

# ESTUDO ECONÓMICO DA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS NZEB E ZEB NUM EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

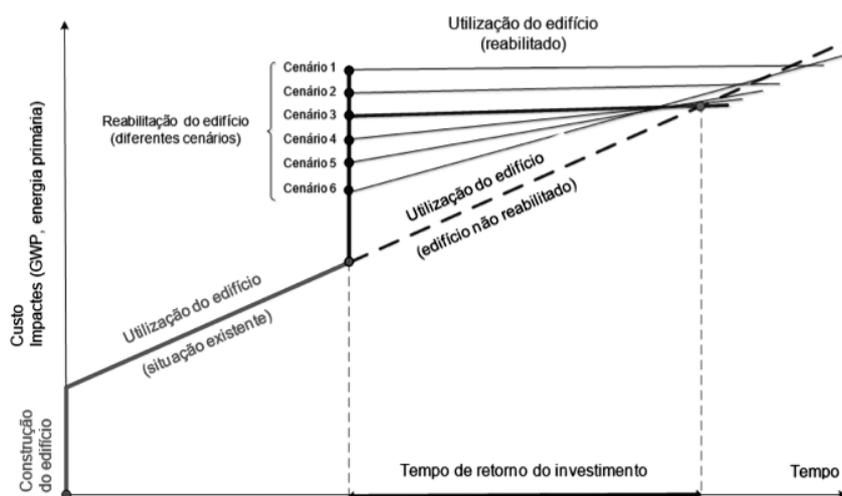
**Ricardo Mateus, Sandra Monteiro Silva e Manuela Guedes de Almeida,**  
Centro de Investigação em Ambiente Território e Construção (CTAC), Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

## 1. INTRODUÇÃO

A EPBD-recast estabelece que todos os edifícios novos devem atingir níveis de necessidades quase nulas de energia (nearly Zero Energy Building - nZEB) até 2020. Por conseguinte, os técnicos envolvidos na conceção, gestão e certificação de edifícios devem ser capazes de compreender e aplicar princípios nZEB, tanto em edifícios novos como na reabilitação dos existentes. Para além deste objetivo, o desafio é conceber edifícios com necessidades nulas de energia (Zero Energy Building - ZEB), isto é edifícios em que, anualmente, as suas necessidades energéticas igualam a quantidade de energia produzida localmente ou nas imediações através de fontes renováveis.

O nível de desempenho nZEB poderá ser atingido através da redução das necessidades energéticas dos edifícios, utilizando princípios de desenho passivo (melhoria dos níveis de isolamento, otimização dos ganhos solares e utilização de sistemas de sombreamento exteriores e arrefecimento noturno, entre outros); seleção de aparelhos e sistemas eficientes (AVAC, iluminação, entre outros); e produção de energia renovável, no local ou nas proximidades, para reduzir a utilização de energia não-renovável restante. No nível de desempenho ZEB, mantém-se os princípios enumerados anteriormente, mas a quantidade remanescente de energia necessária à operação do edifício será produzida no local ou nas proximidades com o recurso a fontes de energia renovável. Os sistemas solares térmicos e fotovoltaicos e os de biomassa são as fontes de energia renovável

FIGURA 1: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO DAS OPERAÇÕES DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA [2]



mais utilizadas nos edifícios. Na reabilitação de edifícios, apesar de todas as limitações existentes na integração de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos (p.e. ausência de exposição solar adequada e restrições relacionadas com a proteção do património existente) estes são aqueles que apresentam um maior potencial para serem utilizados como sistemas de energias renováveis [1].

Quaisquer que sejam os indicadores utilizados numa análise deste tipo, o padrão genérico da sua evolução temporal e o tempo de retorno do investimento pode ser esquematizado através da Figura 1.

Tendo por base este contexto e para aumentar a consciencialização dos diferentes

intervenientes do sector da construção, é urgente desenvolver estudos que demonstrem as vantagens do desenvolvimento de edifícios com níveis de eficiência nZEB e ZEB. Para o efeito, este trabalho tem como objetivo a análise dos custos de ciclo de vida de diferentes cenários de reabilitação (básica, nZEB e ZEB) aplicados a um edifício multifamiliar de características correntes em Portugal, de modo a avaliar a viabilidade económica da satisfação dos níveis de desempenho nZEB e ZEB na reabilitação energética de edifícios multifamiliares em Portugal.

