

# Soluções de reabilitação para a melhoria da eficiência energética de edifícios

**Catarina Araújo**

Universidade do Minho – Portugal

[cba@civil.uminho.pt](mailto:cba@civil.uminho.pt)

**Maria de Fátima Castro**

Universidade do Minho – Portugal

[info@mfcastro.com](mailto:info@mfcastro.com)

**Joana Andrade**

Universidade do Minho – Portugal

[joana.andrade@civil.uminho.pt](mailto:joana.andrade@civil.uminho.pt)

**Luis Bragança**

Universidade do Minho – Portugal

[braganca@civil.uminho.pt](mailto:braganca@civil.uminho.pt)

## ABSTRACT

*The buildings sector contributes to 30% of annual greenhouse gas emissions and use about 40% of energy. In this scenario and regarding the sustainable concerns, different strategies and directives have been developed, highlighting EPBD and EPBD-recast. With this last one the concept nZEB appears, and with him the promotion of the building rehabilitation sector. The strategies and the rehabilitation benefits are more and more recognized, used and increasingly considered by the stockholders. So, the aim of this article is to: critical analyse the state-of-art regarding this matter; discuss the existing solutions, directives and strategies; and present a case study where the energy performance and the economic viability are discussed. The case study is a Portuguese building model which represents the conventional construction between 1960 and 1990. On it, three scenarios of rehabilitation were tested, and their benefits and costs are presented.*

**Keywords:** Energy efficiency; nZEB; Building rehabilitation; Building retrofit.

## 1. INTRODUÇÃO

A ligação entre as alterações climáticas e as emissões de carbono é impossível de se dissociar, uma vez que as emissões são fortemente relacionadas com a produção e utilização de energia. Assim, estão a ser tomadas medidas para reduzir a utilização de energia, promover a eficiência energética e aumentar o uso de energias renováveis. A melhoria do desempenho energético dos edifícios é uma das medidas economicamente mais viável para atingir os objetivos Europeus relativamente às alterações climáticas e para estimular um crescimento sustentável (Araújo et al., 2016). Este não só leva a benefícios ambientais, como promove benefícios sociais e económicos importantes, através da redução da pobreza energética, melhoria do conforto térmico e qualidade do ar interior dos edifícios, melhoria das condições de saúde e produtividade, criação de emprego e promoção das finanças públicas (BPIE, 2018a).

Os edifícios são responsáveis por cerca de 40% da utilização total de energia na União Europeia (UE) e por 36% das emissões totais de CO<sub>2</sub> e, é dentro destes que as pessoas passam 90% da sua vida (BPIE, 2018b). Estima-se que na UE, Suíça e Noruega, existam cerca de 25 mil milhões de metros quadrados de área útil construída. Se se concentrasse toda a área construída, o solo ocupado seria equivalente à área territorial da Bélgica – 30 528 km<sup>2</sup> (BPIE, 2011). Por outro lado, sabe-se que 75% a 90% do edificado existente, estará ainda em uso em 2050. Grande parte deste foi construído antes de

1990 (antes da legislação comunitária), sendo assim considerado energeticamente ineficiente. Assim, é necessário aumentar a taxa de reabilitação energética em pelo menos 3%, para que os objetivos do Acordo de Paris e da Diretiva Europeia para a Eficiência Energética sejam atingidos (CE, 2018).

### 1.1 Objetivo e metodologia

Este artigo pretende apresentar uma análise crítica do estado da arte, discutindo soluções existentes, diretivas e estratégias com vista à melhoria da eficiência energética do edificado existente e apresentar um caso de estudo sobre a sua viabilidade económica. Para tal, procedeu-se à revisão de literatura mais relevante sobre o tema, nomeadamente as diretivas da UE e conceitos por elas definidos. Por fim, foram testados três cenários de reabilitação e sua viabilidade económica, num caso de estudo de um modelo de construção convencional de um edifício Português, entre os anos 1960 e 1990.

## 2. DIRETIVAS E ESTRATÉGIAS PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Tendo em vista a necessidade de se reduzir a utilização de energia e aumentar a eficiência energética, foi criada, a nível Europeu, a Diretiva 2002/91/CE conhecida como EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*<sup>1</sup> – entretanto reformulada e atualizada pela Diretiva 2010/31/UE, reconhecida como EPBD-recast e mais recentemente alterada pela Diretiva (EU) 2018/844.

