 2025)

madeira certificadas, com vidro triplo laminado preenchido com gás árgon, compatíveis com o standard *Passive House*.³⁹ (Mínima, s.d.)

A climatização foi um dos desafios mais relevantes, tendo em conta a localização do edifício numa das regiões de maior pluviosidade de Espanha, nas Cordilheiras Cantábrica e a apenas alguns quilómetros do mar Cantábrico. Para o inverno, foi adotado um duplo enfoque: por um lado, a melhoria do isolamento e da estanqueidade da envolvente, por outro, o recurso a uma unidade compacta. Este equipamento integra a ventilação mecânica com recuperação de calor, uma bomba de calor que aquece o ar de insuflação e ainda um depósito de 100 litros para água quente, assegurando assim conforto interior com grande eficiência, complementado por uma lareira a lenha como fonte adicional. Já para o verão, a estratégia baseou-se no aproveitamento da elevada inércia térmica das paredes em pedra e dos novos elementos construtivos, garantindo temperaturas interiores estáveis e conforto sem necessidade de sistemas de arrefecimento convencionais. (Mínima, s.d.)

O resultado destas medidas foi a obtenção de uma necessidade energética extremamente reduzida, a tal ponto que pode ser suprida com energia renovável proveniente de uma pequena turbina hidroelétrica instalada no rio próximo. Assim, a reabilitação não só assegurou a habitabilidade contemporânea e o conforto térmico em todas as estações, como também alcançou elevados níveis de sustentabilidade e autonomia energética. (Mínima, s.d.)

Em síntese, este projeto constitui um verdadeiro exercício de precisão, onde isolamento, inércia térmica e estanqueidade tiveram de ser conjugados de forma equilibrada para atingir o exigente standard de eficiência e conforto do padrão *Enerphit*. Mais do que uma simples renovação, a reabilitação da Cabana Pasiega representa a fusão entre tradição e inovação, transformando um património histórico num modelo de arquitetura sustentável para o futuro. (Mínima, s.d.)

³⁹ “Recubrimos la totalidad de los muros de la cabaña con una “segunda piel” interior, con cal, aislante térmico orgánico, ladrillo cerámico y revoque de cal sin pintura; solera y cubierta a dos aguas aisladas con materiales de altas prestaciones térmicas; y ventanas *passiv* de madera, con triple vidrio laminado y gas argón.(...) Como resultado de estas estrategias, la casa tiene una demanda energética tan reducida que puede cubrirse mediante la energía generada por una turbina hidroeléctrica en el río cercano.” (Mínima, s.d.)

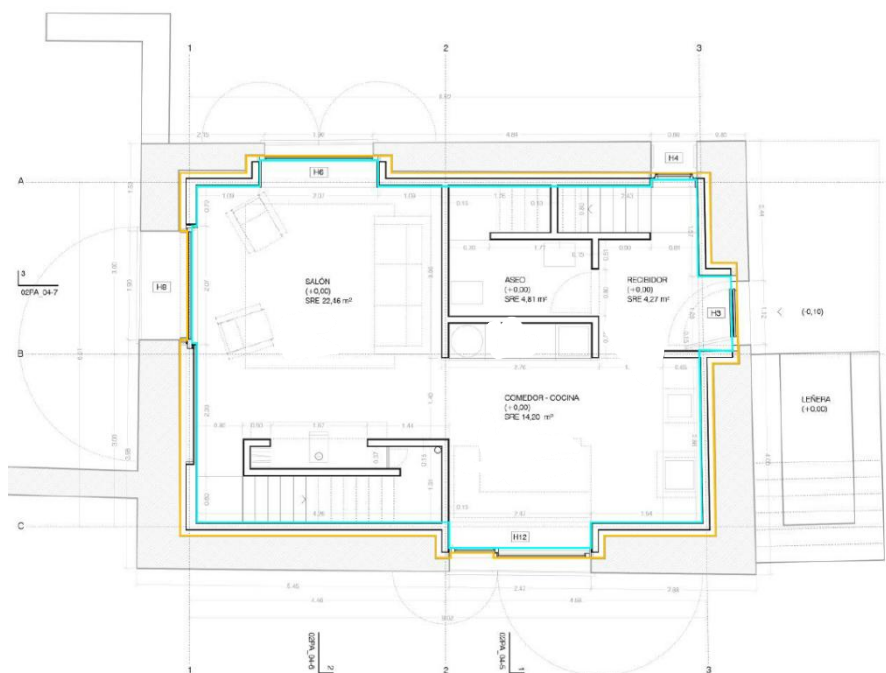


Fig. 43. Plantas proposta do rés-do-chão com marcação da envolvente térmica e de estanqueidade
(Fonte: Passive House Database)

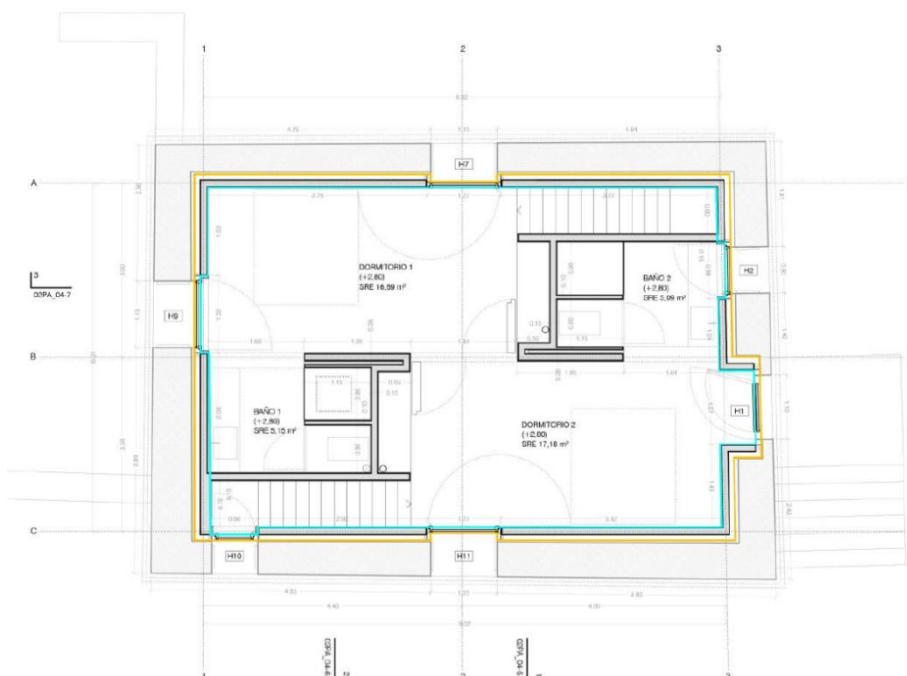


Fig. 44. Plantas proposta do 1º Andar com marcação da envolvente térmica e de estanqueidade
(Fonte: Passive House Database)