Para a satisfação do referido objetivo, foram considerados os seguintes cenários de reabilitação energética:

- Situação existente: caso de referência, com o qual foram comparados os benefícios de cada cenário de reabilitação energética. Este cenário corresponde à manutenção do edifício dentro das condições atuais de funcionalidade;

- Reabilitação básica: cenário que cumpre os requisitos mínimos imposto pelo Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH);

- Reabilitação nZEB: cenário correspondente à solução de reabilitação de custo ótimo em Portugal, que é equivalente a uma redução no consumo de energia primária de 80%, em relação ao consumo existente antes da reabilitação;

- Reabilitação ZEB: cenário equivalente ao cenário nZEB, onde se utilizam as mesmas soluções de isolamento térmico da envolvente e os equipamentos para a climatização e preparação das Águas Quentes Sanitárias (AQS), mas que difere do anterior devido à utilização de um sistema fotovoltaico para anular as necessidades energéticas remanescentes.

## 2. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O caso de estudo é um edifício multifamiliar, construído em 1997 e situado na área metropolitana do Porto. Este edifício partilha a maior parte das soluções construtivas adoptadas nos edifícios construídos entre 1990 e 2000 e representa cerca de 41% do parque de edifícios multifamiliares Portugueses. O edifício é composto por 3 pisos, 18 apartamentos e apresenta uma área útil total de 1280 m<sup>2</sup>.

TABELA 1: CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DO EDIFÍCIO NA SITUAÇÃO EXISTENTE E DE CADA CENÁRIO DE REABILITAÇÃO

Características do edifício	Situação existente / manutenção	Reabilitação básica	Reabilitação nZEB	Reabilitação ZEB
<b>Transmissão térmica, W/(m<sup>2</sup>·K)</b>				
Uparede	0,96	0,54	0,47	0,47
Ucobertura	1,01	0,45	0,31	0,31
Upavimento	0,86	0,60	0,29	0,29
Ujanela (vidro/caixilharia)	3,10	2,70	2,40	2,40
Uporta	3,10	3,10	2,40	2,40
<b>Transmissão térmica linear, W/(m·K)</b>				
parede/parede	0,55	0,50	0,50	0,50
cobertura/parede	1,00	1,00	1,00	1,00
pavimento/parede	0,75	0,50	0,50	0,50
janela/parede	0,25	0,25	0,25	0,25
janela/caixa de estore	0,30	0,30	0,30	0,30
porta/parede	0,25	0,25	0,25	0,25
varanda/parede	-	-	-	-
Ganhos de calor internos (ocupantes, equipamento e iluminação)	4,0 W/m <sup>2</sup>			
Ventilação (renovações por hora - rph)	0,94 rph	0,79 rph	Inverno: 0,55 rph Verão: 0,60 rph	Inverno: 0,55 rph Verão: 0,60 rph
Sistema de aquecimento e eficiência	Radiador elétrico (1,0)	Radiador elétrico (1,0)	Bomba de calor (4,1)	Bomba de calor (4,1)
Sistema de arrefecimento e eficiência	Bomba de calor (3,5)	Bomba de calor (3,5)	Bomba de calor (3,5)	Bomba de calor (3,5)
Sistema de preparação das AQS e eficiência	Esquentador a gás natural (0,75)	Coletor solar térmico auxiliado por esquentador a gás natural (0,75)	Coletor solar térmico auxiliado por caldeira gás natural (0,87)	Coletor solar térmico auxiliado por caldeira gás natural (0,87)
• Fontes de energia renovável	-			
• Coletores solares para AQS, m <sup>2</sup>	-	40	80	80
• Painéis solares fotovoltaicos para a produção de energia, m <sup>2</sup>	-	-	0	135

Tendo em conta a situação existente e os objetivos definidos anteriormente para cada cenário de reabilitação, a Tabela 1 resume as características térmicas do edifício que foram consideradas em cada cenário.