### 2.1 Diretiva Europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios

A Diretiva 2002/91/CE, aprovada em dezembro de 2002, tinha como objetivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios dentro da UE através de medidas com rentabilidade económica, tendo em consideração o clima e as condições locais em cada estado membro. O propósito era aumentar a eficiência energética dos edifícios e com isso melhorar a sua qualidade (em edifícios novos ou reabilitação), reduzir a dependência externa de energia, reduzir a emissão de gases com efeito de estufa (GEE) e aumentar a consciencialização e informação da população. A EPBD impôs a necessidade de certificar energeticamente os edifícios de forma a atestar o seu nível de desempenho, através de um método de cálculo integrado. Para o desenvolvimento deste método, este deveria ter em consideração aspetos como as características térmicas do edifício, a instalação de aquecimento e fornecimento de água quente, instalação de ar condicionado, ventilação e iluminação, e sistemas solares passivos, entre outros. Foram ainda impostos requisitos mínimos para o desempenho energético de edifícios novos e sujeitos a importantes obras de reabilitação e ainda a obrigatoriedade de inspecionar regularmente as caldeiras e as instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, avaliar a instalação de aquecimento quando as caldeiras tivessem mais de 15 anos (Diretiva 2002/91/CE, 2002).

A implementação desta diretiva apresentou alguns entraves como a diversidade do parque edificado entre Estados Membros (EM) e a baixa ambição de alguns deles. A baixa taxa de reabilitação foi também responsável por agravar o cumprimento dos objetivos estabelecidos, bem como a falta de credibilidade de alguns certificados e a ausência de obrigação de reportar os resultados da implementação nacional.

Em 2010 a EPBD foi reformulada pela Diretiva 2010/31/UE (EPBD-recast). Esta nova diretiva teve como principais objetivos: (i) a redução das emissões de CO<sub>2</sub> de forma a combater as alterações

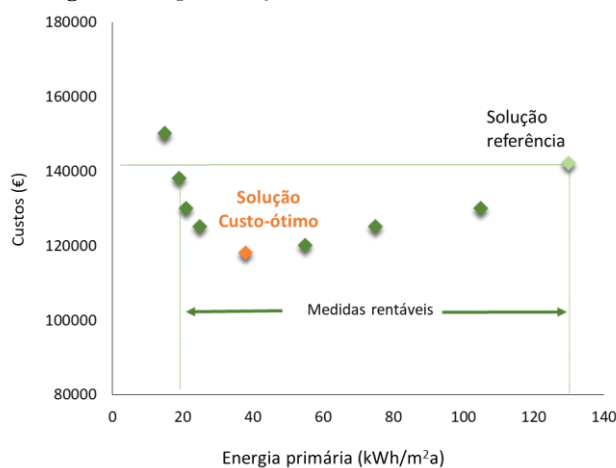
---

<sup>1</sup> Diretiva relativa ao desempenho energético de edifícios

climáticas e, (ii) promover o desenvolvimento de soluções sustentáveis e de eficiência energética. Assim, foram estabelecidas as seguintes metas até 2020: (i) redução de 20% do consumo de energia; (ii) redução de 20% das emissões de carbono e; (iii) aumento de 20% da utilização de energias renováveis.

Com isto é exigido aos EM que estabeleçam os requisitos mínimos de energia tendo em consideração níveis ótimos de rentabilidade e que revejam as suas normas energéticas nos regulamentos de edifícios, em intervalos não inferiores a cinco anos. A EPBD-recast estabeleceu ainda o conceito de nZEB – *nearly zero energy buildings*<sup>2</sup>, para novos edifícios a partir de 2019 (sector público) e 2021 (todos os novos edifícios). Os níveis ótimos de rentabilidade para os requisitos mínimos correspondem ao desempenho energético que leva ao conceito de custo ótimo, isto é, o custo mais baixo durante o ciclo de vida económico estimado, ver **Figura 1** (Diretiva 2010/31/UE, 2010).