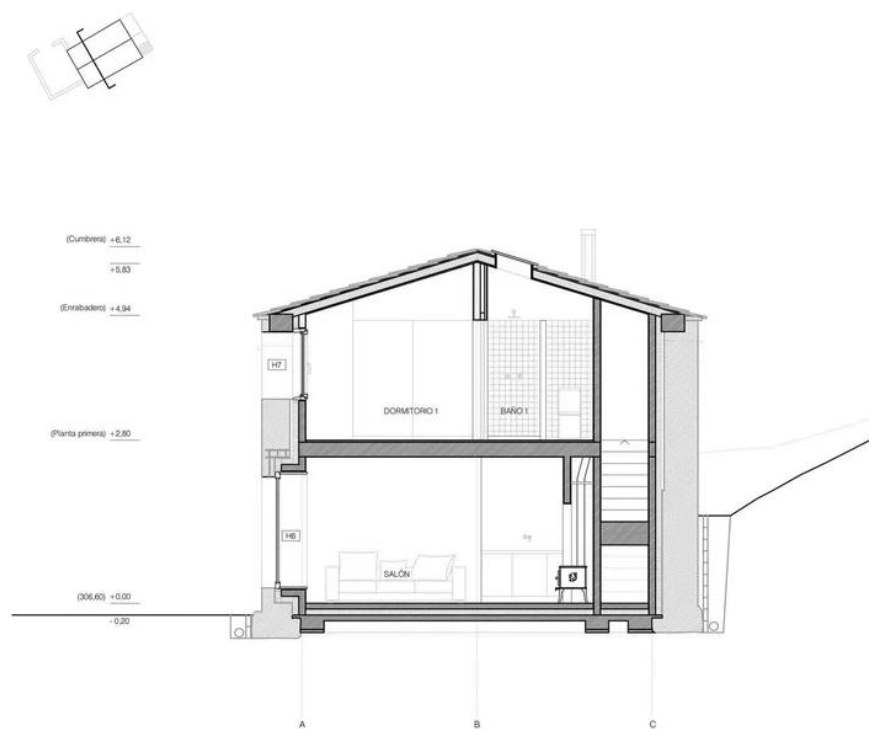


Fig. 45. Corte Transversal (Fonte: Mínima)

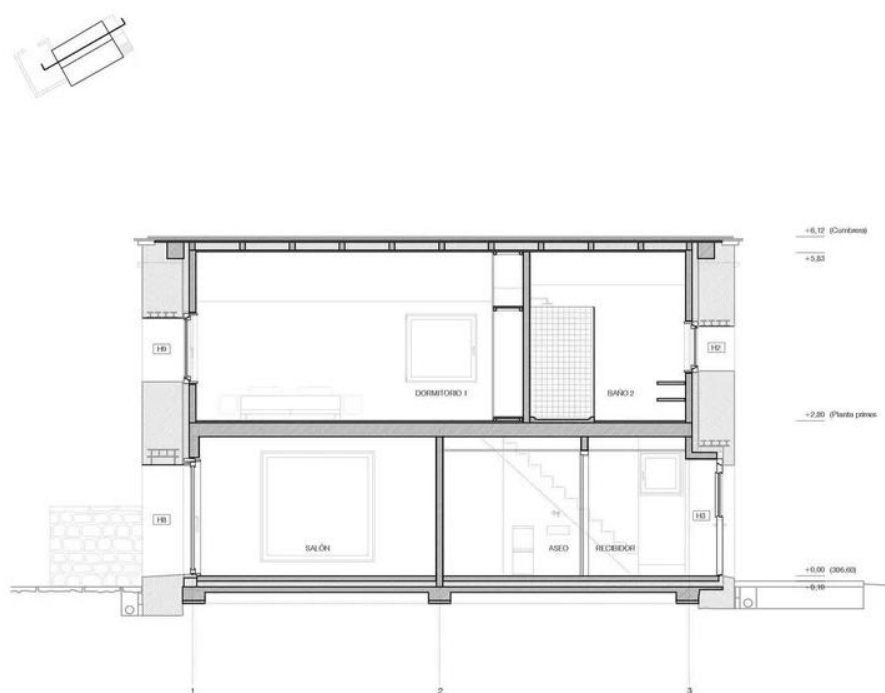


Fig. 46. Corte Longitudinal (Fonte: Mínima)



Fig. 47. Isolamento das paredes e teto
(Fonte: Passive House Database)



Fig. 48. Camada de estanqueidade no teto
(Fonte: *Passive House* Database)

2.3.3. Análise dos Resultados

Este projeto de reabilitação constitui um exemplo relevante de como a arquitetura tradicional pode ser reinterpretada de modo a integrar soluções técnicas contemporâneas. Apesar de a intervenção ter implicado transformações na estrutura e nos alçados, manteve-se uma coerência formal com a tipologia da região, garantindo simultaneamente elevados padrões de conforto e eficiência energética. Trata-se, assim, de uma demonstração de que edifícios rurais de carácter tradicional podem ser adaptados às exigências atuais, preservando a sua identidade arquitetónica.

Os resultados obtidos são particularmente relevantes. A redução drástica da necessidade de aquecimento, conseguida através da aplicação de uma “segunda pele” isolante, da substituição das caixilharias e da melhoria da estanqueidade da envolvente, traduz-se não apenas numa poupança energética significativa, mas também num aumento inequívoco da qualidade de vida dos utilizadores. O recurso à unidade compacta Orkli PKOM 4, que integra ventilação, bomba de calor e produção de água quente, confirma a importância de soluções técnicas inovadoras que simplificam os sistemas e garantem eficiência. (*Passive House Database*, 2024)

Do ponto de vista ambiental, a intervenção assume ainda maior valor por atingir um nível de consumo energético tão reduzido que pode ser suprido por fontes renováveis locais, nomeadamente a energia hidroelétrica proveniente do rio próximo. Este aspeto transforma a Cabana Pasiega num caso exemplar de autonomia e sustentabilidade, indo além da mera reabilitação eficiente para se tornar um modelo de autossuficiência energética. (Mínima, s.d.)

Em termos de reflexão crítica, pode sustentar-se que este projeto representa uma via promissora para a renovação do património rural europeu. Evidencia que a tradição e a inovação não se configuram como domínios antagónicos, podendo antes articular-se de forma harmoniosa e mutuamente enriquecedora. Todavia, importa sublinhar que intervenções desta índole reclamam um planeamento meticuloso, uma compatibilização criteriosa dos diversos sistemas construtivos e, sobretudo, uma abordagem que reconheça e respeite o valor cultural inerente a cada edificação.