### 3. METODOLOGIA

A análise do desempenho económico de cada cenário de reabilitação baseia-se nos custos dos materiais e equipamentos utilizados, no custo das operações periódicas de manutenção e no custo da energia consumida para climatizar o edifício e preparar as AQS. O consumo de energia foi estimado através da aplicação da metodologia prevista no REH [3]. Os custos de cada cenário de renovação e da respetiva manutenção foram definidos através de uma consulta de mercado. Os custos com energia baseiam-se no valor médio de mercado para os utilizadores domésticos (0,22 €/kWh para a eletricidade e 0,08 €/kWh para o gás natural, IVA incluído) e para a evolução de preços da energia durante o período em estudo, foi considerado o cenário definido pela Comissão Europeia [4].

Tendo por base as recomendações de estudos anteriores (p.e. [1]), considerou-se uma vida útil de 30 anos para o edifício depois de reabilitado. A norma EN 15459:2007 foi utilizada na definição da vida útil dos sistemas e avaliação dos respectivos custos de operação, reparação e manutenção preventiva. Em resultado, admitiu-se a substituição, a cada 20 anos, dos radiadores, ventiladores, esquentadores e bombas de calor e a cada 25 anos dos painéis fotovoltaicos.

No cenário de manutenção, os custos incluem a reparação de fissuras, a limpeza e pintura das paredes exteriores e a substituição

**TABELA 2: RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES ENERGÉTICAS REALIZADAS PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS**

Características do edifício	Situação existente / manutenção	Reabilitação básica	Reabilitação nZEB	Reabilitação ZEB
<b>Necessidades energéticas do edifício (energia útil, sem perdas nos sistemas), kWh/(m<sup>2</sup>·year)</b>				
Aquecimento	57,3	37,1	27,2	27,2
Arrefecimento	2,2	2,8	3,7	3,7
Águas quentes sanitárias	29,3	29,3	29,3	29,3
<b>Energia fornecida (utilização de energia útil nos sistemas técnicos, incluindo perdas nos sistemas), kWh/(m<sup>2</sup>·year)</b>				
Aquecimento	57,3	37,1	6,6	6,6
Arrefecimento	0,6	0,8	1,1	1,1
Águas quentes sanitárias	39,1	33,7	33,7	33,7
<b>Energia produzida no local, kWh/(m<sup>2</sup>·ano)</b>				
Coletores solares térmicos (calor)	0,0	19,4	27,5	27,5
Painéis fotovoltaicos (eletricidade)	0,0	0,0	0,0	14,3
<b>Consumo de energia primária, kWhPE/(m<sup>2</sup>·ano)</b>				
Necessidades anuais globais estimadas de energia primária, kWhPE/(m <sup>2</sup> ·ano)	184,0	125,4	48,4	0,0

**TABELA 3: CUSTO INICIAL DE CADA CENÁRIO ESTUDADO**

Situação existente / manutenção	Reabilitação básica	Reabilitação nZEB	Reabilitação ZEB
€204 867	€339 912	€527 581	€584 721

ção das telhas da cobertura. Adicionalmente, consideram-se os custos correspondentes à substituição dos radiadores, ventiladores e esquentadores por outros equivalentes. Na reabilitação básica, incluem-se os custos com materiais e mão de obra, mencionados no cenário de manutenção, aplicação de ETICS na fachada, aplicação de isolamento no teto da garagem e sobre a cobertura, substituição das janelas e instalação dos diferentes sistemas (radiadores, bomba de calor, depósitos de armazenamento de água quente sanitária

e coletores solares térmicos). Nos cenários nZEB e ZEB consideram-se os custos de materiais e mão de obra apresentados no cenário anterior e a instalação dos equipamentos com as características apresentadas na Tabela 1. No cenário ZEB incluem-se os custos do sistema fotovoltaico.

### 4. RESULTADOS

Os resultados das simulações energéticas realizadas para cada um dos diferentes ce-

nários encontram-se apresentados na Tabela 2.

Os custos associados à manutenção do cenário existente e a cada operação de reabilitação encontram-se apresentados na Tabela 3.

Através da análise da Tabela 3, constata-se que os custos de investimento de cada cenário de reabilitação e da substituição dos sistemas no final da sua vida útil são bastante elevados, pelo que importa analisar o tempo de retorno do investimento adicional associado a cada cenário (Figura 2).

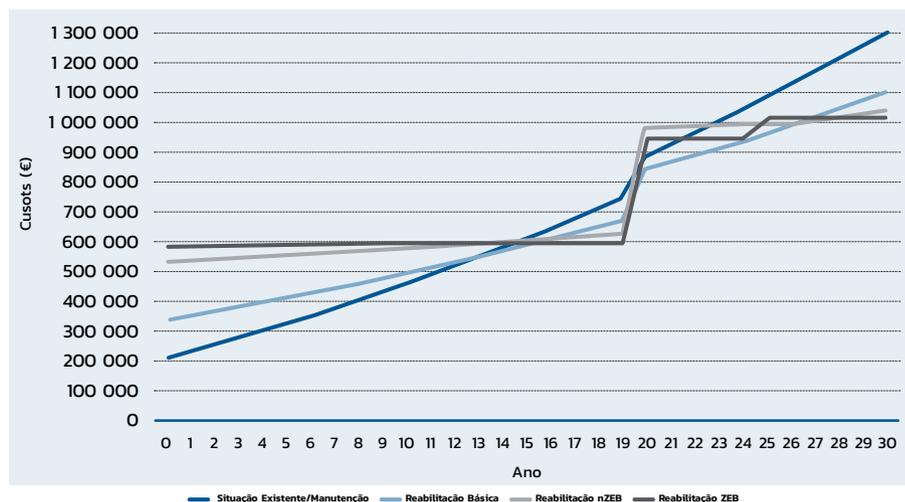
Pela análise da Figura 2 é possível concluir que a reabilitação básica tem o período de retorno do investimento mais reduzido, cerca de 13,5 anos. Os cenários nZEB e ZEB apresentam um tempo de retorno semelhante, ligeiramente superior, cerca de 15 anos.

Da análise da Figura 2 é ainda possível verificar que os trabalhos de reabilitação e a aquisição dos equipamentos (ano 0) apresentam um elevado contributo para os custos totais de ciclo de vida. Outro aspeto a salientar é o elevado contributo da substituição dos sistemas (anos 20 e 25), principalmente nos cenários de reabilitação nZEB e ZEB.

## 5. CONCLUSÕES

Devido à baixa qualidade do seu ambiente interior, a maioria dos edifícios existentes não se adequa às exigências contemporâneas, principalmente em termos de conforto térmico, pelo que se justifica a reabilitação energética dos edifícios existentes. Uma vez que EPBD-recast veio impor o nível de de-

FIGURA 2: CUSTOS CUMULATIVOS DE CICLO DE VIDA DE CADA CENÁRIO



sempenho nZEB para edifícios novos, num contexto onde a oferta de unidades de habitação supera a procura, importa também analisar a viabilidade económica da aplicação deste conceito nos existentes. Neste contexto, este estudo incidiu sobre a análise da viabilidade económica, nomeadamente do tempo de retorno do investimento, correspondente a três cenários de reabilitação energética de um edifício de habitação multifamiliar.

Pela análise dos resultados obtidos, verifica-se que os cenários de reabilitação nZEB e ZEB são economicamente viáveis e que os custos com a otimização do isolamento térmico da envolvente, aquisição e substituição dos sistemas de climatização, coletores solares térmicos, sistema fotovoltaico e caldeira a gás natural são recuperados em cerca de 15 anos, isto é num período que é aproximadamente metade da vida útil normalmente admitida (30 anos) para uma operação de reabilitação.●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Gorgolis and D. Karamanis, "Solar energy materials for glazing technologies," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 144, pp. 559–578, Jan. 2016.
- [2] W. Ott, R. Bolliger, V. Ritter, S. Citherlet, D. Favre, B. Perriset, M. G. de Almeida, and Marco Ferreira, "Methodology for Cost-Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56)," Guimarões, 2014.
- [3] Portugal, "Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação [Portuguese Thermal Regulation]. Decreto-Lei no 118/2013 de 20 de Agosto, Portugal, 2013., 2013.
- [4] EC 2012/C 115/01, "Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology f," *Off. J. Eur. Union*, p. 28, 2012.