**Figura 1.** Representação do conceito de custo-ótimo.



Com a imposição da redução dos requisitos mínimos de energia, verificou-se uma redução dos valores máximos permitidos para, por exemplo, os coeficientes de transmissão térmica ( $U - W/m^2 \cdot ^\circ C$ ), em relação aos estabelecidos pela Diretiva 2002/91/CE. No caso de Portugal a redução do  $U$  para paredes exteriores foi de 1,4 para  $0,4 W/m^2 \cdot ^\circ C$  e de 0,9 para  $0,35 W/m^2 \cdot ^\circ C$  para coberturas.

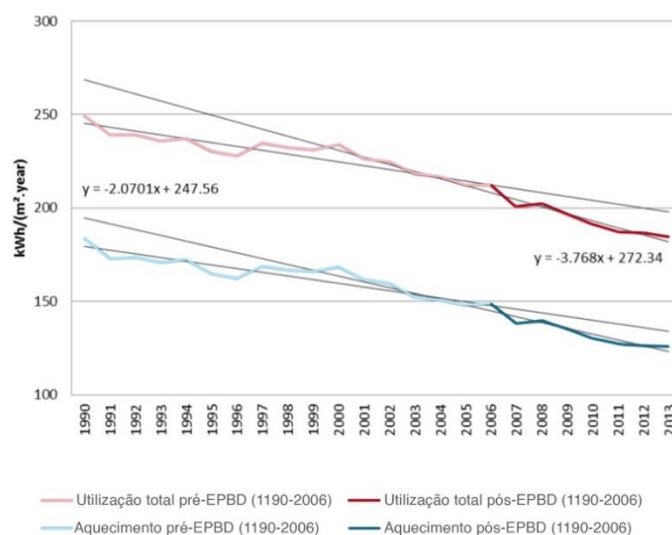
Todos os EM foram ainda obrigados a colocar em prática esquemas obrigatórios de eficiência energética (EEOS) ou políticas com medidas alternativas que permitam uma determinada redução de energia final. A redução da utilização de energia após a implementação da EPBD e da sua reformulação é visível na **Figura 2**, onde se verifica que até 2006 a energia média final utilizada, decrescia  $2,1 kWh/(m^2 \cdot ano)$ , sendo que o decréscimo tem vindo a ser mais rápido, em média  $3,8 kWh/(m^2 \cdot ano)$ .

Recentemente, foi publicada a Diretiva (UE) 2018/844, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética. O principal objetivo desta nova Diretiva é acelerar a renovação rentável dos edifícios existentes, ou seja, introduzir sistemas de controlo e automatização dos edifícios como alternativa às inspeções físicas, incentivar a implementação das infraestruturas necessárias para mobilidade eficiente e introduzir um indicador de inteligência para avaliar a preparação tecnológica do edifício. Assim, de entre as alterações que se verificam, destacam-se as seguintes (EU, 2018):

<sup>2</sup> Edifícios com balanço energético quase nulo

- Introdução de definições novas, como “sistema de controlo de automação e construção”;
- Implementação, até 2050, de uma estratégia a longo prazo para apoiar a renovação dos parques de edifícios dos EM, transformando-os em parques imobiliários com elevada eficiência energética e descarbonizados;
- Encarregar a CE de agir legalmente através de ações que complementem a presente diretiva através do estabelecimento de um regime comum voluntário, para a classificação do grau de preparação para aplicações inteligentes de edifícios, com a definição de um indicador e de um método de cálculo;
- Estabelecer inspeções periódicas obrigatórias às instalações de aquecimento e ar condicionado com potência nominal útil superior a 70 kW;
- Determinar o consumo de energia primária<sup>3</sup> em kWh/(m<sup>2</sup>.ano), como indicador numérico para efeitos de certificação e cumprimento dos requisitos mínimos de eficiência energética.

**Figura 2.** Evolução da utilização de energia no sector residencial na UE entre 1990 e 2013.



Fonte: UE, 2017.