Em conclusão, a reabilitação da Cabana Pasiega não pode ser entendida unicamente como um feito técnico e energético, mas antes como uma experiência que contribui para a reflexão

em torno do futuro da arquitetura sustentável e das possibilidades de renovação do património rural perante os desafios ambientais da atualidade. Mais do que um modelo a replicar, o projeto demonstra uma possível via de intervenção, em que a preservação da memória arquitetónica procura articular-se com soluções inovadoras e orientadas para a eficiência ecológica. Desta forma, abre-se espaço para um debate alargado sobre os limites, potencialidades e responsabilidades inerentes à transformação de edifícios de tradição vernacular em resposta às exigências do nosso tempo.

Tabela 7. Resultados Alcançados após Intervenção (Fonte: *Passive House Database*)

REQUISITOS	
Aquecimento	demanda anual 33 kWh/(m²a) ou carga de pico 16 W/m²
Energia Primária	PER 62 kWh/(m²a)
Estanqueidade	teste de porta do soprador (n_{50}) 0,8 rph
Conforto Térmico	temperatura entre 20°C e 25°C



Fig. 49. Cozinha e sala de jantar
(Fonte: Mínima)



Fig. 50. Wc
(Fonte: Mínima)



Fig. 51. Sala de estar
(Fonte: Mínima)



Fig. 52. Vista da sala de estar
(Fonte: Mínima)



Fig. 53. Quartos comunicantes
(Fonte: Passive House Database)



Fig. 54. Quarto
(Fonte: Mínima)

2.4. Análise Comparativa

A análise desenvolvida em torno dos três casos de referência, a casa vitoriana em Manchester, o nZEBoffice+ em Ílhavo e a Cabana Pasiega na Cantábria, permite confirmar que a reabilitação energética profunda segundo o padrão *EnerPHit* constitui uma estratégia viável, eficaz e adaptável a diferentes contextos arquitetónicos e funcionais. Apesar das diferenças evidentes quanto à escala, à função e ao enquadramento cultural, todos os projetos alcançaram os mesmos objetivos fundamentais, a melhoria substancial do desempenho energético, a garantia de elevados níveis de conforto e a promoção da sustentabilidade ambiental.

Ao longo dos três exemplos ficou claro que a escolha dos materiais, embora importante, não é por si só determinante. O que verdadeiramente assegura o sucesso das intervenções é a forma como esses materiais são aplicados em conformidade com os cinco princípios essenciais da *Passive House*, isolamento térmico adequado, janelas de bom desempenho, estanqueidade ao ar, eliminação de pontes térmicas e ventilação mecânica com recuperação de calor. Mesmo que os valores do PHPP definidos para o *EnerPHit* sejam menos rigorosos do que os da Casa Passiva, a cumprimento destes princípios permanece incontornável para garantir a eficácia global do projeto.

De igual modo, os casos analisados demonstram que é possível atingir o padrão *EnerPHit* através de qualquer método construtivo e com uma grande diversidade de materiais, desde soluções tradicionais como rebocos até sistemas industrializados como o gesso cartonado. O que prevalece não é a uniformização de soluções, mas sim a adequação das escolhas a cada contexto, em função das condicionantes patrimoniais, técnicas e climáticas. Esta constatação sublinha a versatilidade do standard, revelando que a sua verdadeira força reside na capacidade de se moldar a diferentes realidades sem perder consistência ou qualidade de resultados.

Em síntese, estes três exemplos, ao mesmo tempo tão distintos e tão convergentes, evidenciam que a reabilitação segundo este padrão não só é possível, como recomendável para responder aos desafios contemporâneos da eficiência energética e da sustentabilidade. A diversidade de soluções encontradas não representa dispersão, mas antes a confirmação de que o caminho para uma construção mais consciente e resiliente passa pela aplicação rigorosa de princípios sólidos a contextos específicos. Assim, conclui-se que o futuro da

reabilitação energética não dependerá da imposição de soluções uniformes, mas da capacidade de adaptar o conhecimento técnico às particularidades de cada edifício. demonstrando que é precisamente na pluralidade de abordagens que reside a maior força do EnerPHit.

Tabela 8. Resultados Alcançados após Intervenções (Fontes: *Passivhaus Trust*, Database, *Passive House Database*)

REQUISITOS	Casa Vitoriana	nZEBoffice+	Cabana Pasiega
Aquecimento	demanda anual 12,5 kWh/(m²a) ou carga de pico 10,4 W/m²	demanda anual 17 kWh/(m²a) ou carga de pico 14 W/m²	demanda anual 33 kWh/(m²a) ou carga de pico 16 W/m²
Energia Primária	PE 99,6 kWh/(m²a) ou PER 41,6 kWh/(m²a)	PER 56 kWh/(m²a)	PER 62 kWh/(m²a)
Estanqueidade	teste de porta do soprador (n ₅₀) 0,9 rph	teste de porta do soprador (n ₅₀) 0,65 rph	teste de porta do soprador (n ₅₀) 0,8 rph
Conforto Térmico	temperatura entre 20°C e 25°C e superaquecimento 0% do tempo	temperatura entre 20°C e 25°C	temperatura entre 20°C e 25°C

Tabela 9. Requisitos do PHPP para *Enerphit* (Fonte: Homegrid)

REQUISITOS	
Aquecimento	necessidade anual < 25 kWh/(m²a)
Energia Primária	PE < 120 kWh/(m²a)
Estanqueidade	teste de porta do soprador (n ₅₀) < 0,6 – 1 rph
Conforto Térmico	temperatura entre 20°C e 25°C e superaquecimento < 10% do tempo

Capítulo III | Caso de Estudo

3.1. Casa Maria Teresa

3.1.1. Metodologia e Objetivos de Análise

No âmbito da unidade curricular Projeto III, o projeto de reabilitação da Casa Maria Teresa, localizada no conjunto das Casas de Mar, no Porto de Leixões, assenta numa abordagem metodológica integrada, orientada pelos princípios do conceito de Casa Passiva, conjugando a valorização patrimonial com critérios rigorosos de eficiência energética, sustentabilidade ambiental e adequação funcional.

A primeira fase da intervenção consistiu na análise contextual da envolvente urbana e territorial, tendo sido efetuado um diagnóstico aprofundado da zona portuária de Leixões, caracterizada por um tecido urbano consolidado, com forte identidade histórica e relevância funcional. Esta leitura crítica da envolvente permitiu identificar os constrangimentos ambientais, os condicionamentos legais e as oportunidades arquitetónicas da pré-existência.

Seguiu-se a fase de levantamento arquitetónico e construtivo do edifício existente, centrada na identificação sistemática das patologias construtivas, danos estruturais e carências funcionais da Casa Maria Teresa. Esta etapa foi determinante para aferir o estado de conservação do imóvel e estabelecer as bases para a definição de uma estratégia de reabilitação coerente e tecnicamente fundamentada.

Com base nos dados recolhidos nas fases anteriores, procedeu-se ao desenvolvimento do projeto de execução, estruturado em torno de dois eixos fundamentais: a conservação da identidade arquitetónica do edifício e a sua transformação funcional e energética em consonância com os padrões contemporâneos de habitabilidade e desempenho ambiental.

