

NZEB - QUANTIFICAÇÃO DO IMPACTO NOS EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS DA NOVA LEGISLAÇÃO

FRANCISCO MARIA CORREIA PIMENTA GUERRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

JUNHO DE 2020

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2019/2020

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2019/2020 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2020*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À memória da minha avó.

*"Os teus olhos azuis da cor do céu
Os teus olhos verdes da cor do mar
Onde me perco
Onde me encontro"
Maria Emília Correia*

AGRADECIMENTOS

Ao concluir a realização deste trabalho e com ele esta etapa da minha vida quero manifestar o meu agradecimento a todos os que contribuíram para a sua realização, não podendo deixar de salientar algumas pessoas, em particular:

Quero deixar o meu sincero agradecimento à minha mãe, Maria Emília, pelos valores que me passou durante toda a minha educação, pelo apoio e suporte em todas as minhas decisões e pela paciência nos momentos difíceis.

Um agradecimento especial ao meu pai, José, que apesar de se encontrar a trabalhar fora de Portugal, sempre acreditou nas minhas capacidades e esteve sempre presente, apoiando e aconselhando todas as minhas decisões.

Também quero deixar o meu agradecimento aos meus irmãos mais novos, sempre no meu pensamento durante esta longa etapa!

Igualmente, agradeço aos meus colegas e amigos que me acompanharam e ajudaram durante, tanto o meu percurso académico, como pessoal. Face aos inesperados acontecimentos que ocorreram durante este trabalho, estiveram sempre do meu lado.

Ao meu amigo David Ramos pela disponibilidade, apoio e ajuda durante o desenvolvimento desta dissertação.

Os meus agradecimentos ao meu orientador, Professor Doutor Vasco Freitas, por todo o conhecimento, apoio e pelas horas que despendeu para esclarecer todas as dúvidas que foram surgindo ao longo destes meses de trabalho. Agradeço ainda à Eng^a Susana Leite pela sua partilha de informações e pelos conselhos durante a realização da dissertação.

RESUMO

A eficiência energética dos edifícios, é um aspeto que desperta cada vez mais a atenção dos estados membros da EU, por questões de sustentabilidade ambiental e de redução do consumo energético. As Diretivas Europeias sobre o Desempenho Energético de Edifícios, 2010/31/EU e 2018/844/EU, introduzem o conceito NZEB e estabelecem exigências, para que os estados membros possam aplicar nas suas legislações nacionais, medidas de eficiência energética na construção do novo edificado.

As exigências energéticas não irão ser as mesmas para todos os países da UE, derivado aos diferentes tipos de climas e necessidades energéticas. Cabe assim, a cada estado membro da união transpor para as suas legislações nacionais, as Diretivas Europeias sobre o Desempenho Energético de Edifício, de forma a implementar medidas que vão ao encontro das características climáticas das suas regiões.

Esta dissertação pretende contribuir para uma caracterização detalhada da Portaria n.º 98/2019, legislação mais recente em Portugal no que toca à construção nova NZEB. Partindo da análise dos resultados obtidos pelas várias simulações, realizadas para uma fração de um edifício de construção nova de características NZEB, pretende-se entender quais as implicações que a nova legislação terá sobre a construção de edifícios novos em Portugal, assim como perceber de que maneira estas implicações e exigências energéticas podem ser respeitadas, através de soluções construtivas de melhoria da eficiência energética das habitações.

Pretende-se ainda conhecer e compreender o conceito e funcionamento dos tipos de sistemas técnicos de energias renováveis adotados em Portugal para supressão do uso de energia primária.

PALAVRAS-CHAVE: NZEB, Energia, Térmica, energias renováveis, impacto técnico e económico.

ABSTRACT

The energy efficiency of buildings is an aspect that attracts more and more attention from EU members, for reasons of environmental sustainability and reduction of energy consumption. The European Directives on the Energy Performance of Buildings, 2010/31/EU and 2018/844/EU, introduce the NZEB concept and set requirements for Member States to implement energy efficiency measures for the construction of new buildings in their national legislation.

The energy requirements will not be the same for all EU countries, due to different types of climate and energy needs. It is therefore up to each member state of the union to transpose the European Directives on the Energy Performance of Buildings into its national legislation in order to implement measures that respond to the climatic characteristics of its regions.

This dissertation intends to contribute to a detailed characterization of the decree n.º 98/2019, the most recent legislation in Portugal regarding the new NZEB construction. Starting from the analysis of the results obtained by the various simulations, performed for a sample of a new building of NZEB characteristics, it is intended to understand which implications the new legislation will have on the construction of new buildings in Portugal, as well as to understand that these implications and energy requirements can be respected, through constructive solutions to improve the energy efficiency of homes.

It is also intended to know and understand the concept and operation of the types of technical systems of renewable energy adopted in Portugal to suppress the use of primary energy.

KEY-WORDS: NZEB, Energy, Thermal, renewable energy, technical and economic impact.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V

1. INTRODUÇÃO 19

1.1. ENQUADRAMENTO	19
1.2. OBJETIVOS	20
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO	20

2. ESTADO DE ARTE E FUNDAMENTOS 21

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	21
2.2. EDIFÍCIOS NZEB EM DIFERENTES PAÍSES.....	21
2.2.1. DEFINIÇÃO E CONCEITO	21
2.2.2. EPBD	22
2.2.3. EXPERIÊNCIA EUROPEIA.....	24
2.2.3.1. LEGISLAÇÃO ESPANHOLA.....	25
2.2.3.2. LEGISLAÇÃO FRANCESA.....	27
2.2.3.3. LEGISLAÇÃO ITALIANA	28
2.2.3.4. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA.....	30
2.3. ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	31
2.3.1. CONCEITO	31
2.3.2. REGULAMENTAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL EM PORTUGAL.....	32
2.3.3. SISTEMA SOLAR TÉRMICO	33
2.3.3.1. PRINCÍPIO	33
2.3.3.2. TECNOLOGIA E SOLUÇÕES NO MERCADO	33
2.3.3.3. ANÁLISE CRÍTICA	34
2.3.4. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	34
2.3.4.1. PRINCÍPIO	34
2.3.4.2. TECNOLOGIA E SOLUÇÕES NO MERCADO	35
2.3.4.3. ANÁLISE CRÍTICA	36
2.3.5. BIOMASSA	36

2.3.5.1. PRINCÍPIO.....	36
2.3.5.2. TECNOLOGIA E SOLUÇÕES NO MERCADO.....	37
2.3.5.3. ANÁLISE CRÍTICA.....	38
2.3.6. BOMBA DE CALOR	38
2.3.6.1. PRINCÍPIO.....	38
2.3.6.2. TECNOLOGIA E SOLUÇÕES NO MERCADO.....	39
2.3.6.3. ANÁLISE CRÍTICA.....	39
2.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO	40

3. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO MODELO DA PORTARIA N.º 98/2019.....

3.1. INTRODUÇÃO	41
3.2. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	41
3.2.1. DEFINIÇÃO E EXIGÊNCIAS NZEB	41
3.2.2. ZONAMENTO CLIMÁTICO	42
3.2.3. NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (N _{ic})	43
3.2.4. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N _{TC}).....	46
3.2.5. NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO NULAS	48
3.2.6. APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL	48
3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO	49

4. APLICAÇÃO DA PORTARIA N.º 98/2019 A UM CASO DE ESTUDO.....

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	51
4.2. CASO DE ESTUDO – APARTAMENTO DE ALTO DESEMPENHO	51
4.2.1. DESCRIÇÃO DA FRAÇÃO X	51
4.2.2. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS	52
4.2.3. SIMULAÇÕES	57
4.3. QUANTIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO- PORTARIA N.º 98/2019	58
4.4. ESTUDO DE SENSIBILIDADE	61
4.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO	63

5. CONSEQUÊNCIAS PRÁTICAS DA ENTRADA EM VIGOR DA PORTARIA N.º 98/2019	65
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	65
5.2. CONSTRUÇÃO NOVA NZEB.....	65
5.3. RECOMENDAÇÕES PARA A CONCESSÃO DE EDIFÍCIOS NZEB	66
5.4. ALTERAÇÕES NA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA	66
5.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	69
 6. CONCLUSÕES	 71
6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	71
6.2. CONCLUSÕES.....	71
 Referências bibliográficas.....	 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conceito da construção NZEB em edifícios residenciais.	22
Figura 2. Evolução do plano da EBPD recast por parte dos Estados Membros (Hans Erhorn, 2015).	23
Figura 3. Introdução de medidas NZEB nas legislações nacionais com base nas diretivas europeias (Hans Erhorn, 2015).	24
Figura 4. Zona climática de Espanha (Attia et al., 2017).	26
Figura 5. Acordo de energia adotado pelo código técnico de construção (CTE) espanhol (Básico, 2019).	26
Figura 6. Zonamento climático de França (Attia et al., 2017).	28
Figura 7. Zonamento climático de Itália de acordo com os graus dias de aquecimento (Attia et al., 2017).	29
Figura 8. Evolução da legislação portuguesa de acordo com a publicação das diretivas europeias... ..	31
Figura 9. Programa de cálculo do SCE.ER para o cálculo dos requisitos mínimos para a instalação dos sistemas de energias renováveis.	32
Figura 10. Zona climática de Inverno (esquerda) e de Verão (direita) no continente, segundo o REH.	33
Figura 11. Funcionamento de um sistema solar fotovoltaico.	35
Figura 12. Conceito do funcionamento de um sistema de biomassa.	37
Figura 13. Pellets usados para combustão em sistemas técnicos de biomassa.	37
Figura 14. Princípio de funcionamento de uma bomba de calor.	43
Figura 15. Zona climática de Inverno (esquerda) e de Verão (direita) no continente, segundo o REH (F, 2013).	43
Figura 16. Localização da fração X face às frações adjacentes do edifício.	52
Figura 17. Classes energéticas do Sistema de Certificação Energética (SCE) implementado em Portugal (ADENE).	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Valores máximos do coeficiente de transmissão térmica (U) segundo a legislação em vigor em Portugal continental.....	44
Tabela 2. Valores de referência dos coeficientes de transmissão térmica lineares (ψ_{ref}) de acordo com os tipos de ligação.....	45
Tabela 3. Prazos estabelecidos pela Portaria n.º 98/2019 para a implementação da construção nova nZEB em Portugal.....	42
Tabela 4. Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados ($g_{Tmáx}$).....	48
Tabela 5. Resumo das exigências NZEB estabelecidas pela Portaria n.º 98/2019 de acordo com o zoneamento climático.....	49
Tabela 6. Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas adotadas na envolvente da fração em estudo.....	53
Tabela 7. Fator solar dos envidraçados.....	54
Tabela 8. Coeficientes de transmissão térmica lineares [$W/(m \cdot ^\circ C)$] para as pontes térmicas lineares existentes na envolvente da fração em estudo.....	54
Tabela 9. Valores do coeficiente de redução de perdas (b_{tr}) para os espaços não uteis (ENU) adotados.....	55
Tabela 10. Sistema solar térmico - características e sistemas de apoio.....	55
Tabela 11. Sistema solar fotovoltaico - características e sistemas de apoio.....	56
Tabela 12. Biomassa - características e sistemas de apoio.....	56
Tabela 13. Bomba de calor – características.....	56
Tabela 14. Identificação dos vários cenários de simulações realizadas de acordo com a zona climática e o tipo de sistema técnico de energias renováveis utilizado.....	57
Tabela 15. Indicadores energéticos das simulações realizadas.....	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Relação Nic/Nc de acordo com as zonas climáticas e estudo.....	61
Gráfico 2. Classes energéticas das simulações realizadas.....	62
Gráfico 3. Número de certificados emitidos para habitação e para serviços (SCE, 2020).....	68
Gráfico 4. Percentagem do número de certificados energéticos por classe energética emitidos em Portugal continental até à data atual (SCE, 2020).....	68

SÍMBOLOS, UNIDADES, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ACV- Avaliação do Ciclo de Vida

ADENE- Agência para a Energia

AQS- Águas Quentes Sanitárias

A_p- Área Útil de Pavimento (m²)

A_i- Área total dos elementos que separam o interior do ENU (m²)

A_u- Área total dos elementos que separam o ENU do exterior (m²)

BEPOS- Bâtiment à Energie Positive

btr- Coeficiente de Redução de Perdas

CA- Conserted Action

CE- Concelho Europeu

COP- Coefficient of Performance

CPC- Coletores Concentrados com Cobertura

CTE- Código Técnico da Construção

DB- Documento Básico

DL- Decreto Lei

EM- Estados Membros

ENU- Espaço Não Útil

EPBD- Energy Performance of Buildings Directive

EREN- Energias Renováveis (kWh/ano)

FEUP- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

$g_{\perp,vi}$ - Fator Solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície

g_T - Fator Solar do vão envidraçado com as proteções solares totalmente ativadas

g_{Tmax} - Fator Solar Máximo

HVAC- Heating, Ventilating and Air Conditioning

kWh- Quilowatt hora

m²- Metro Quadrado

m³- Metro Cúbico

N_{ic}- Necessidade Nominal Anual de Energia Útil para Aquecimento (kWh/(m².ano))

N_{vc}- Necessidade Nominal Anual de Energia Útil para Arrefecimento (kWh/(m².ano))

N_{tc}- Necessidade Nominal Anual de Energia Primária (kWh/(m².ano))

NZEB- Nearly Zero Energy Buildings

PDE- Paredes Exteriores

PDI- Paredes Interiores

PTPDE- Pontes Térmicas Planas Exteriores

PVE- Pavimentos exteriores

PVI- Pavimentos Interiores

RECS-Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RT- Réglementation Thermique

SCE- Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

U- Coeficiente de Transmissão Térmica

UE- União Europeia

V- Volume (m³)

VE- Vãos Envidraçados Exteriores

VI- Vão Envidraçados Interiores

W- Watt

Ψ - Coeficientes de Transmissão Térmica Lineares

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Os edifícios residenciais representam uma significativa porção do consumo energético no panorama europeu, não só em Portugal, mas também nos restantes Estados Membros da União Europeia. Em prol de reduzir este consumo energético, norteadas pelas questões económicas e ambientais, a Comissão Europeia publicou, a 19 de maio de 2010, a Diretiva nº 2010/31/EU (reformulando o regime estabelecido na Diretiva nº2002/91/CE) e, mais tarde, a 30 de maio de 2018, a Diretiva nº 2018/844/CE, relativas ao desempenho energético dos edifícios. Portugal, assim como outros membros da UE, transpõem os princípios gerais das diretivas europeias para a legislação nacional, moldando-os ao clima e particularidades locais. Após a publicação da Diretiva nº2010/31/EU, o legislador português publica, em 2013, o Decreto-Lei nº113/2013, consagrando o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Mais tarde, com a publicação da nova diretiva europeia (Diretiva nº2018/844/CE), o governo português aprova a Portaria n.º 98/2019, procedendo à alteração da Portaria n.º 349 -B/2013, no âmbito do ambiente e da transição energética. Estes instrumentos visam, em última instância, através da construção de edifícios NZEB – isto é, edifícios com necessidades de energia quase nulas – tornar o edificado mais eficiente e sustentável, estabelecendo, para tal, um conjunto definido de exigências.

A construção de edifícios NZEB procura, através do uso de energias renováveis, suprir as necessidades de energia primária. Portugal, devido ao grande número de horas de exposição solar, tem todos os recursos para implementar o uso de energias renováveis na construção do seu edificado. Os consumos de energia não serão os mesmos para todas as zonas do país, sendo crucial descortinar os consumos e necessidades energéticas, tanto de aquecimento como de arrefecimento, pelas diferentes zonas climáticas do país. Nem todos os edifícios reclamam às mesmas necessidades energéticas, nem carecem do mesmo consumo energético para atingirem o conforto térmico no seu interior. A Portaria n.º 98/2019 estabelece, para a construção de edifícios NZEB em Portugal, exigências e metas energéticas para as diferentes zonas climáticas do país.

O cumprimento destes requisitos energéticos é realizado através de uma envolvente construtiva eficiente, adaptada ao clima local e com o apoio de sistemas técnicos de energias renováveis instalados nas suas proximidades locais para a produção de energia. Na procura da eficiência energética, o primeiro passo prende-se com a otimização da envolvente, de forma a não existirem falhas nem transferências de calor em consequência de uma solução construtiva inadequada ao local. De seguida, a energia primária deve ser suprida ao máximo pela produção e utilização de energias renováveis, com o auxílio de sistemas técnicos locais de energias renováveis. A escolha dos sistemas de aproveitamento de energias renováveis recai sobre o seu utilizador, de acordo com a utilização e potências disponíveis no mercado atual.

1.2. OBJETIVOS

Os principais objetivos desta dissertação são os seguintes:

1. Refletir sobre as políticas energéticas, nomeadamente as diretivas impostas pela União Europeia;
2. Perceber e descrever o conceito e exigências NZEB adaptadas aos regulamentos dos diferentes estados membros da União Europeia;
3. Analisar ao detalhe a transposição das diretivas europeias realizada pelos estados membros;
4. Conhecer e caracterizar as soluções existentes no mercado atual em Portugal para a produção de energias renováveis;
5. Analisar ao detalhe as medidas impostas pela nova legislação, Portaria n.º 98/2019;
6. Caracterização da fração em estudo, análise e aplicação da Portaria n.º 98/2019;
7. Implicações e impacto da nova legislação aos resultados obtidos nas simulações da fração em estudo;
8. Consequências da entrada em vigor da nova legislação nos edifícios residenciais de construção nova.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

A organização e estrutura da presente dissertação nos diferentes capítulos foi cuidadosamente desenvolvida com o intuito de expor os conteúdos de uma forma simples, clara e sucinta para que seja de fácil compreensão e interpretação. Este trabalho divide-se em 6 capítulos que são aqui apresentados.

No segundo capítulo, é realizada a pesquisa e estudo do estado de arte, norteadas pela compreensão dos fundamentos. São abordadas as políticas energéticas, nomeadamente das diretivas impostas pela Comissão Europeia até a data atual, e como estas foram aplicadas, tanto em Portugal, como em outros três diferentes estados membros da União Europeia. Neste capítulo, é também realizado o estudo das diferentes formas de obter energias renováveis em Portugal, através de sistemas técnicos utilizados na construção de edifícios residenciais.

No terceiro capítulo, faz-se uma descrição pormenorizada da transposição da diretiva europeia para a recente legislação portuguesa, através da Portaria n.º 98/2019.

No quarto capítulo, é efetuada a aplicação da nova legislação ao caso de estudo. São realizadas várias simulações para a amostra em estudo, à qual são comparados os valores obtidos nas simulações com os requisitos mínimos estabelecidos pela Portaria n.º 98/2019.

No quinto capítulo, é feita uma análise das consequências práticas a serem aplicadas na construção de edifícios novos em Portugal, impostas pela entrada em vigor da nova legislação.

No sexto capítulo, serão expostas as principais conclusões retiradas do trabalho desenvolvido.

2

ESTADO DE ARTE E FUNDAMENTOS

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este trabalho iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica de forma a recolher informação sobre o estado de arte de algumas áreas em consideração a ter nesta tese de mestrado. Nos subcapítulos seguintes, o estado de arte é dividido em três partes. Uma primeira parte onde é abordado o conceito NZEB, assim como as diretivas impostas pela Comissão Europeia até a data atual, de forma a perceber onde é introduzido este conceito e quais as exigências da UE. Depois disto, é importante ter uma perspetiva europeia de como foram aplicadas estas diretivas nos estados membros da UE. Assim sendo, são revelados os instrumentos legislativos de Espanha, França, Itália e, evidentemente, em maior detalhe, o decreto-lei português. Tendo presente cada decreto-lei, é possível comparar e avaliar as exigências NZEB que foram introduzidas em cada país. O capítulo encerra com os diferentes tipos de soluções de energias renováveis a utilizar para minimizar o uso da energia primária. As energias renováveis em estudo são o sistema solar térmico, o sistema solar fotovoltaico, a biomassa e a bomba de calor (que em Portugal, devido à sua relação entre a energia utilizada e energia produzida, pode ser considerada como uma energia renovável).

2.2. EDIFÍCIOS NZEB EM DIFERENTES PAÍSES

2.2.1. DEFINIÇÃO E CONCEITO

O conceito NZEB – *Nearly Zero Energy Buildings* – segundo o artigo 2.º da Diretiva n.º 2010/31/EU (EPBD recast), relativa ao desempenho energético dos edifícios, é definido como um edifício com desempenho energético bastante elevado em que o balanço anual energético entre o consumo e a produção de energia proveniente de fontes renováveis produzidas no local ou nas proximidades é equivalente a zero. Para o cálculo deste balanço energético é apenas contabilizada a energia referente à ventilação, iluminação, água quente sanitária e climatização. A energia para quantificar o consumo de energia num NZEB é a energia primária, expressa em kWh/(m².ano), podendo esta ser suprimida pelo uso de energias renováveis. (EPBD, 2010)

A regulamentação portuguesa (Portaria, 2019), direta e juridicamente iluminada pela legislação europeia, define edifícios NZEB como “edifícios com necessidades quase nulas de energia, conhecidos por NZEB, caracterizados por apresentarem um desempenho energético muito elevado, e terem as suas necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas, cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, seja produzida no local ou nas proximidades”.

Para (Almeida et al., Jun-2016), o conceito NZEB em Portugal visa reduzir ou até mesmo anular a quantidade de energia de combustível fóssil utilizada, bem como reduzir as emissões de carbono (CO₂), encontrando um equilíbrio entre a envolvente do edifício e a aplicação/introdução de sistemas técnicos que utilizem fontes de energias renováveis nas proximidades locais ou nas imediações

do edifício, atingindo assim um balanço energético quase nulo entre a energia produzida e a energia consumida.

A aplicação de sistemas técnicos que produzem energias renováveis deve ser conjugada com a envolvente do edifício, para que uma melhor envolvente permita a utilização de sistemas técnicos de menor potência, poupando assim mais energia, (Reda et al., 2019). Na Figura 1, podemos identificar alguns dos fatores bases presentes na construção NZEB. Perdas e ganhos de calor controlados pela envolvente do edifício, de modo a permitirem um conforto térmico interior adequado, o uso de sistemas técnicos de energias renováveis para a produção de energia, a poupança de energia e a otimização da envolvente, são fatores que devem estar presentes aquando a construção de um edifício NZEB.

A quantidade de energia que é necessário produzir está relacionada com a zona climática onde se encontra o edifício, sendo que a necessidade produtiva energética variará consoante a zona do território. Assim, o zonamento climático vai ser o fator chave para cada estado membro definir as suas exigências NZEB.



Figura 1. Conceito da construção NZEB em edifícios residenciais.

2.2.2. EPBD

A EPBD (Energy performance of buildings directive), tem como objetivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios da UE. O consumo de energia da UE é cada vez maior e cabe à EPDB estabelecer um conjunto de medidas para a redução do consumo de energia, utilizando energias renováveis de modo a reduzir exponencialmente a emissão dos gases com efeito estufa.

A preocupação europeia com o desempenho energético dos edifícios remonta a 2002, com a Diretiva 2002/91/CE, mais tarde reformulada pela Diretiva 2010/31/EU (recast).

A Diretiva 2010/31/EU (EPBD, 2010), vem, no artigo 2.º, estabelecer uma definição de edifícios com necessidades quase nulas de energia. Ademais, de acordo o artigo 9.º, visa assegurar que nos Estados-Membros, o mais tardar até 31 de dezembro de 2020, todos os edifícios novos passem a ser edifícios com necessidades quase nulas de energia (é importante sublinhar que para os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas já esteja a ser cumprida a obrigatoriedade de os mesmos serem de necessidades quase nulas de energia desde 31 de dezembro de 2018). Cabe aos Estados Membros elaborar planos nacionais para aumentar o número de edifícios com necessidades

quase nulas de energia - estes deverão delinear medidas acomodadas aos diferentes tipos de edifícios em causa.

Na sequência da Diretiva 2010/31/EU, foi publicada a 30 de maio de 2018, a nova Diretiva 2018/844/EU, que veio alterar a Diretiva 2010/31/EU, relativa ao desempenho energética dos edifícios e a Diretiva 2012/27/EU, (EPBD, 2012) sobre a eficiência energética.

Nesta diretiva (EPBD, 2018), é inserido no Artigo 2.º-A uma estratégia de renovação a longo prazo, até 2050, em cada Estado-Membro se compromete a reduzir ainda mais as emissões de gases de efeitos estufa entre 80% a 95% relativamente a 1990, aumentar a percentagem do consumo de energias renováveis, obter poupanças de energia e aumentar a segurança energética, a competitividade e a sustentabilidade da europa. Estas medidas de eficiência energética procuram tornar o parque imobiliário da UE em edifícios com necessidades quase nulas de energia. Ainda nesta diretiva, o Artigo 8.º reforça a necessidade de os Estados Membros apoiarem as melhorias do desempenho energético dos edifícios existentes que contribuam para a consecução de um ambiente interior saudável. Reforça igualmente a importância de se incluírem sistemas técnicos e automação nos edifícios, tendo como finalidade reduzir as necessidades de energia para AVAC e iluminação de forma a melhorar a eficiência energética e o desempenho geral de edifícios.

O artigo 6º Artigo da EPBD faz referência à construção de edifícios novos, ressaltando que cabe aos estados membros tomarem medidas para assegurar que os edifícios de construção nova cumpram os requisitos mínimos de desempenho energéticos (estabelecidos no artigo 4º desta EPBD). Antes do início da construção de edifícios novos, os estados-membros asseguram que seja tida em conta a viabilidade técnica, ambiental e económica de sistemas alternativos de elevada eficiência, caso estejam disponíveis.



Figura 2. Evolução do plano da EBPB recast por parte dos Estados Membros (Hans Erhorn, 2015).

Contudo, apesar da EPBD estabelecer uma definição de edifícios com necessidades quase nulas de energia, a responsabilidade última pela utilização prática dessa definição compete aos Estados-Membros que devem determinar, por exemplo, o que constitui “um desempenho energético muito elevado”, refletindo as condições nacionais, regionais ou locais. Esta flexibilidade permite diferentes interpretações e abordagens metodológicas, criando assim possíveis definições diferentes de NZEB de país para país pois não é apresentada uma definição clara ou quantitativa, antes uma definição qualitativa. A definição de edifício de consumo de energia quase nulo pode ser considerada ambígua, uma vez que os caminhos definidos pelos países estão dependentes das suas próprias conjunturas, em função de equilíbrios entre custos energéticos e económicos.

2.2.3. EXPERIÊNCIA EUROPEIA

No artigo publicado por vários autores pertencentes aos diversos estados membros da EU, (Attia et al., 2017), é defendido que na Europa do sul os edifícios procuram a máxima eficiência derivada da noção da neutralização do consumo da fonte e definindo-o como consumo de energia zero. Este processo de conceção envolve uma abordagem integradora que procura:

1. reduzir as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento, otimizando a envolvente e integrando as técnicas de aquecimento e arrefecimento passivo;
2. melhorar a eficiência energética dos sistemas ativos; e,
3. incorporar as energias renováveis.

Segundo o relatório EPBD da CA (2015), cerca de 40% dos Estados-Membros (EM) ainda não dispõem de uma definição pormenorizada do NZEB. Cerca de 60% dos Estados-Membros estabeleceram a sua definição pormenorizada de NZEB num documento jurídico, mas alguns deles sublinham o estatuto do projeto da definição ou que a definição poderá ser atualizada posteriormente.

A EPBD 2010 recast introduz o conceito de “nearly zero energy building” (NZEB), mas cabe a cada um dos estados membros interpretar a EPBD e, consoante as políticas desenvolvidas e aplicadas em cada país, criar leis e regulamentos para que a diretiva seja cumprida. De acordo com as condições de cada país, esta diretiva vai ser aplicada e interpretada de maneiras diferentes. Neste subcapítulo é feita uma análise das normas do desempenho energético dos edifícios aplicadas nos instrumentos jurídicos de quatro países diferentes da UE, tendo por base o conceito NZEB definido na EPBD. Podendo assim comparar e verificar como cada país transpôs a diretiva, descortinando que medidas estão a ser realizadas nesses mesmos países para que a mesma seja cumprida dentro do prazo acordado.

A Figura 3, apresenta uma cronologia anual de cada uma das legislações nacionais publicadas pelos estados membros da UE, segundo as diretivas europeias, com o objetivo de tornar a construção nova em construção NZEB a partir de 2021. Através deste esquema é possível observar em que ano cada estado membro tomou a iniciativa de implementar medidas NZEB nas suas legislações nacionais, tendo sempre como base a diretiva europeia mais recente.

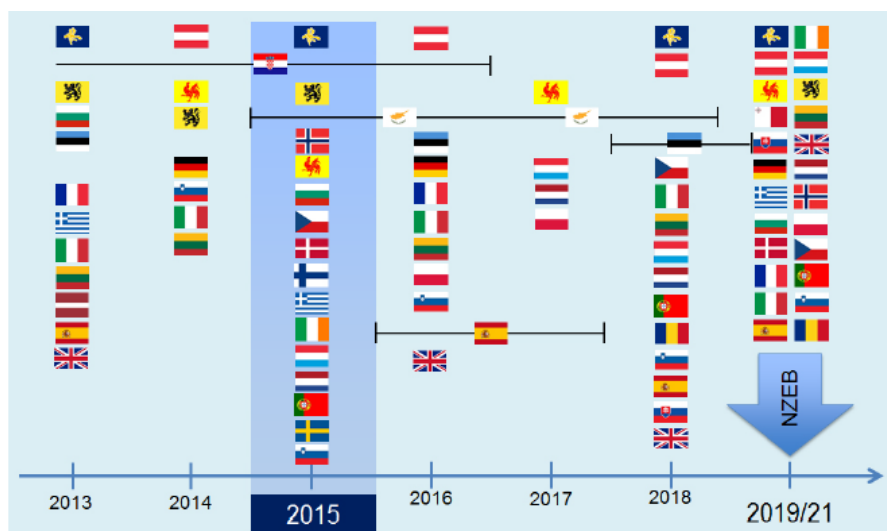


Figura 3. Introdução de medidas NZEB nas legislações nacionais com base nas diretivas europeias (Hans Erhorn, 2015).

2.2.3.1. LEGISLAÇÃO ESPANHOLA

A primeira vez que a legislação espanhola inclui a definição de um edifício com consumo de energia quase nulo (EECN) reside na transposição da Diretiva europeia para o Decreto-Real 56/2016, de 12 de fevereiro de 2016, como sendo "... aquele edifício com um nível muito elevado de eficiência energética, [...] A quase zero ou muito baixa quantidade de energia necessária deve ser coberta, em grande medida, por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida "in situ" ou no ambiente." (732/2019, 2019)

Atualmente em Espanha, a legislação que define o Código Técnico da Construção (CTE) é o Decreto Real 732/2019, emitido a 20 de dezembro de 2019. Embora a Diretiva (UE) 2018/844 ainda não tenha sido transposta para este Decreto Real, a Diretiva 2010/31/EU relativa ao desempenho energético dos edifícios, estabelece a obrigação de rever e atualizar periodicamente, a intervalos não superiores a cinco anos, os requisitos mínimos de desempenho energético, a fim de os adaptar ao progresso técnico no sector da construção. Neste decreto lei é feita assim uma revisão dos termos acordados pelos estados membros na diretiva europeia através do Documento Básico (DB) HE Ahorro de Energía, divulgado a 20 de dezembro de 2019, (Básico, 2019). Esta revisão introduz alterações na estrutura dos requisitos básicos para os adaptar à regulamentação europeia, revê os valores mínimos de eficiência energética que os edifícios devem cumprir e atualiza a definição de um edifício com um consumo de energia quase nulo, NZEB.

De acordo com a secção HE0 presente neste documento base, será feita a limitação do consumo de energia, a edifícios novos e a intervenções em edifícios existentes. Avaliando dois indicadores em função das zonas climáticas de Inverno, da localização, da utilização do edifício (residencial privado ou para uma utilização diferente) e, no caso de edifícios existentes, do âmbito da intervenção:

- O consumo de energia primária não renovável (Cep,nren);
- Consumo total de energia primária (Cep,tot).

De acordo com a secção HE1, as condições para o controlo da procura de energia, a qualidade do conforto térmico deve ser avaliada através:

- Transmitância térmica (U) de cada elemento da envolvente térmica;
- O coeficiente global de transmissão de calor através da envolvente térmica (K) do edifício, ou parte dele, com utilização residencial privada e com utilização que não seja residencial privada;
- Controlo Solar;
- Permeabilidade ao ar;
- Limitação de descompensação (A transmitância térmica das divisórias internas);
- Limitação da condensação.

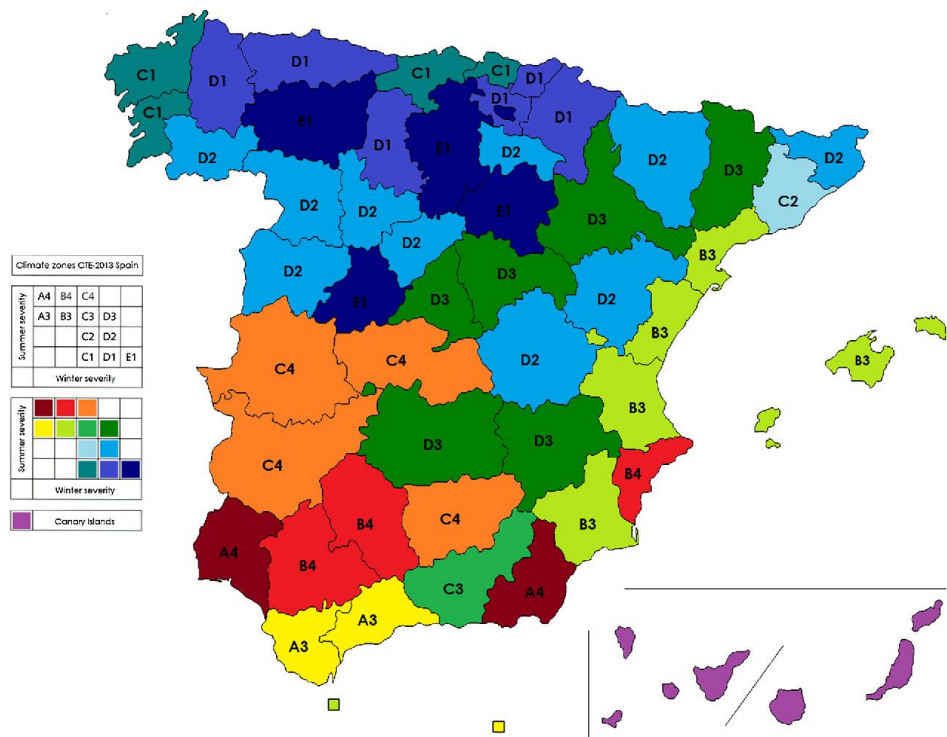


Figura 4. Zona climática de Espanha (Attia et al., 2017).

O que não se deve perder de vista é o fluxo do processo para o cumprimento do CTE em termos de poupança de energia, como se pode ver no diagrama seguinte:

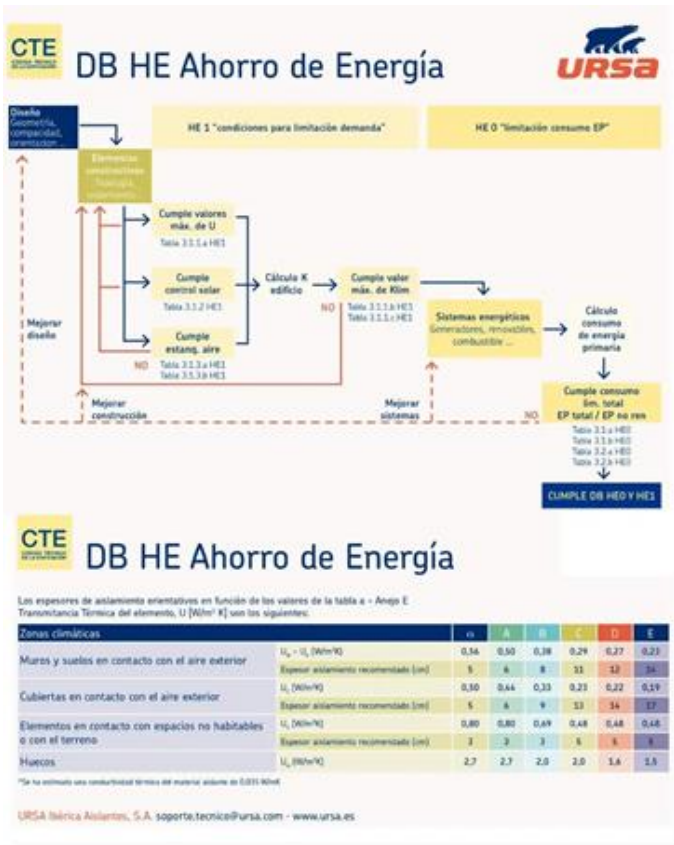


Figura 5. Acordo de energia adotado pelo código técnico de construção (CTE) espanhol (Básico, 2019).

2.2.3.2. LEGISLAÇÃO FRANCESA

A França foi um dos primeiros países da UE a implementar o conceito e exigências NZEB, abordadas na Diretiva europeia de 2010. O Governo francês introduz a sua definição de NZEB no regulamento RT2012. Começando nesse mesmo regulamento a estabelecer exigências para a construção nova. Sendo que, desde 1 de janeiro de 2013, todas as novas construções em França são NZEBs. Para os novos edifícios residenciais, o RT2012 exige um consumo de energia primária inferior a 50 kWh/(m².ano) ("edifícios de baixo consumo"/Bâtiments Basse Consommation ou BBC), e para os edifícios novos não residenciais, um consumo de energia primária inferior a 70 kWh/(m².ano) para os edifícios sem ar condicionado e 110 kWh/(m².ano) para os edifícios com ar condicionado.

Atualmente, em termos de legislação, a França enfrenta uma mudança de paradigma; passando de uma abordagem de pura energia com o RT2012 para uma abordagem de avaliação ambiental com Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), em linha com o novo regulamento de construção térmica intitulado RE2018 e RE2020. O RE2018 promove Edifícios de Energia Positiva (BEPOS Bâtiment à énergie positive), visando todos os consumos dos edifícios (utilização de energia, incluindo a energia elétrica doméstica, computadores, etc.) Este regulamento, com base no RE2012, estabelece um consumo de energia primária igual ou inferior a 50 kWh/(m².ano) para edifícios novos residenciais, e, para edifícios novos não residenciais, um consumo de energia primária inferior a 70 kWh/(m².ano). Já com a nova regulamentação é concebida uma norma para edifícios de baixo carbono, tendo em conta o impacto ambiental da seleção de materiais de construção, construção e funcionamento, incluindo os sistemas energéticos, as emissões de gases com efeito de estufa, considerando também os meios de transporte utilizados para aceder ao edifício. Ambas as abordagens permitem definir um rótulo E+C- (Energy Positive and Low Carbon). (2020, 2020)

Os níveis de consumo necessários estão sujeitos a variações, em função da localização geográfica definida pelo zonamento climático representado na Figura 6. A norma francesa divide o país em 3 zonas de inverno (período de aquecimento): H1, H2 e H3 e em 4 zonas de verão (período de arrefecimento): a, b, c e d. Para edifícios novos, o limite máximo de energia primária está estabelecido em 50 kWh/(m².ano), no entanto este limite pode estar sujeito a ajustamentos, com base nos volumes de gases com efeito de estufa emitidos pelas fontes de energia utilizadas, nos fins para que o edifício é utilizado e nas suas características e localização geográfica, podendo assim variar entre 40 e 65 kWh/(m².ano).

Os projetistas devem empenhar-se na envolvente dos edifícios de forma a alcançarem um arrefecimento passivo, otimizando o indicador de design bioclimático (Bbio), que aborda a compactação, superfícies das janelas, orientação, inércia térmica, estanquidade ao ar, etc. As habitações unifamiliares e multifamiliares devem ser concebidas sem a utilização de sistemas de arrefecimento.

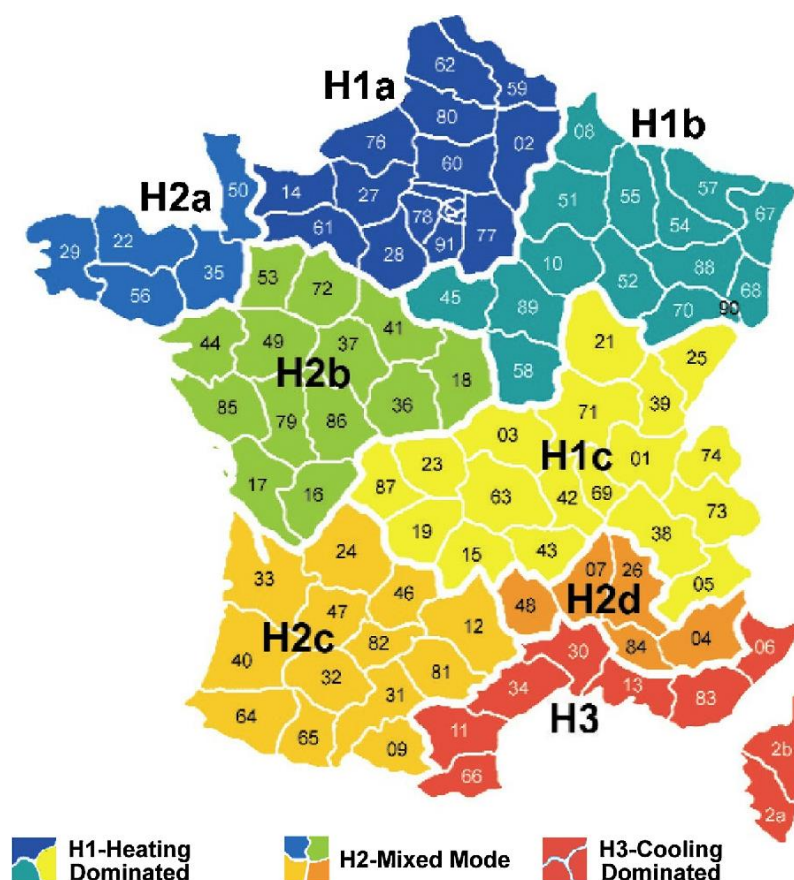


Figura 6. Zonamento climático de França. (Attia et al., 2017)

2.2.3.3. LEGISLAÇÃO ITALIANA

Em Itália está a desenvolver-se um plano nacional, com o objetivo de obter nos seus edifícios um desempenho energético superior aos edifícios de referência fixados no regulamento. O primeiro regulamento para a redução do consumo de energia nos edifícios foi publicado em 1976, (Lei 373/1976), no entanto era pouco restritivo e o seu cumprimento pouco controlado, assente em mecanismos inadequados. O primeiro código efetivo relativo aos critérios de desempenho térmico só foi emitido em 1991 (Lei 10/1991), quando mais de 80% do atual parque edificado já tinha sido construído. Por conseguinte, a maior parte do parque habitacional italiano é altamente consumidora de energia. De acordo com as suas características geográficas, a Itália apresenta uma grande variedade de condições climáticas (Figura 7), pelo que a abordagem aos problemas de renovação energética é muito diferente ao longo da península. Como simplificação, nas regiões setentrionais, onde prevalece a procura de aquecimento, é necessário isolar fortemente a envolvente do edifício, enquanto que no Sul, onde, pelo contrário a procura de refrigeração é predominante, é importante tirar partido da ventilação natural, o uso externo de dispositivos de proteção solar e a construção de paredes maciças. Em síntese, o processo construtivo em Itália devido às grandes diferenças de temperatura ao longo do país, deve ser adaptado às condições climáticas que cada região.

MAPPA DELLE ZONE CLIMATICHE SECONDO DPR 412/93

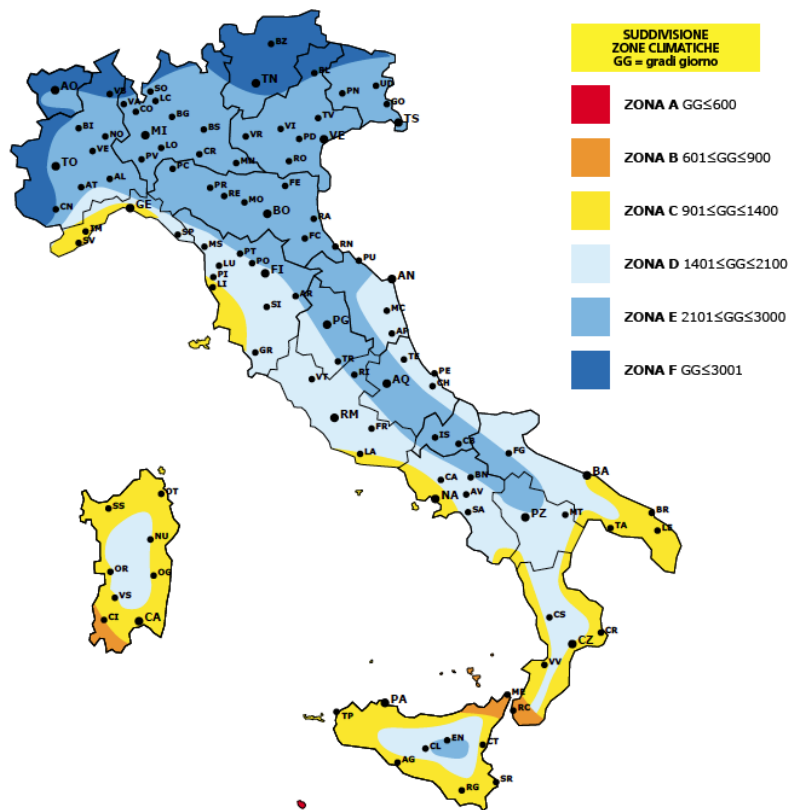


Figura 7. Zonamento climático de Itália de acordo com os graus dias de aquecimento (Attia et al., 2017).

Hoje em dia, a diretiva que em Itália regula a eficiência energética dos edifícios novos e existentes é o Decreto Interministerial 26/6/2015, (26/6/2015, 2015). Os edifícios NZEB terão que ser executados de acordo com os requisitos energéticos em vigor para 2019/2020, definidos nesta diretiva desde outubro de 2015. A legislação italiana define um edifício NZEB, como sendo um "edifício quase sem energia", um edifício caracterizado por um desempenho energético muito elevado em que a procura de energia muito baixa é significativamente coberta por fontes renováveis, produzidas dentro dos limites do sistema construtivo. Esta legislação nacional, vem também introduzir duas exigências aquando a construção de edifícios novos:

- Até 2021, todos os edifícios novos ou em fase de renovação de primeiro nível terão de estar próximos do nível zero de energia (edifício quase sem energia, NZEB). Para os novos edifícios públicos, incluindo as escolas, o prazo é antecipado para 2019.
- A cobertura de 50% da soma dos consumos previstos de água quente sanitária, aquecimento e arrefecimento, devem ser supridos, através da utilização de energia produzida por sistemas alimentados de fontes renováveis.

2.2.3.4. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA

No que diz respeito à legislação em Portugal, existe uma preocupação em reduzir as necessidades energéticas e em consumir cada vez menos energia produzida por fontes não renováveis. Desde 1990, com a elaboração do Decreto-Lei 40/90, que existe uma preocupação com a qualidade da construção em termos energéticos. Essas preocupações foram ganhando mais importância e no ano de 2006 ocorre uma grande mudança, no que diz respeito à legislação nacional com a publicação de três Decretos-Lei:

- Decreto-Lei 78/2006 de 4 de abril, no qual é aprovado o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos edifícios (SCE);
- Decreto-Lei 79/2006 de 4 de abril, no qual é aprovado o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização nos Edifícios (RSECE);
- Decreto-Lei 80/2006 de 4 de abril, no qual é aprovado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

A preocupação de melhorar a qualidade da construção em Portugal e as condições de conforto, sem aumentar a energia consumida para garantir o conforto térmico, nomeadamente para aquecimento e água quente sanitária, ficaram bem presentes nestes três decretos.

Mais tarde, com a aprovação da Diretiva 2010/31/UE (EPBD), as preocupações nacionais com a redução das necessidades energéticas dos edifícios e consequente diminuição do consumo energético ganham ainda maior relevância e eis que no ano de 2013 surge a publicação do Decreto-Lei 118/2013 que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), transpondo ainda a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Decreto Lei este alterado posteriormente pelo Decreto Lei n.º 68 -A/2015, de 30 de abril, pelo Decreto Lei n.º 194/2015, de 14 de setembro, pelo Decreto Lei n.º 251/2015, de 25 de novembro, pelo Decreto Lei n.º 28/2016, de 23 de junho, e pela Lei n.º 52/2018, de 20 de agosto.

Para o efeito, o artigo 16.º do Decreto Lei n.º 118/2013, (118/2013, 2013), na sua atual redação, prevê um conjunto de disposições relativas aos edifícios NZEB, determinando que o parque edificado deve progressivamente ser composto por edifícios NZEB, com vista à implementação e execução de um plano nacional de reabilitação do parque de edifícios existentes, e enquadrando a definição nacional de edifício NZEB. É feita uma pormenorização do conceito de edifício NZEB, aplicável no âmbito do ordenamento jurídico nacional, e de rever, e adaptar em consonância, as exigências legais e regulamentares que, no caso do REH, se deverão refletir na Portaria n.º 349 -B/2013, de 29 de novembro, alterada pela Portaria n.º 379 -A/2015, de 22 de outubro, e pela Portaria n.º 319/2016, de 15 de dezembro, que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados do SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

Atualmente para os edifícios de habitação de necessidades quase nulas (NZEB), a Portaria n.º 98/2019 no âmbito do ambiente e transição energética procede à alteração da Portaria n.º 349 -B/2013, estabelecendo novos requisitos e exigências NZEB. Na Figura 8, podemos acompanhar toda a legislação portuguesa relativa ao desempenho energético dos edifícios, que foi introduzida após o lançamento das diretivas europeias.

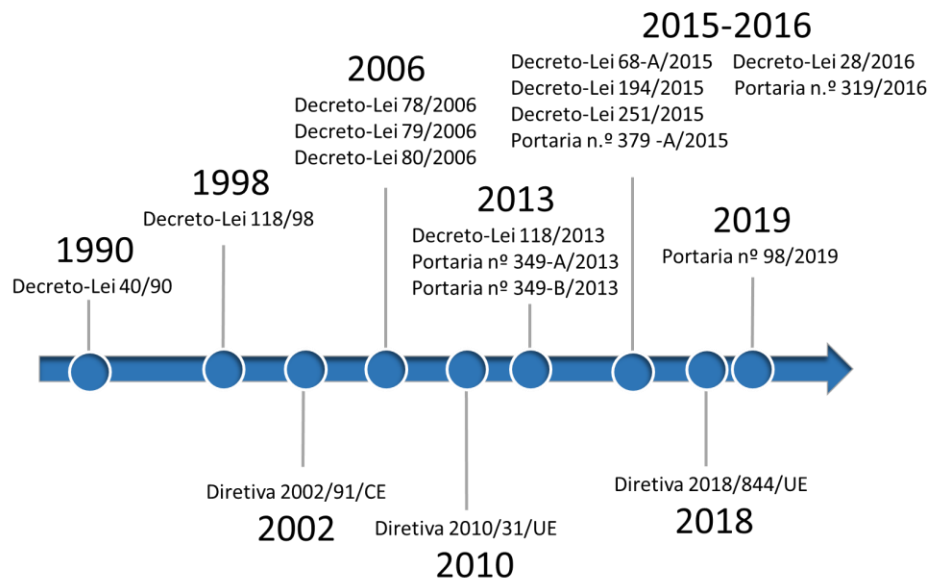


Figura 8. Evolução da legislação portuguesa de acordo com a publicação das diretivas europeias.

2.3. ENERGIAS RENOVÁVEIS

2.3.1. CONCEITO

É designado por energia renovável a energia proveniente de recursos naturais (rios, vento, biomassa, Sol, ondas do mar e calor da Terra) que se renovam de forma natural e sustentável, mesmo depois de serem usadas para gerar eletricidade ou calor. Estes recursos naturais, permitem produzir energia renovável, diminuindo assim o uso de combustíveis fósseis como o carvão e o gás natural. A produção de energias renováveis em cada país, torna-o menos dependente do estrangeiro em termos energéticos e contribui também para a diminuição dos gases de efeito de estufa.

A Diretiva Europeia (EPBD) aborda também o conceito de energias renováveis, recomendando que a quase zero ou muito baixa quantidade de energia consumida nos NZEBs seja coberta "de forma muito significativa pela energia proveniente de recursos renováveis, incluindo a energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades". Os estados membros, com base nesta diretiva, têm então vindo a implementar o uso de energias renováveis nas suas legislações, embora existam algumas diferenças significativas na definição do termo "nas proximidades". Cada país deve adaptar a diretiva à sua situação geográfica e ao tipo de energias renováveis que melhor consegue produzir. Neste subcapítulo serão abordados quatro tipos de energias renováveis muito utilizadas na construção NZEB em Portugal: o sistema solar térmico, o sistema solar fotovoltaico, a biomassa e a bomba de calor.

A bomba de calor apesar de não ser definida como uma energia renovável, utiliza uma percentagem muito baixa de energia primária pelo que pode ser considerada uma energia renovável e usada em edifícios NZEB.

Portugal apresenta um grande potencial, sobretudo na utilização de energia solar para produção de calor e de energia elétrica, já que é dos países da Europa com mais exposição solar anual, não obstante, deve sempre ter-se em mente não só a implementação de painéis e coletores solares eficientes,

mas também a aposta numa boa envolvente e arquitetura dos edifícios, para que estes possam utilizar ao máximo este recurso.

2.3.2. REGULAMENTAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL EM PORTUGAL

Quando se procede à instalação de um sistema de energia renovável é preciso sempre proceder à quantificação de energia necessária e regulamentada para abastecer a habitação no que toca às necessidades de água quente sanitária (AQS). Esta quantificação da energia é feita através do programa de cálculo do sistema de certificação de edifícios relativos ao aproveitamento de energias renováveis (SCE.ER). Neste programa de cálculo são introduzidos os dados do edifício (localização e tipologia), bem como as características das energias renováveis a utilizar. É necessário saber em que zona climática se encontra o edifício assim como a sua tipologia, pois quanto maior for a tipologia, maior vão ser as necessidades de abastecimento energético na habitação. Quanto às caraterísticas do sistema, além da marca, da área, da capacidade e tipo de armazenamento é necessário conhecer o esquema de instalação do aparelho. Introduzidos estes dados, o programa de cálculo permite-nos determinar os requisitos mínimos de energia solicitada, quer pelo apoio, quer pela energia solar. Segundo o regulamento dos edifícios de habitação REH, estes requisitos mínimos terão que ser cumpridos aquando a instalação de um sistema de energia renovável.



Direção Geral de Energia e Geologia

SCE.ER
versão 1.6.4 [2019-09-12]

Cálculos regulamentares do Sistema de Certificação de Edifícios
relativos ao aproveitamento de Energias Renováveis

Local:

Centro do Porto
(Porto, Grande Porto)

Categoria:

Edifícios de Habitação

Definições:

Necessidades de AQS

Tecnologias:

Solar Térmico - AQS

Solar Térmico - AQS e Climatização

Solar Térmico - Kit AQS

Solar Fotovoltaico

Biomassa - Combustão

Geotermia - Baixa Entalpia

Bombas de calor

Eólica - Pequena Turbina

Hídrica - Pequeno Aproveitamento

Figura 9. Programa de cálculo do SCE.ER para o cálculo dos requisitos mínimos para a instalação dos sistemas de energias renováveis.

2.3.3. SISTEMA SOLAR TