

# Aplicação da definição nZEB da REHVA a uma renovação de um edifício de habitação Português.

J. Monteiro<sup>1</sup> e O. Castro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigação e Desenvolvimento em Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Rua Dr. Roberto Frias 4200-465 Porto, Portugal. [jfmo@isep.ipp.pt](mailto:jfmo@isep.ipp.pt)

<sup>2</sup>Centro de Investigação e Desenvolvimento em Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Rua Dr. Roberto Frias 4200-465 Porto, Portugal. [orc@isep.ipp.pt](mailto:orc@isep.ipp.pt)

**Resumo:** Os edifícios desempenham um papel-chave nas sociedades que estão a tentar atenuar os efeitos das alterações climáticas. Mais de 50% dos edifícios residenciais existentes na UE-25 foram construídos antes de 1970. Assim, estes edifícios são de significativa importância na redução de consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub>. Os edifícios de balanço de energia (quase) zero (nZEB) são uma solução possível para este problema. Este estudo tem por objetivo analisar a aplicação da metodologia nZEB no retrofitting de uma habitação típica Portuguesa de 1950. Foi demonstrado que a energia primária utilizada pode ser reduzida a um valor muito baixo (11,95 kWh/m<sup>2</sup>.ano) em comparação com o consumo de referência (69,15 kWh/m<sup>2</sup>.ano), através da aplicação das melhores técnicas atuais de construção, juntamente com a utilização de energia produzida localmente através de fontes renováveis. O uso de fontes de energia renovável permitiu que este edifício alcançasse um valor de RER<sub>p</sub> de 89%.

**Palavras-chave:** edifícios nZEB, Energia Renovável, Retrofitting.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente na União Europeia (UE), os edifícios são responsáveis por cerca de 40% do total de energia consumida, e está previsto o seu aumento para as próximas décadas. A fim de inverter esta tendência, o Parlamento Europeu reformulou em maio de 2010, a Directiva de Desempenho Energético dos Edifícios (EPDB) (EUROPEAN PARLIAMENT, COUNCIL, de 2010). O objetivo principal foi o de implementar um novo conceito edifícios de balanço de energia (quase) zero (nZEB), o que significa um edifício com um desempenho energético muito elevado, onde as necessidades energéticas são quase zero e devem ser supridas por energia proveniente de fontes renováveis produzidas localmente ou nas proximidades (EPBD, 2010). Além disso, em 31 de dezembro de 2020, todos os novos edifícios devem satisfazer este novo conceito, enquanto os ocupados e detidos por autoridades públicas devem cumprir os mesmos requisitos até o dia 31 de dezembro de 2018 (EPBD, 2010).

Mais de 50% dos edifícios residenciais existentes na UE-25 foram construídos antes de 1970. Assim, estes edifícios são de significativa importância na redução de consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub>. Em Portugal 31,2% dos edifícios residenciais existentes foram construídos entre 1945-1970 (NORRIS, M. e SHIELS, P., 2004). Além disso, em média, os novos edifícios de habitação europeus são cerca de 60% mais eficientes do que aqueles construídos antes da primeira crise do petróleo na década de 1970, e consomem 28% menos energia que as habitações construídas em 1985 (ENERDATA, 2003). Isso mostra a importância destes edifícios para a meta de reduzir o consumo de energia do total dos edifícios na Europa.

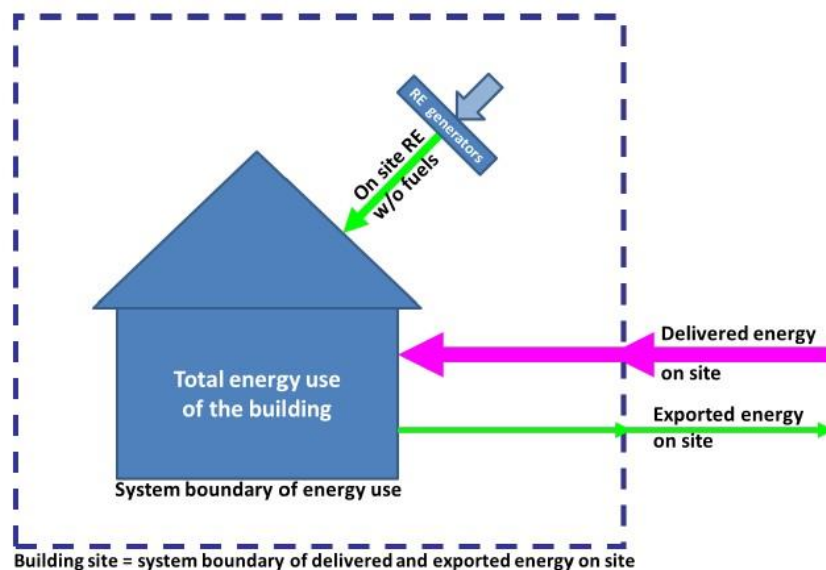
De acordo com EPBD (2010), cada Estado-Membro (EM) tem que definir os requisitos necessários para um edifício a ser considerando nZEB tendo em conta o princípio do custo-ótimo. O relatório apresentado por EHORN, H. (2014) indica que 11 EMs já publicaram a definição de nZEB num documento legislativo. Em Portugal, ainda não temos uma definição clara dos requisitos nZEB. Na EPBD (2010) “nearly zero-energy building”, significa um edifício que tem um desempenho

energético muito elevado. A muito baixa quantidade de energia necessária deverá ser suprida por energia proveniente de fontes renováveis, produzida no próprio edifício ou nas proximidades (KURNITSKI, J. 2014). De acordo com EHORN, H. (2014) em 10 EMs a definição inclui um indicador de energia primária (EP) em kWh/m<sup>2</sup>.ano e em 5 EMs existe a exigência de um valor mínimo do Rácio de Energia Renovável (RER).

## 2. METODOLOGIA

Este estudo tenta mostrar que é possível fazer uma renovação de uma habitação típica Portuguesa, a fim de a transformar num nZEB, através do uso das atuais tecnologias de construção. Como foi referido anteriormente ainda não existe uma definição de requisitos nZEB em Portugal. Devido a esta ausência, para este estudo, utilizamos a metodologia apresentada pela prEN 15603 (2013).

A metodologia apresentada pela prEN 15603 (2013) propõe a combinação entre os diferentes requisitos para uma avaliação coerente de um nZEB. A metodologia de avaliação proposta segue um conjunto de requisitos em que o ponto de partida é a determinação das necessidades energéticas do edifício. O primeiro requisito reflete o desempenho da envolvente do edifício, caracterizado pelas necessidades de energia, expresso no valor de energia primária. O segundo requisito reflete o desempenho dos sistemas técnicos dos edifícios (instalação AVAC, preparação de água quente sanitária, iluminação, etc.) caracterizado pela utilização de energia. O terceiro requisito está refletido na contribuição da energia produzida através de fontes renováveis (por exemplo, sistemas solares), caracterizado pelo consumo de energia primária não renovável. Só se a exigência de cada requisito for alcançada, então o edifício pode ser qualificado no final como nZEB (ZIRNGIBL, J. 2014).



**Figura 1.** Fronteira do sistema para avaliação on-site (REHVA, 2013)

A energia total usada num edifício que dispõe de sistemas de produção de energia renovável instalados no edifício pode ser calculada de acordo com a figura 1 através da equação 1:

$$E_{us} = (E_{del,el} + E_{del,T} - E_{exp,el} - E_{exp,T}) + E_{ren,el} + E_{ren,T} \quad (1)$$

Onde  $E_{del,el}$  e  $E_{del,T}$  representam a electricidade e a energia térmica fornecida ao edifício;  $E_{exp,el}$  e  $E_{exp,T}$  representam electricidade e a energia térmica exportada pelo edifício;  $E_{ren,el}$  e  $E_{ren,T}$  representam a energia renovável produzida no edifício. Todos estes indicadores são expressos em kWh/ano.

O indicador de energia primária junta todos os fluxos de energia do edifício (fornecida, produzida localmente e exportada) num único indicador utilizando os factores de conversão de energia útil em energia primária de cada EM. Este indicador poderá ser calculado através das equações 2 e 3:

$$E_{P,nren} = \sum_i (E_{del,i} f_{del,nren,i}) - \sum_i (E_{exp,i} f_{exp,nren,i}) \quad (2)$$

$$EP_p = \frac{E_{P,nren}}{A_{net}} \quad (3)$$

Onde  $EP_p$  - indicador de energia primária (kWh/(m<sup>2</sup>ano));  $E_{P,nren}$  - indicador de energia primária não renovável (kWh/ano);  $E_{del,i}$  - energia fornecida ao edifício por tipo de energia (kWh/ano);  $E_{exp,i}$  - energia exportada pelo edifício por tipo de energia (kWh/ano);  $f_{del,nren,i}$  - fator de conversão de energia útil não renovável em energia primária por tipo de energia fornecida ao edifício;  $f_{exp,nren,i}$  - fator de conversão de energia útil não renovável em energia primária por tipo de energia exportada pelo edifício;  $A_{net}$  - área de pavimento útil do edifício (m<sup>2</sup>).

Para calcularmos a contribuição da energia proveniente de fontes renováveis torna-se necessário calcular o rácio de energia renovável ( $RER_p$ ). Teremos de incluir todas as fontes como por exemplo: solar térmica; solar fotovoltaica; eólica e hídrica, mas também a energia renovável capturada por: bombas de calor; free-cooling; combustíveis renováveis e energia renovável produzida não localmente (REHVA, 2013). O rácio de energia renovável baseado na energia primária total ( $RER_p$ ) pode ser calculado através da seguinte equação:

$$RER_p = \frac{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i ((f_{del,tot,i} - f_{del,nren,i}) E_{del,i})}{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i (E_{del,i} f_{del,tot,i}) - \sum_i (E_{exp,i} f_{exp,tot,i})} \quad (4)$$

Onde  $f_{del,tot,i}$  - fator de conversão de energia útil total em energia primária por tipo de energia fornecida ao edifício;  $f_{del,nren,i}$  - fator de conversão de energia útil não renovável em energia primária por tipo de energia fornecida ao edifício;  $f_{exp,tot,i}$  - fator de conversão de energia útil em energia primária por tipo de energia fornecida ao edifício compensada pela energia exportada.

A energia renovável capturada pela bomba de calor aerotérmica pode ser calculada através da seguinte equação:

$$E_{RES} = Q_{usable} \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad (5)$$

Onde  $Q_{usable}$  - calor total fornecido pela bomba de calor;  $SPF$  - é o coeficiente de performance médio sazonal da bomba de calor.

De acordo com a directiva Europeia apenas as bomba de calor em que o  $SPF > 1,15 * 1 / \eta$  devem ser consideradas.  $\eta$  é o rácio entre o total de produção de electricidade e a energia primária consumida para a produção de electricidade na europa. Baseando nos dados de 2007 em que o valor de  $\eta$  foi 43,8%, o  $SPF$  requerido é de 2,63.

O edifício em estudo foi construído na década de 1950 com a intenção de ser a habitação para o guarda do campus do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) (ver Figura 2). A remodelação deste edifício tem a intenção de criar duas unidades laboratoriais independentes: Lab1 para ser usado em formação e conferências; e Lab2 para ser usado como habitação. A área total de pavimento útil é de cerca de 150 m<sup>2</sup>. Neste estudo será analisado apenas a unidade residencial, visto as duas 2 unidades apresentarem tipologias diferentes e serem independentes em termos de fornecimento de energia. A área de pavimento útil do edifício residencial é de cerca de 90 m<sup>2</sup>.



a)



b)



c)

**Figura 2.** a) Edifício existente. b) Novo edifício. c) Planta novo edifício.

A envolvente térmica do edifício é caracterizada por possuir requisitos de construção de alta qualidade. Podemos ver na Tabela 1 a comparação da qualidade da envolvente térmica de acordo com a Legislação Portuguesa (REH, 2013), e constatar que os valores do coeficiente global de transmissão térmica  $U$  para este edifício são metade dos valores do edifício de referência previsto na legislação.

**Tabela 1.** Comparação entre o coeficiente global de transmissão térmica médio do edifício ( $U_{avg}$ ) e o coeficiente global de transmissão térmica do edifício de referência ( $U_{ref}$ ).

Elemento	$U_{avg}$ (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_{ref}$ (W/m <sup>2</sup> °C)
Parede exterior	0,24	0,50
Parede interior	0,49	1,00
Cobertura	0,17	0,40
Vãos envidraçados	1,30	2,90

Apesar da qualidade da envolvente térmica, é necessário a instalação de sistemas técnicos de elevada eficiência para suprir as necessidades do edifício relativamente ao aquecimento, arrefecimento e preparação de Água Quente Sanitária (AQS). Para este efeito, foram previstos os sistemas que estão caracterizados na Tabela 2. Os coletores solares térmicos e os painéis fotovoltaicos têm uma área útil de 2,3 m<sup>2</sup> e 30 m<sup>2</sup> respectivamente, estando ambos orientados para sul.

**Tabela 2.** Sistemas técnicos do edifício residencial.

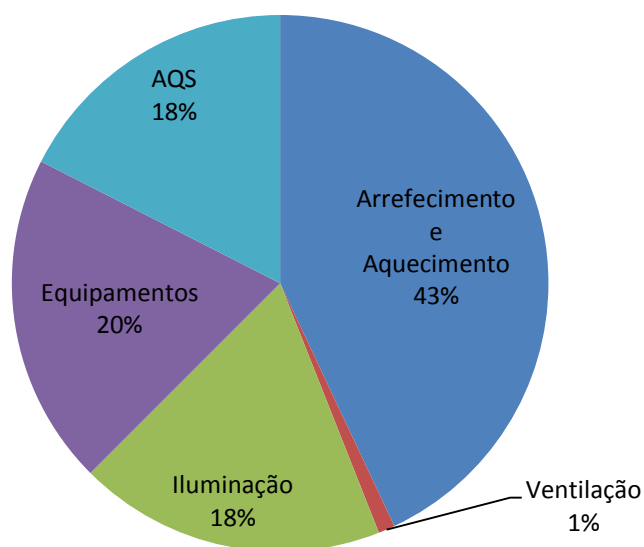
Sistema	Função
Coletor solar térmico	AQS
Painel solar fotovoltaico	Produção de electricidade
Bomba de calor aerotérmica	Arrefecimento, Aquecimento e AQS
Ventiladores de extracção	Ventilação
Aberturas auto-reguláveis vãos envidraçados	Ventilação

Com o objetivo de prever o consumo de energia do novo edifício foi utilizada a metodologia da legislação Portuguesa (REH, 2013). O valor anual da energia produzida através de fontes renováveis foi calculado através de simulação dinâmica detalhada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

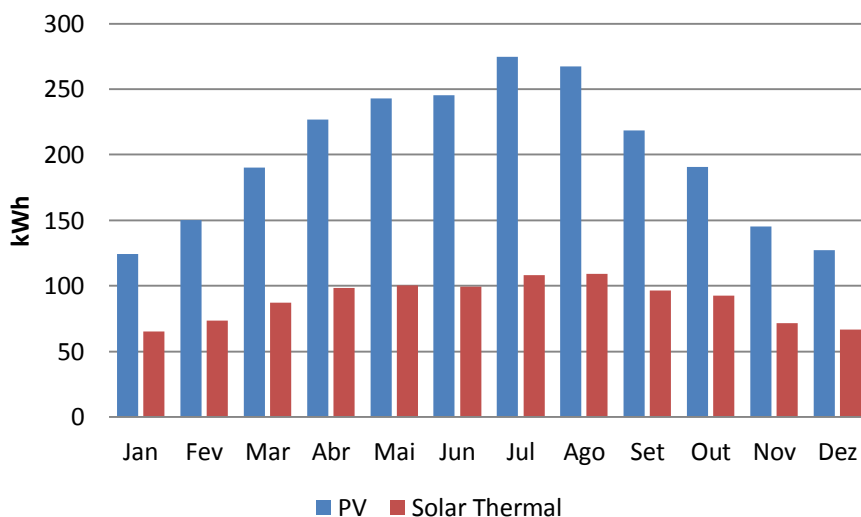
Podemos ver na figura 3 as necessidades energéticas do edifício residencial desagregadas pelos principais tipos de consumos (as necessidades de energia de iluminação não são consideradas na metodologia de cálculo Portuguesa para edifícios residenciais).

O valor das necessidades de energia primária do edifício é de 11,95 kWh/m<sup>2</sup>.ano, enquanto que a necessidade de energia primária do edifício de referência é de 69,15 kWh/m<sup>2</sup>.ano. Isto significa que o edifício tem apenas 17% das necessidades de energia do edifício de referência, tornando-se num edifício de classe energética A+, o nível mais elevado em Portugal. O uso total de energia primária no edifício foi determinado utilizando os fatores de energia primária indicados na legislação portuguesa (DESPACHO 15793-D, 2013).



**Figura 3.** *Necessidades energéticas desagregadas do edifício residencial.*

O valor total anual de energia renovável produzida localmente é de 3.474 kWh, distribuídas por 1.070 kWh produzidos através dos coletores solares térmicos e 2.404 kWh produzidos pelos painéis fotovoltaicos. Podemos ver na figura 4 a distribuição mensal da produção local de energia renovável.



**Figure 4.** *Produção local mensal de energia renovável.*

Como vimos anteriormente deve ser utilizada o calor de fonte renovável capturada pela bomba de calor apenas se o valor do SPF for superior a 2,63. Neste caso a bomba de calor apresenta um SPF de 4,05. A energia de origem renovável capturada pela bomba de calor tem o valor de 24,5 kWh/m<sup>2</sup>.ano.

O total da energia produzida a partir de fontes renováveis exportada pelo edifício tem o valor de 91 kWh, sendo que o RER<sub>p</sub> do edifício apresenta o valor de 89%. A tabela 3 apresenta um resumo dos fluxos energéticos do edifício.

**Tabela 3.** Resumo dos fluxos energéticos do edifício.

Fluxos energéticos	Quantidade (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Fatores de energia primária $f_p$			EP <sub>p</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	RER <sub>p</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	
		nren	ren	tot	nren	A, ren	B, tot
Coletor solar térmico	11,8	0,0	1,0	1,0	0	11,8	11,8
Painel fotovoltaico	26,4	0,0	2,5	2,5	0	66	66
Bomba de calor aerotérmica	24,5	0,0	1,0	1,0	0	24,5	24,5
Electricidade fornecida pela rede	4,8	2,5	0,0	2,5	11,95	0	12,5
Electricidade exportada produzida localmente	0,9	0,0	2,5	2,5	0	0,9	0,9
<b>Total</b>					11,95	103,2	115,7

A tabela 4 apresenta uma comparação dos valores de EP<sub>p</sub> e RER<sub>p</sub> do nosso edifício com diferentes definições de nZEB de alguns EMs (KURNITSKI, J. 2014).

**Tabela 4.** Comparação entre os valores de energia do edifício e diferentes definições de nZEB de alguns EMs.

	Edifício em estudo (Portugal)	Dinamarca	Bélgica - Flandres	Chipre	França	Estónia
EP <sub>p</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	11,95	20	30	180	50	50
RER <sub>p</sub>	89% ( 103, kWh/m <sup>2</sup> .ano)	51-56 %	> 10 kWh/m <sup>2</sup> .y	25%	-	-

Através da análise da tabela anterior podemos concluir que o nosso edifício cumpre os requisitos para ser considerado nZEB nos diferentes EMs considerados.

#### 4. CONCLUSÕES

O conceito NZEB é uma resposta da União Europeia para reduzir o consumo de energia dos edifícios. A reabilitação de edifícios antigos é uma oportunidade que não deve ser desperdiçada. Com este estudo conseguimos provar que uma renovação de um edifício de 1950, utilizando a tecnologia actual de construção, pode resultar num edifício nZEB. Embora a definição portuguesa de nZEB ainda não esteja publicada, quando comparamos os valores alcançados pelo nosso edifício com as definições de diferentes EMs, verificamos que os requisitos são cumpridos. Para a obtenção deste resultado foi importante dispor de uma envolvente térmica de elevada qualidade, assim como o uso de equipamentos com elevada eficiência e a utilização de sistemas de produção de energia renovável. Podemos concluir também que o clima português é muito favorável ao uso de fontes de energia renováveis, o que reflecte o valor RER<sub>p</sub> obtido por este edifício. A publicação da definição nZEB para Portugal deverá ter lugar o mais rapidamente possível, de modo que os edifícios novos e os sujeitos a grandes renovações possam preencher os requisitos definidos na EPBD.

## 5. REFERÊNCIAS

DESPACHO 15793-D (2013).: - Fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária. Diário da República, 2.<sup>a</sup> série — N.º 234 de 3 de Dezembro.

ENERDATA (2003).: Energy efficiency in the European Union 1990–2001. SAVE-Odyssee project on energy efficiency indicators, Enerdata SA in collaboration with the Fraunhofer Institute Systems & Innovation Research.

EUROPEAN PARLIAMENT, COUNCIL (2010).: Directive 2010/31/UE: Energy performance of buildings (recast), Official Journal, EU.

EHORN, H. (2014).: Concerted Action EPBD Nearly zero-energy buildings –Status in MS and CA recommendations.

KURNITSKI, J. (2014).: nZEB definitions in Europe. REHVA Annual Conference 2014, April 30, Dusseldorf.

NORRIS, M., SHIELS, P. (2004).: Regular national report on housing developments in European countries. Synthesis report. Dublin, Ireland: The Housing Unit.

prEN 15603:2013.: Energy performance of buildings — Overarching standard EPBD.

REH (2013).: Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) — Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções. Diário da República, 1.<sup>a</sup> série — N.º 232.

REHVA (2013).: REHVA nZEB technical definition and system boundaries for nearly zero energy buildings. KURNITSKI, J. (ed.). Brussels.

ZIRNGIBL, J. (2014).: Nearly Zero Energy Buildings (nZEB) in the CEN draft standard. REHVA Journal, May 2014.