A proposta adotou uma metodologia baseada nos princípios dos padrões *Passive House*, nomeadamente a redução de pontes térmicas através de soluções construtivas otimizadas; a aplicação de isolamento térmico contínuo nas envolventes opacas; a substituição ou de caixilharias ineficientes por janelas de elevado desempenho térmico; o reforço da estanqueidade ao ar da envolvente; e a aplicação do sistema de ventilação mecânica controlada com recuperação de calor, garantindo conforto higrotérmico e qualidade do ar interior.

Em paralelo, a intervenção preconizou a preservação dos valores patrimoniais e culturais do edifício, respeitando a sua morfologia original e mantendo elementos decorativos distintivos, como as molduras de teto, cuja conservação confere autenticidade à intervenção. A seleção dos materiais construtivos obedeceu a critérios de compatibilidade estética e física com os existentes, assegurando a integração harmoniosa entre o antigo e o novo.

Este enquadramento metodológico e programático da reabilitação da Casa Maria Teresa permite compreender como a conjugação entre tradição e inovação, entre conservação e sustentabilidade, pode ser concretizada de forma rigorosa, sensível e tecnicamente eficaz, servindo como referência para futuras intervenções em património edificado com valor arquitetónico e cultural.

Deste modo, a proposta privilegia estratégias específicas para alcançar elevados níveis de desempenho térmico e energético, em conformidade com os princípios do conceito de Casa Passiva.



Fig. 55. Fachada Noroeste (Fonte: Autora)



Fig. 56. Fachada Sudeste (Fonte: Autora)

3.1.2. Reabilitação

A reabilitação da Casa Maria Teresa, representa uma intervenção profundamente enraizada nos valores da preservação patrimonial, da eficiência energética e da coesão urbana. O edifício, com características arquitetónicas tradicionais, encontrava-se com algumas intervenções descoordenadas realizadas ao longo dos anos e inacabadas, que comprometeram tanto a sua integridade construtiva como a coerência funcional original.

Estas alterações cumulativas originaram diversas patologias construtivas, entre as quais se destacam a proliferação de pontes térmicas, aparecimento de condensações e bolores, a degradação de elementos estruturais e a substituição das caixilharias originais por um modelo diferente ao original, na fachada sudeste. Como consequência, verificava-se um elevado nível de desconforto térmico e ambiental para os ocupantes, situação que exigia uma resposta técnica cuidadosa e integrada.

Do ponto de vista funcional, a Casa Maria Teresa foi originalmente concebida como um edifício de uso misto, com espaço comercial ao nível térreo e habitação nos pisos superiores, de acordo com a morfologia tradicional da zona portuária. No entanto, o projeto de reabilitação procedeu à sua reconversão para habitação unifamiliar, com o objetivo de favorecer a permanência de residentes e contrariar a crescente pressão do mercado de alojamento turístico temporário, responsável pela expulsão progressiva dos habitantes locais. Esta escolha promove uma revalorização do uso residencial estável, numa tentativa de preservar o tecido social e cultural profundamente enraizado naquele território, cuja autenticidade se encontra ameaçada por fenómenos de gentrificação e turismo aceleradas.

Importa, contudo, salientar que, embora o edifício funcione predominantemente como uma habitação unifamiliar, foi estrategicamente incluído um espaço de escritório no rés-do-chão, com acesso independente da entrada principal. Esta solução permite, caso se deseje, a instalação de uma atividade de serviços ou atendimento ao público, garantindo flexibilidade funcional e adaptabilidade futura do uso do espaço, sem comprometer a organização interna da habitação. Trata-se de uma resposta inteligente às exigências contemporâneas de conciliação entre vida privada e atividade profissional, especialmente relevante em contextos urbanos densos e dinâmicos.

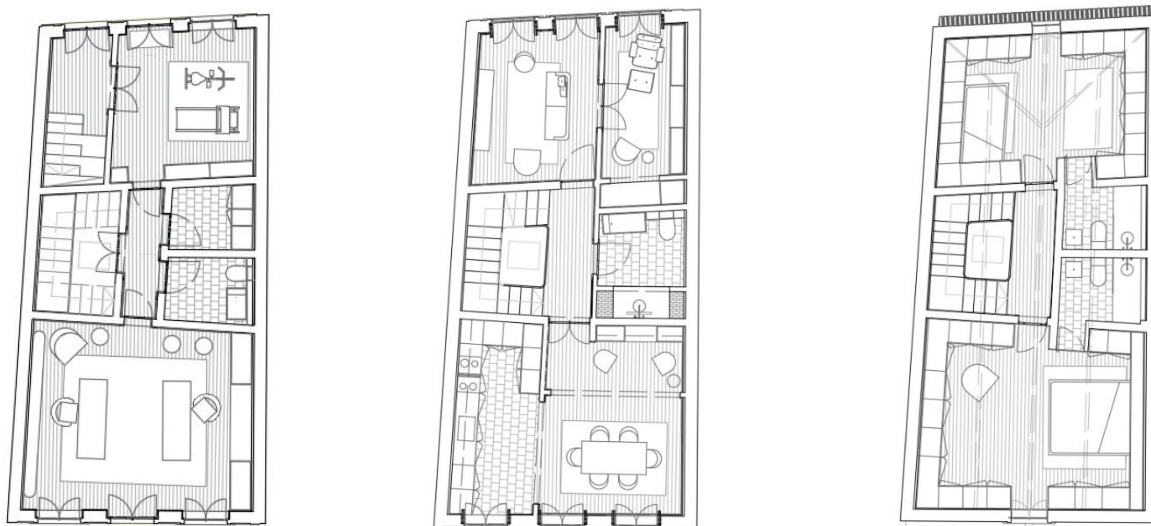


Fig. 57. Plantas propostas do rés-do-chão (esquerda), 1º Andar (centro) e 2º Andar (direita) (Fonte: Autora)

A intervenção proposta para a Casa Maria Teresa insere-se no paradigma da reabilitação sustentável, orientada pelos princípios técnicos e normativos do conceito *Passive House*, aplicados a um edifício pré-existente de valor patrimonial e simbólico. O principal objetivo da proposta consiste na preservação da estrutura arquitetónica original e dos elementos construtivos com potencial de restauro, articulando essa premissa com a necessidade de melhoria substancial do desempenho térmico e energético da habitação. Esta abordagem foi sistematicamente orientada pela procura do equilíbrio entre a eficiência passiva, o conforto higrotérmico, a estanqueidade ao ar e a valorização do património edificado.

A estrutura de madeira dos pavimentos foi objeto de uma análise criteriosa, tendo sido possível a sua conservação mediante intervenções localizadas de restauro e reforço, permitindo assim manter a linguagem do material original. Este critério de preservação foi estendido à linguagem dos acabamentos interiores, nomeadamente através da manutenção do soalho em madeira nos diferentes pisos, exceto nas zonas húmidas (cozinha, instalações sanitárias e lavandaria), onde se optou por revestimentos cerâmicos devido à sua maior resistência à humidade e facilidade de manutenção.

No que respeita ao envelope térmico, a proposta prevê a aplicação de isolamento térmico pelo interior, em todas as superfícies opacas disponíveis, paredes, piso e cobertura, com o objetivo de minimizar pontes térmicas e reduzir as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento. Complementarmente, foi utilizado um reboco térmico composto por aglomerado de cortiça, um material natural, com boas propriedades isolantes e capacidade de melhorar simultaneamente a inércia térmica e a estanqueidade ao ar. Esta opção revela uma atenção particular à compatibilidade entre soluções contemporâneas de elevada performance e materiais vernaculares, promovendo a integração entre inovação técnica e identidade construtiva.

No que concerne às caixilharias, todas as aberturas foram substituídas por novas janelas em madeira, concebidas segundo o traço original, mas com desempenho térmico e acústico significativamente superior, através da incorporação de vidro duplo e perfis eficientes. Esta medida assegura não apenas o cumprimento dos requisitos de isolamento térmico do padrão *Passive House*, como também a valorização da coerência estética da fachada.



Fig. 58. Cortes transversais com proposta (Fonte: Autora)

Um dos pilares fundamentais da proposta reside na incorporação de um sistema de ventilação mecânica com recuperação de calor (VMC), elemento indispensável da *Passive House*. Este sistema garante a renovação contínua do ar interior sem perdas energéticas significativas, assegurando o controlo da humidade relativa, da qualidade do ar e dos níveis de dióxido de carbono (CO₂). A unidade central da VMC foi estrategicamente posicionada no rés-do-chão, integrada no mobiliário técnico da lavandaria, permitindo acesso facilitado para manutenção e minimização do impacto visual e acústico. A sua localização num ponto central do edifício favorece a distribuição uniforme da rede de condutas e potencia a eficiência global do sistema.

Esta estratégia de reabilitação, integrando soluções técnicas de elevado rigor com um respeito estruturado pelo valor patrimonial, permite consolidar a Casa Maria Teresa como um exemplo paradigmático da adaptação do edificado histórico aos padrões contemporâneos de conforto, sustentabilidade e eficiência energética, afirmando-se como uma resposta robusta às exigências climáticas, sociais e urbanísticas do século XXI.

3.1.3. Análise dos Resultados

A intervenção baseou-se numa metodologia rigorosa, iniciada com o diagnóstico urbano e construtivo da envolvente, seguida de um levantamento pormenorizado das patologias e vulnerabilidades do edifício, culminando na definição de uma proposta equilibrada entre desempenho técnico, conservação material e valorização do património arquitectónico, como já foi analisado anteriormente.

Um dos principais constrangimentos do processo residiu na impossibilidade de validar analiticamente, através de simulação no software PHPP, *Passive House Planning Package*, o cumprimento estrito dos critérios *Passive House*. Tal limitação, resultante da complexidade do edifício pré-existente e da ausência de determinados dados técnicos e construtivos, impediu a verificação quantificada dos ganhos em termos de eficiência energética. No entanto, tal restrição não comprometeu o rigor conceptual da intervenção.

A aplicação sistemática dos princípios fundamentais do standard *Passive House*, nomeadamente o reforço do isolamento térmico em todas as superfícies possíveis, a atenuação de pontes térmicas através de detalhes construtivos otimizados, a melhoria da estanqueidade ao ar com recurso a reboco térmico com aglomerados de cortiça, e a renovação controlada do ar através de ventilação mecânica com recuperação de calor, contribuiu de forma clara e mensurável para a melhoria do desempenho do edifício, mesmo sem certificação formal, como também já foi comprovado em outros casos práticos.

Do ponto de vista do conforto higrotérmico e da qualidade do ambiente interior, o exercício desenvolvido permitiu identificar, de forma qualitativa, melhorias potenciais na estabilidade térmica dos espaços, na redução de condensações superficiais e na qualidade do ar. A proposta de instalação de ventilação mecânica controlada, pensada com localização estratégica, demonstrou a possibilidade de manter o sistema acessível, silencioso e eficiente, com distribuição adequada pelos diferentes compartimentos.

No plano da conservação patrimonial, a intervenção conceptual procurou respeitar os elementos construtivos e decorativos originais, preservando a identidade arquitetónica do edifício e ilustrando estratégias compatíveis com edificações históricas ou tradicionais.

Tendo em conta que não existia possibilidade de monitorização ou execução real do projeto, o principal objetivo deste caso de estudo centrou-se na incorporação dos princípios da *Passive House* de forma a não comprometer o edifício histórico. Esta abordagem permitiu validar, de forma conceptual e empírica, a aplicabilidade destes princípios em construções existentes, demonstrando que é possível conciliar eficiência energética e preservação patrimonial.

Embora não tenham sido recolhidos dados quantitativos nem realizada modelação energética certificada, certas conclusões tornam-se plausíveis à luz do enquadramento teórico e da análise comparativa com casos reais de reabilitação segundo o padrão *EnerPHit*. Assim, a Casa Maria Teresa configura-se como um caso de estudo relevante no âmbito da dissertação, permitindo explorar estratégias de reabilitação sustentável e fornecer uma base conceptual sólida para análises comparativas. A sua inclusão justifica-se pelo facto de demonstrar soluções exequíveis e coerentes, mesmo sem valores quantitativos diretos, contribuindo para a reflexão crítica sobre o futuro do edificado urbano tradicional em resposta às exigências contemporâneas de conforto, eficiência energética e sustentabilidade.



Fig. 59. Fachada Noroeste (Fonte: Autora)



Fig. 60. Fachada Sudeste (Fonte: Autora)



Fig. 61. Entrada habitação
(Fonte: Autora)



Fig. 62. Escritório
(Fonte: Autora)

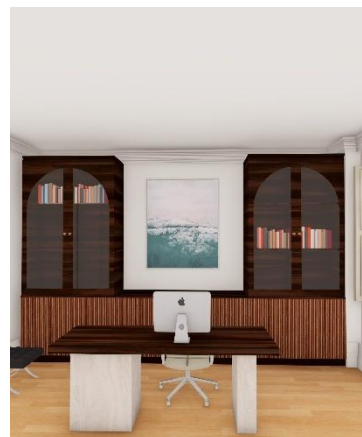


Fig. 63. Escritório
(Fonte: Autora)



Fig. 64. Sala de Estar
(Fonte: Autora)



Fig. 65. Sala de Leitura
(Fonte: Autora)



Fig. 66. Sala de jantar
(Fonte: Autora)



Fig. 67. Cozinha
(Fonte: Autora)



Fig. 68. Bar
(Fonte: Autora)



Fig. 69. WC
(Fonte: Autora)



Fig. 70. Suite Master (Fonte: Autora)



Fig. 71. Suite Master (Fonte: Autora)



Fig. 72. WC (Fonte: Autora)



Fig. 73. WC (Fonte: Autora)

Síntese Conclusiva

A crescente urgência em mitigar os impactos ambientais decorrentes do consumo energético do edificado tem assumido, nas últimas décadas, um papel central nas agendas científica, política e social. Em Portugal, esta problemática revela-se particularmente crítica, uma vez que grande parte do parque edificado data das últimas décadas do século XX, período marcado por exigências regulamentares pouco rigorosas em matéria de eficiência energética e desempenho térmico. Tal realidade resultou na proliferação de edifícios caracterizados por deficiências ao nível do isolamento, caixilharias obsoletas, ausência de estanqueidade e sistemas construtivos pouco eficientes.

Paralelamente, a reabilitação energética assume, por isso, uma dupla dimensão estratégica: por um lado, como resposta técnica indispensável para reduzir consumos e emissões, por outro, como instrumento fundamental para regenerar o tecido urbano, preservar a identidade cultural e reforçar a resiliência das comunidades locais.

É neste enquadramento que a aplicação dos princípios *Passive House* adquire especial relevância. Inicialmente concebido para climas rigorosos da Europa Central, este modelo tem revelado adaptabilidade notável a climas temperados, como o português, confirmando a sua pertinência como ferramenta metodológica para a reabilitação. A integração desta abordagem no processo de requalificação permite reduzir drasticamente as necessidades energéticas, melhorar a qualidade do ar interior e potenciar o conforto térmico, e em simultâneo preserva a durabilidade construtiva e promove a sustentabilidade ambiental.

A investigação desenvolvida nesta dissertação demonstrou que a integração dos princípios *Passive House* em edifícios existentes é tecnicamente viável, economicamente sensata e ambientalmente imprescindível. Mais do que um exercício de otimização energética, trata-se de uma estratégia abrangente que integra preocupações ambientais, sociais, culturais e económicas, promovendo simultaneamente a qualidade e a comodidade habitacional, assim como a sustentabilidade urbana.

A análise crítica desenvolvida no decurso desta investigação permitiu verificar a relevância dos cinco princípios fundadores da abordagem *Passive House* no contexto português, confirmando a sua aplicabilidade e pertinência na reabilitação do edificado.

O reforço do **isolamento térmico** destacou-se como medida prioritária, uma vez que a ausência ou a insuficiência de isolamento constitui uma das patologias mais comuns do

edificado nacional. A **eliminação das pontes térmicas** demonstrou ser determinante para a integridade construtiva e higrotérmica, prevenindo manifestações patológicas e assegurando maior durabilidade. A substituição das **caixilharias** por sistemas de elevado desempenho, mas preservando o traço arquitetónico original, evidenciou a possibilidade de articular eficiência energética com conservação patrimonial. A promoção da **estanqueidade ao ar**, frequentemente negligenciada no panorama nacional, revelou-se um dos fatores críticos de sucesso, ao permitir uma utilização controlada e eficiente dos restantes elementos de desempenho energético. Por fim, a incorporação da **ventilação mecânica com recuperação de calor** constituiu uma solução de elevada eficácia, garantindo a qualidade do ar interior sem comprometer a eficiência global e demonstrando que a introdução de tecnologia contemporânea pode ser compatibilizada com a realidade espacial de edifícios existentes.

Ainda que, por vezes, a ausência de uma modelação analítica detalhada através do *Passive House Planning Package* (PHPP) tenha limitado a quantificação precisa das melhorias alcançadas, os resultados qualitativos observados são claros. Verificaram-se progressos substanciais no conforto térmico, na qualidade do ar interior e na eficiência energética global. Estes avanços, embora de natureza qualitativa, reforçam a pertinência da aplicação dos princípios *Passive House* como estratégia estruturante para a reabilitação sustentável em Portugal.

A relevância desta abordagem transcende a mera eficiência energética. A aplicação deste modelo em reabilitação promove igualmente a regeneração urbana, ao revitalizar edifícios degradados e integrá-los numa lógica de maior durabilidade e conforto. Contribui também para a preservação cultural, ao compatibilizar inovações técnicas com a manutenção das características arquitetónicas originais. Para além disso, potencia a resiliência das comunidades locais, ao fomentar espaços mais confortáveis, saudáveis e energeticamente acessíveis.

Os resultados desta investigação permitem afirmar que o futuro da reabilitação em Portugal deverá assentar na adoção de padrões de elevado desempenho energético, sendo o modelo *Passive House* uma das metodologias mais robustas para alcançar esse desígnio. Contudo, para que a sua aplicação se torne efetivamente generalizada, será necessário ultrapassar desafios estruturais, nomeadamente através da criação de programas de incentivo financeiro e fiscal que promovam a aplicação dos princípios *Passive House* em reabilitação, em alinhamento com os objetivos nacionais de neutralidade carbónica, o reforço da formação

de profissionais do setor da construção em técnicas de elevada eficiência energética, garantindo a correta implementação das soluções, o incentivo à utilização de materiais e soluções construtivas de base local, com elevado potencial de replicação e contributo para a economia circular.

Em síntese, a conclusão central desta dissertação é inequívoca, a reabilitação do parque edificado português, alicerçada nos princípios *Passive House*, constitui uma via incontornável para a concretização das metas de neutralidade carbónica e transição energética. Trata-se de uma abordagem metodológica robusta que conjuga eficiência, conforto e sustentabilidade, revelando-se compatível com a realidade nacional.

Mais do que uma opção técnica desejável, a aplicação dos princípios Casa Passiva em processos de reabilitação deverá ser entendida como uma necessidade estratégica para o futuro do setor da construção em Portugal. A sua disseminação poderá dinamizar a indústria da reabilitação, fomentar inovação construtiva, valorizar o património existente e contribuir para cidades mais inclusivas, resilientes e sustentáveis.

Assim, o legado desta investigação reside na demonstração de que a integração do modelo *Passive House* na reabilitação do edificado em Portugal não constitui apenas um caminho viável, mas um desígnio inadiável para a construção de um futuro urbano mais eficiente, saudável e ambientalmente responsável.

Contudo, permanece aberta a possibilidade de aprofundar esta reflexão em duas direções complementares, por um lado, através da análise de mais casos de estudo concretos que permitam avaliar o impacto real da aplicação deste modelo no contexto nacional; por outro, pela exploração de estratégias que conciliem os princípios da Casa Passiva com as especificidades do património edificado e com os constrangimentos sociais e económicos locais. Estas linhas de continuidade poderão não apenas enriquecer a investigação académica, mas também oferecer contributos relevantes para a prática profissional e para a definição de políticas públicas mais ambiciosas no domínio da reabilitação sustentável e eficiência energética.

Referências Bibliográficas

Monografias

Wassouf, Micheel - De la Casa Pasiva al Estandádar: la arquitectura pasiva en climas cálidos. 1ª ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2022. 143 p. ISBN 9788425224522.

Santos Leite, António - Reabilitação ou Arquitectura: Reabilitação Urbana e Arquitectónica. Lisboa: Caleidoscópio, 2022. 208 p. ISBN 9789896587208.

Dissertações de mestrado e teses de doutoramento

Ferreira, Christian. O conceito *Passivhaus* no projecto de arquitectura. Porto: Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, 2017. Dissertação de Mestrado Integrado.

Gavião, João. Princípios para a aplicação do conceito *Passive House* em Portugal. Minho: Universidade do Minho, 2012. Dissertação de Mestrado Integrado,

Gonçalves, Joana. 2021. Beyond good intentions: building passport for sustainable conservation of built heritage. Minho: Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2021. Tese de Doutoramento.

Pinheiro, Ana Paula. Reabilitação Arquitectónica, Sustentabilidade e Design. Lisboa: Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa, 2017. Tese de Doutoramento,

Relatórios eletrónicos

Alfonso, Jesús. 2011. La ventilación mecánica con recuperación de calor: La garantía de calidad del aire interior. Guia del estándar Passivhaus. Fundación de la Energia de la Comunidad de Madrid. Madrid. Gráficas Arias Montano, S.A. Disponível em: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/10/Guia-del-Estandar-Passivhaus-Edificios-de-Consumo-Energetico-casi-Nulo-fenercom-2011.pdf>

Antón, Nuria; Vogt, Anne. 2011. *La envolvente opaca y el aislamiento: Minimizar pérdidas*. Guia del estándar Passivhaus. Fundación de la Energia de la Comunidad de Madrid. Disponível em: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/10/Guia->

del-Estandar-Passivhaus-Edificios-de-Consumo-Energetico-casi-Nulo-fenercom-2011.pdf

Balsategui, Sérgio. 2011. *Qué son los puentes térmicos y cómo se evitan*. Guia del estándar Passivhaus. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Disponible en: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/10/Guia-del-Estandar-Passivhaus-Edificios-de-Consumo-Energetico-casi-Nulo-fenercom-2011.pdf>

Bengoa, Alfredo; Nitsch, Bernd. 2011. *Los primeros hitos a tener en cuenta*. Guia del estándar *Passivhaus*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Disponible en: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/10/Guia-del-Estandar-Passivhaus-Edificios-de-Consumo-Energetico-casi-Nulo-fenercom-2011.pdf>

Berger, Wolfgang. 2011. Necesitamos edificios estancos. Guia del estándar Passivhaus. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Disponible en: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/10/Guia-del-Estandar-Passivhaus-Edificios-de-Consumo-Energetico-casi-Nulo-fenercom-2011.pdf>

Guana, Javier. 2011. Hacia los edificios sin hipoteca energética: *Passivhaus – la casa pasiva*. Guia del estándar *Passivhaus*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Disponible en: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/10/Guia-del-Estandar-Passivhaus-Edificios-de-Consumo-Energetico-casi-Nulo-fenercom-2011.pdf>

Guana, Javier. 2011. Los edificios pasivos. Guia del estándar *Passivhaus*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Disponible en: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/10/Guia-del-Estandar-Passivhaus-Edificios-de-Consumo-Energetico-casi-Nulo-fenercom-2011.pdf>

Pastor, Rafael. 2011. Las ventanas y la gran fuente de calefacción de los edificios: El sol. Guia del estándar *Passivhaus*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Disponible en: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/10/Guia-del-Estandar-Passivhaus-Edificios-de-Consumo-Energetico-casi-Nulo-fenercom-2011.pdf>

Passive House Institute. 2016. Step by step retrofits with *Passive House* Components. Disponível em: https://europhit.eu/sites/europhit.eu/files/EuroPHit_Handbook_final_Optimized.pdf

May, Neil; Griffiths, Nigel. 2015. Planning responsible retrofit of traditional buildings. Disponível em: <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/planning-responsible-retrofit-of-traditional-buildings/>

Publicações em séries eletrónicas

Architecture Today. 2025. Taking Stock. Disponível em: <https://architecturetoday.co.uk/taking-stock/#>

Associação Passivhaus Portugal – PHPT. S.d. Quem Somos? Objetivos, Conceitos e Princípios. Disponível em: <https://passivhaus.pt/sobre/>

Ayuntamiento de Selaya. 2025. La Cabaña Pasiega. Disponível em: <https://aytoselaya.org/municipio/la-cabana-pasiega/>

Campos, António. 2023. Da grafite ao grafeno, uma revolução científica e tecnológica. Disponível em: https://www.nationalgeographic.pt/ciencia/da-grafite-ao-grafeno-uma-revolucao-cientifica-e-tecnologica_2458

CEPHEUS.DE. Sem Data (S.D.). Cost Efficient Passive Houses as European Standards. Disponível em: <https://passivehouse.com/cephesus/eng/index.html>

Chong, Tiffany. 2021. Zetland *Passive House*. Disponível em: https://www.construction21.org/case-studies/h/zetland-passive-house.html?utm_source=chatgpt.com

Cradden, John. 2019. The deepest greenest retrofit ever. Disponível em: <https://passivehouseplus.ie/magazine/upgrade/the-deepest-greenest-retrofit-ever>

Cruz, Miguel. 2024. O que são “*Passive Houses*” (ou *Casas Passivas*)?. Disponível em: <https://miguelcruz.pt/passive-house/>

Database. 2025. *nZEBoffice+*. Disponível em: https://passivehouse-database.org/index.php#d_4761

Ecospheric. 2024. A Victorian home reimagined. Disponível em: <https://www.ecospheric.co.uk/zetland-gallery>

Ecospheric. 2024. *EnerPHit* Plus Victorian Townhouse. Disponível em: <https://www.ecospheric.co.uk/projects/enerphit-plus-victorian-townhouse>

Elswijk, Marcel; Kaan, Henk. 2008. European Embedding of *Passive Houses*. Disponível em: https://www.ecoenergy-bg.net/Success_Guide/CD_PDF/European_Embedding_of_Passive_Houses.pdf

Guy Taylor Associates. 2025. Retrofits *Passivhaus*. Disponível em: <https://www.guytaylorassociates.co.uk/projects/passivhaus-retrofits>

Homegrid. 2021. *nZEBoffice+*. Disponível em: <https://homegrid.pt/en/projects/nzeboffice/>

Homegrid. 2021. Projeto de Casa Passiva. Disponível em: <https://homegrid.pt/en/services/passive-house-design/>

Inbuild. 2019. Somos o que comemos ou também o que respiramos? Disponível em: <https://passivhaus.pt/somos-o-que-comemos-ou-tambem-o-que-respiramos/>

Inbuild. 2019. 9 Fundamentos de um Edifício Saudável (segundo Harvard) – parte 1. Disponível em: <https://passivhaus.pt/9-fundamentos-de-um-edificio-saudavel-segundo-harvard-parte-1/>

Inbuild. 2020. Eu adoro Pontes Térmicas. Será moda ou ‘mood’?. Disponível em: <https://passivhaus.pt/eu-adoro-pontes-termicas/>

Inbuild. 2020. Frio: quando não se morre da causa morre-se da solução?. Disponível em: <https://passivhaus.pt/frio-quando-nao-se-morre-da-causa-morre-se-da-solucao/>

Inbuild. 2020. Recuperar a economia com *Passive House*. Disponível em: <https://passivhaus.pt/recuperar-a-economia-com-a-passive-house/>

Inbuild. 2021. A importância da orientação solar (também) nas *Passive House*. Disponível em: <https://passivhaus.pt/a-importancia-da-orientacao-solar-tambem-nas-passive-house/>

Inbuild. 2021. A importância do PHPP – o desempenho de uma *Passive House* não é um jogo de sorte. Disponível em: <https://passivhaus.pt/a-importancia-do-phpp-o-desempenho-de-uma-passive-house-nao-e-um-jogo-de-sorte/>

Inbuild. 2022. Qualidade do ar interior nas escolas: fator relevante na aprendizagem e desempenho. Disponível em: <https://passivhaus.pt/qualidade-do-ar-interior-nas-escolas-fator-relevante-na-aprendizagem-e-desempenho/>

Inbuild. 2023. Quando uma *Passive House* tem classe!. Disponível em: <https://passivhaus.pt/quando-uma-passive-house-tem-classe/>

Inbuild. 2024. Como reduzir as emissões de CO₂ com a *Passive House*. Disponível em: <https://passivhaus.pt/como-reduzir-as-emissoes-de-co2-com-a-passive-house/>

Inbuild. 2024. 5 Razões porque vai querer ter uma *Passive House*. Disponível em: <https://passivhaus.pt/5-razoes-porque-vai-querer-ter-uma-passive-house/>

Infopédia. 2025. Termoclina. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/termoclina>

International Passive House Association (IPHA). 2018. *Active for more comfort: Passive House*. Disponível em: https://passivehouse-international.org/upload/Passive_House_Active_for_more_comfort_brochure.pdf

Marcelino, João. 2021. *7 razões para a Passive House ser a base do nZEB*. Disponível em: <https://passivhaus.pt/7-razoes-para-a-passive-house-ser-a-base-do-nzeb/>

Mesquita Gomes, Pedro; Seabra, Maria. 2025. Nova Diretiva 2024/1275 EPBD: O papel da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no setor da construção. Disponível em: <https://www.ecoinside.pt/noticias/nova-diretiva-2024-1275-epbd-o-papel-da-avaliacao-o-ciclo-de-vida-acv-no-setor-da-construcao/>

Mínima. Sem data. De cabaña de pastores a casa *Passivhaus*. Disponível em: <https://www.minima.bio/proyectos/casa-passivhaus-passive-house-cantabria>

MODIKO. 2022. Realizado primeiro ensaio blower door test. Disponível em: <https://www.modiko.pt/blog/realizado-primeiro-ensaio-blower-door-test/>

Ordem dos Arquitectos. 2018. Reabilitação - intervenção integrada de adaptação de uma construção ou sítio com o objetivo de permitir a sua utilização, que procura melhorar os seus níveis de desempenho e implica a preservação dos valores com significado cultural nele existentes. Disponível em: <https://arquitectos.pt/documentos/1527004481H9jWX4in5Sd23ZB3.pdf>

Passive House Institute. 2024. Energy standards | Criteria. Disponível em: https://passiv.de/en/03_certification/02_certification_buildings/08_energy_standards/08_energy_standards.html

Passive House Pty Ltd. Ventilation & Heat/Energy Recovery. Disponível em: <https://passivehouse.com.au/Ventilation-Heat-Energy-Recovery~39>

Passive-On. 2007. A norma Passivhaus em climas quentes da Europa: directrizes de projecto para casas confortáveis de baixo consumo energético. Passive-On Project, Milão.

Passipedia. 2024. The world's first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, Germany. Disponível em: https://passipedia.org/examples/residential_buildings/multi-family_buildings/central_europe/the_world_s_first_passive_house_darmstadt-kranichstein_germany

Passipedia. 2025. *EnerPHit*: The *Passive House* Standard for retrofits. Disponível em: <https://passipedia.org/certification/enerphit>

Passivhaus Trust. 2018. Victorian homes enter 21st century with EnerPHit Plus certification. Disponível em: https://passivhaustrust.org.uk/news/detail/?nId=815#.XEsXOM_7TOS

Património Cultural. 2024. Carta de Atenas (1931). Disponível em: https://www.patrimoniocultural.gov.pt/wp-content/uploads/2024/01/1931-carta_de_atenas-escriptorio_internacional_dos_museus_sociedade_das_nacoes.pdf

Património Cultural. 2024. Carta de Veneza. Disponível em: https://www.patrimoniocultural.gov.pt/wp-content/uploads/2024/01/1964-carta_de_veneza-ii_congresso_internacional_de_arquitetos_e_tecnicos_de_monumentos_historicos_icos.pdf

Património Cultural. 2025. Cartas e Convenções. Disponível em: <https://www.patrimoniocultural.gov.pt/patrimonio-cultural/cartas-e-convencoes/>

Rito, André. 2024. O frio que mata (sobretudo) os idosos. Disponível em: <https://expresso.pt/newsletters/expresso-longevidade/2024-01-19-O-frio-que-mata--sobretudo--os-idosos-59029c0e>

Passive House Database. 2024. Rehabilitation of a "Cabaña Pasiega" in Selaya, Cantabria. Disponível em: https://passivehouse-database.org/index.php?lang=en#d_7741

Roders, Ana; Post, Jouke; Erkelens, Peter. 2006. Uma reabilitação consciente: 2.º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. Disponível em: <https://alexandria.tue.nl/openaccess/Metis211083.pdf>

Vicente, Marta; Branco Pedro, João; André, Paula. 2021. Reabilitação de património urbano e arquitectónico nas últimas décadas do século XX: da teoria aos princípios técnico-práticos. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372336138_Reabilitacao_de_patrimonio_urbano_e_arquitectonico_nas_ultimas_decadas_do_seculo_XX_da_teorias_aos_principios_tecnico-praticos

Welch, Adrian. 2019. Zetland Road Homes in Chorlton. Disponível em: https://www.e-architect.com/manchester/zetland-road-homes-in-chorlton?utm_source=chatgpt.com

Wikipedia. 2025. *Bo Adamson*. Disponível em:
https://sv.wikipedia.org/wiki/Bo_Adamson

Conferências eletrônicas

Gavião, João. 2025. Reunião com o arquiteto e membro fundador João Gavião do atelier Homegrid e Associação *Passivhaus* Portugal-PHPT.

Gavião, João; Marcelino, João. 2025. Apontamentos do Curso Certified *Passive House* Tradesperson. Associação Passivhaus Portugal – PHPT e Homegrid.