## 2.2. nZEB – nearly Zero Energy Building

O conceito de nZEB surgiu com a reformulação da EPBD em 2010. Este conceito tem como objetivo denominar os edifícios que apresentem um exemplar desempenho energético (Diretiva 2010/31/UE, 2010). Segundo a definição apresentada na Diretiva, a quantidade de energia requerida deve ser “quase zero” ou muito baixa e ser obtida em grande parte a partir de fontes de energia renováveis, incluindo transformação no local ou nas suas proximidades. No entanto, não foi estabelecida nenhuma definição precisa, ficando à consideração de cada Estado Membro propor uma, tendo em consideração os seguintes aspetos:

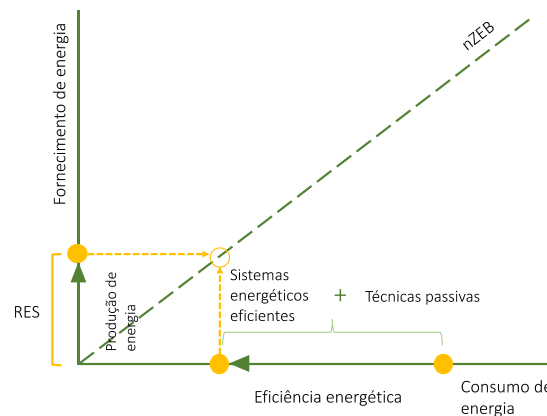
- Período – cadência temporal utilizada para o balanço energético (anual, mensal, semanal ...);
- Limites – a fronteira do sistema a considerar para o local e proximidades (edifício, área do terreno, urbanização, bairro ...);

<sup>3</sup> Energia proveniente de fontes renováveis ou não renováveis não transformada ou convertida (Decreto-Lei nº 118/2013)

- Sistema de ponderação – quais os fatores de conversão, estáticos ou dinâmicos, a considerar no balanço energético;
- Fluxo de energia – qual a utilização a considerar (aquecimento, arrefecimento, iluminação, preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS), ...).

Assim, é importante que a abordagem aos nZEB seja holística, considerando-se não só a redução da utilização de energia no edifício através de técnicas passivas e envolvente eficiente, mas também a satisfação das restantes necessidades de utilização através de fontes de energia renováveis (**Figura 3**).

**Figura 3.** Abordagem holística aos nZEB.



### 3. PARQUE EDIFICADO EXISTENTE E A REABILITAÇÃO

É essencial estimular e promover a reabilitação do parque habitacional existente, tendo em conta os objetivos Europeus já apresentados. Por sua vez, os edifícios não-residenciais representam cerca de 25% do parque edificado Europeu, sendo este um sector mais heterogéneo e por isso mais complexo que o sector residencial. Por seu lado, de acordo com uma análise feita aos certificados de eficiência energética, na Europa, cerca de 97,5% do parque edificado, deveria ser melhorado para que este pudesse passar a ser constituído por edifícios altamente eficientes (classe A) e assim se atingisse o objetivo de um parque edificado descarbonizado em 2050 (BPIE, 2011).

#### 3.1 Benefícios e estratégias da reabilitação

O conceito de reabilitação define-se como intervenção, mais ou menos extensa, necessária a fazer num edifício ou propriedade, visando aumentar a vida útil do imóvel, o seu valor económico, a melhoria da qualidade de vida dos habitantes e a implantação de boas práticas de eficiência energética (Santos et al. 2003). Deste modo, a reabilitação térmica e energética de edifícios é importante uma vez que possibilita a correção de outras anomalias existentes em edifícios, além de permitir o cumprimento das diretivas em vigor e a redução das necessidades energéticas dos edifícios, resultando assim na diminuição da utilização de energia e emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa (Pontes, 2018). Assim, a reabilitação permite implementar medidas de eficiência energética e da sustentabilidade da construção, proporcionando o aumento do conforto térmico, acústico e da qualidade do ar interior.

A reabilitação térmica e energética de um edifício pode atuar em diversas frentes, tais como:

- A envolvente opaca do edifício – através da introdução de isolamento térmico para correção das pontes térmicas e redução das perdas de calor;
- A envolvente não opaca do edifício – através da melhoria do tipo de vidro utilizado nos vãos, da caixilharia e do material que a constitui;
- Sistemas solares passivos – através, p. ex., da orientação e desenho dos vãos, promovendo sistemas de captação de calor e ventilação naturais. Estes sistemas podem ser divididos em sistemas passivos de aquecimento de ganho direto, indireto e isolado e por sistemas passivos de arrefecimento por ventilação natural, arrefecimento pelo solo, evaporativo e radiativo;
- Sistemas ativos – através, por exemplo, de sistemas de aproveitamento solar como os painéis fotovoltaicos ou coletores solares térmicos. Estes sistemas transformam a energia proveniente de fontes renováveis em energia final.

#### 4. REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

Os edifícios residenciais representam a maioria do parque edificado da UE. Em Portugal, 93% dos edifícios destinam-se exclusivamente a habitação e 87% dos edifícios residenciais são unifamiliares (INE, 2012). Assim a importância da análise de medidas de reabilitação que permitam melhorar a eficiência energética de edifícios residenciais é efetiva. Deste modo, nesta secção é apresentada a análise de três cenários de reabilitação, do ponto de vista do desempenho energético e económico.

##### 4.1. Metodologia

A análise do desempenho energético dos cenários de reabilitação foi efetuada através de simulação dinâmica, com recurso ao software *EnergyPlus* (U.S. Department of Energy, 2018) e ao algoritmo de balanço energético *Conduction Transfer Function* (U.S. Department of Energy, 2016). Assim, o desempenho económico foi analisado através do custo de ciclo de vida de cada cenário. Este último, foi avaliado de acordo com o método proposto pelo regulamento delegado n.º 244/2012, de 16 de Janeiro de 2012 (UE, 2012), conforme apresentado na **Equação 1**.

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[ \sum_{i=1}^{\tau} \left( C_{a,i(j)} \times R_d(i) - V_{f,\tau}(j) \right) \right] \quad (1)$$

$\tau$  - Período

$C_g(\tau)$  – Custo global durante o período de cálculo

$C_I$  – Custo de investimento inicial para a medida  $j$

$C_{a,i(j)}$  – Custo anual durante o ano  $i$  para a medida  $j$

$R_d(i)$  – Taxa de desconto para o ano  $i$

$V_{f,\tau}(j)$  – Valor residual da  $j$  no final do período de cálculo

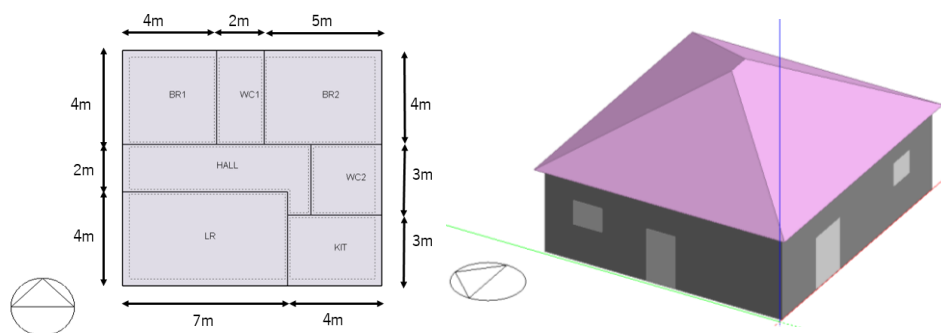
Na análise, foi tida em conta uma taxa de desconto (inflação) de 3%, assim como a evolução dos custos de energia. Os preços da energia previstos nas tendências energéticas da UE até 2030, publicados pela Comissão Europeia em 2009, foram considerados para o período entre 2013 e 2030 (CE, 2009). Para o período entre 2030 e 2046 foram utilizados os preços previstos no *Energy Road Map 2050* (CE, 2011). Os custos de investimento foram obtidos através do gerador de preços da CYPE (2018).



### 4.2. Descrição do Caso de Estudo

Para o estudo, foi considerado um modelo de edifício típico português (**Figura 4**), correspondente a uma moradia unifamiliar, tipologia T2, de um piso, com área total de construção de 110 m<sup>2</sup>.

**Figura 4.** Caso de estudo.



As soluções construtivas definidas para o caso de estudo (**Tabela 1**) foram selecionadas tendo em consideração as soluções convencionalmente existentes em edifícios construídos em Portugal entre 1960 e 1990 (época construtiva à qual pertence a maioria dos edifícios existentes no país).

**Tabela 1.** Soluções construtivas do caso de estudo.

Elemento construtivo	Solução construtiva	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
Paredes exteriores e interiores	Parede simples com pano de 22 rebocada de ambos os lados com 2 cm de reboco	1,8
Laje superior	Laje aligeirada	2,8
Cobertura	Cobertura inclinada com laje aligeirada	3,0
Pavimento	Laje de betão revestida com pavimento cerâmico	1,7
Envidraçados	Vidro simples e caixilharia de madeira	4,1

No que respeita aos sistemas de climatização, foi considerada a existência de equipamentos elétricos móveis para aquecimento e arrefecimento (COP=1; SREE=3,5). De acordo com o estabelecido pelo Decreto-Lei 18/2013 (DR, 2013), foram consideradas as temperaturas de conforto de 18 °C para o Inverno e 25 °C para o Verão. A ventilação foi considerada natural e foi dinamicamente simulada através do módulo *AirFlowNetwork* do *EnergyPlus*. Por sua vez, relativamente à ocupação do edifício, foi definida uma ocupação de três pessoas tendo em consideração que se trata de um edifício de tipologia T2. Quanto ao perfil de ocupação, considerou-se que os ocupantes estavam em casa ao final do dia e durante a noite em dias de semana (das 19h00 até às 8h00) e todo o dia, durante o fim-de-semana.

### 4.3. Cenários de reabilitação

No presente estudo foram considerados três cenários de reabilitação distintos (**Tabela 2**). No Cenário 1, optou-se por considerar a aplicação de medidas passivas que permitissem que o edifício verificasse os requisitos mínimos da regulamentação térmica Portuguesa (Decreto-Lei nº 118/2013). O Cenário 2 corresponde à aplicação das medidas passivas do Cenário 1 em conjunto com a substituição do sistema de climatização por um equipamento de maior eficiência. Por último, o Cenário 3 corresponde à aplicação das medidas definidas em ambos os cenários anteriores e à implementação de um sistema de produção de energia renovável para autoconsumo.

**Tabela 2.** Cenários de reabilitação.

Cenário	Descrição
Cenário 1	Aplicação de 8 cm de isolamento térmico nas paredes exteriores ( $U = 0,32 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ), 12 cm de isolamento térmico pelo exterior na cobertura ( $U = 0,27 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e substituição de vãos envidraçados por vidro duplo e caixilharia de alumínio ( $U = 2,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ )
Cenário 2	Medidas passivas do Cenário 1 + substituição do sistema de climatização por um ar condicionado de eficiência superior ( $\text{COP} = 4,12$ ; $\text{SREE} = 8,53$ ) e por um esquentador de condensação a gás para preparação das AQS ( $\text{COP} = 0,881$ )
Cenário 3	Aplicação das medidas definidas para o Cenário 2 mais implementação de kit de autoconsumo de painéis fotovoltaicos de 1 500 W ( $\text{Eren} = 2\,290 \text{ kWh.ano}^*$ )

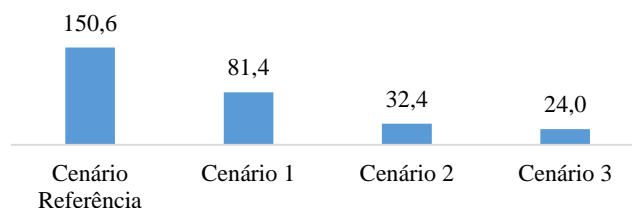
\*Eren = Produção de energia através dos painéis fotovoltaicos ao longo de um ano. Foi considerado que os painéis se encontravam orientados a Sul com inclinação de  $35^\circ$ .

#### 4.4. Resultados

A **Figura 5** apresenta o consumo total de energia primária de cada cenário de reabilitação. Verifica-se assim, que através da aplicação de medidas passivas simples (Cenário 1) é possível reduzir o consumo anual de energia primária, em cerca de  $69 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$ . Porém, se essas medidas forem associadas à implementação de sistemas de climatização e preparação de AQS com uma eficiência razoável (Cenário 2), as poupanças energéticas aumentam para cerca de  $118 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$  e para cerca de  $127 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$  caso se opte pela adoção de um *kit* de autoconsumo de painéis fotovoltaicos (Cenário 3).

A adoção de soluções passivas para a reabilitação energética possui grande potencial na redução da utilização de energia. É importante referir que o tipo de isolamento térmico adotado bem como a espessura foram soluções básicas. Contudo, a adoção de uma solução otimizada, com valores de condutibilidade térmica mais eficientes e com maiores espessuras, poderia permitir a obtenção de valores melhores. Por outro lado, através dos resultados obtidos, verifica-se a enorme importância dos sistemas de climatização e da sua eficiência para a redução da utilização de energia. Para o caso de estudo, a adoção de sistemas de climatização e preparação de AQS de maior eficiência (diferença entre os cenários 1 e 2) correspondeu a uma redução de cerca de 60% na utilização anual de energia.

**Figura 5.** Utilização total anual de energia primária para cada cenário de reabilitação ( $\text{kWh/m}^2\text{.ano}$ )



Por fim, verificou-se que a adoção de um kit de autoconsumo de transformação de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos, permite maximizar as poupanças energéticas. Contudo, tendo em conta a transformação de energia a partir deste tipo de sistemas, verifica-se que embora o seu contributo seja positivo, não é tão significativo com os restantes elementos analisados (melhoria da envolvente e adoção de sistemas de maior eficiência). A contribuição das energias renováveis poderá, contudo, ser mais relevante e permitir transformar os edifícios em nZEB, no caso de se optar por sistemas de maior eficiência e produção. No caso de estudo analisado, não foi tomada tal opção uma vez que, tal como apresentado de seguida, se pretendeu também minimizar os custos de investimento de forma a maximizar o desempenho económico. Assim, a análise ao desempenho económico dos três cenários de



reabilitação estudados é apresentada na **Tabela 3**. Os custos operacionais apresentados correspondem à soma dos custos energéticos e de manutenção ao longo de trinta anos. Por sua vez, os custos de ciclo de vida (CCV) correspondem à soma dos custos iniciais e dos custos operacionais.

**Tabela 3.** Desempenho económico ao longo do ciclo de vida dos cenários de reabilitação.

	<b>Custo inicial (€)</b>	<b>Custo Operacional (€)</b>	<b>Custos de Ciclo de Vida (€)</b>	<b>Poupança anual (€/ano)</b>	<b>Tempo de Retorno (anos)</b>
Cenário Referência	0	33 635	33 635	0	0
Cenário 1	11 457	21 465	32 922	406	28
Cenário 2	14 791	14 559	29 350	636	23
Cenário 3	18 125	10 655	28 780	766	24

Verifica-se assim, que os custos operacionais diminuem significativamente do Cenário 1 para o Cenário 2 e do Cenário 2 para o Cenário 3. Esta situação era expectável uma vez que a utilização de energia também diminui entre estes mesmos cenários. No que respeita aos custos de ciclo de vida, verifica-se que o aumento dos custos de investimento iniciais dos três cenários de reabilitação é compensado ao longo do ciclo de vida pela correspondente diminuição dos custos operacionais. O cenário com menores custos de ciclo de vida é o Cenário 3. Contudo, verifica-se que o tempo de retorno do Cenário 2 é inferior ao do Cenário 3, apesar da diferença ser significativamente pequena.

Embora as soluções de reabilitação energética permitam obter poupanças energéticas significativas (entre 406 €/ano e 766 €/ano), o custo inicial das soluções leva a que estas apresentem tempos de retorno do investimento demasiado elevados. É, contudo, importante referir que a reabilitação energética do edificado acarreta benefícios não contabilizados no estudo, como o caso da melhoria do conforto térmico, da qualidade do ar interior e mesmo da diminuição das emissões de gases de efeito estufa associadas à diminuição do consumo energético. Assim, tendo em conta os resultados obtidos e as metas Europeias é possível que seja necessária a criação de mecanismos de apoio e/ou financiamento de operações de reabilitação do parque edificado, uma vez que grande parte da população não possui uma situação económica favorável para o cumprimento das referidas metas Europeias.

## 5. CONCLUSÕES

O desempenho energético dos edifícios na UE não é, na esmagadora maioria dos casos, eficiente. O seu potencial de melhoria é significativo, o qual se poderá refletir numa poupança elevada e assim numa contribuição significativa para um futuro mais sustentável. Neste sentido, a implementação da Diretiva 2002/91/CE levou a uma mudança representativa no dimensionamento energético dos edifícios em toda a Europa. Os edifícios tornaram-se energeticamente mais eficientes e a população tornou-se mais sensível e informada sobre estes assuntos. Contudo, a poupança energética foi abaixo do espetável (42%), uma vez que nem todos os países conseguiram implementar as exigências na totalidade.

Com a implementação da EPBD-*recast*, verificou-se em 2014, uma redução adicional de 48,9 Mtoe de energia final, em comparação com o valor base de 2007, estando em linha com o previsto para 2020, 60-80 Mtoe de redução de energia final (UE, 2017). Assim, com a nova Diretiva (EU) 2018/844 são feitos reforços à anterior EPBD-*recast* e impostas novas metas. Por sua vez, a abordagem custo-ótimo revela-se um incentivo à Eficiência Energética e à promoção dos nZEB. No entanto, é necessário difundir mais medidas de eficiência energética, assim como incentivar mais a reabilitação. Por sua vez, no que respeita aos nZEB, a dificuldade na sua definição, no que diz respeito aos limites de avaliação e



fronteiras, é o maior desafio à eficácia da sua implementação e alcance dos seus objetivos e resultados.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio do CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo através das Redes URBENERE (Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes) e CIREs (Cidades Inclusivas, Resilientes, Eficientes e Sustentáveis).

### REFERÊNCIAS

ARAÚJO C, ALMEIDA M, BRAGANÇA L, BARBOSA JA. Cost-benefit analysis method for building solutions. *Applied Energy* 173, p. 124–33. 2016.

BPIE. **97% of buildings in the EU need to be upgraded** – factsheet. Bruxelas: BPIE, 2018a.

BPIE. **Europe’s buildings under the microscope**. Bruxelas: BPIE, 2011.

BPIE. **Facts & Figures**. Disponível em: <http://bpie.eu/publications/> Acesso em: 10 Jul. 2018b.

CE. **Buildings**. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings> Acesso em 10 Jul. 2018

CYPE. **Gerador de Preços. Portugal**. Disponível em: <http://geradordeprecos.info/> Acesso em: 10 Jul. 2018.

DR. Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto. **Diário da República**, 1.ª série-N.º159-20 de agosto de 2013.

INE. **Censos 2011 Resultados Definitivos**. Lisboa: INE, 2012.

PONTES, João Paulo. **Análise multicritério de soluções construtivas para reabilitação de edifícios**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho: Guimarães, 2018.

SANTOS, J., SÁ, M. & PEREIRA, C. (2003) **Futureng**. Disponível em: <http://futureng.pt/reabilitacao> Acesso em: 10 Jul. 2018.

UE. **Diretiva (EU) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018**. Bruxelas: UE, 2018.

UE. **Good practice in energy efficiency**. Bruxelas: UE, 2017.

UE. **Commission Delegated Regulation (EU) no 244/2012 of 16 January 2012**. Bruxelas: EU, 2012.

UE. **Energy Efficiency Plan 2011**. Bruxelas: EU, 2011.

UE. **EU Energy Trends to 2030 - Update 2009**. Bruxelas: EU, 2009.

UE. **Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010**. Bruxelas: UE, 2010.

UE. **Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002**. Bruxelas: UE, 2002.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Energy Plus simulation software**, Version 8.8.0. Disponível em: <https://energyplus.net/>. Acesso em: 10 Jul. 2018.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus™ Version 8.7 Documentation - Engineering Reference**. Disponível em: [https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel\\_custom/pdfs/pdfs\\_v8.7.0/EngineeringReference.pdf](https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel_custom/pdfs/pdfs_v8.7.0/EngineeringReference.pdf). Acesso em: 10 Jul. 2018.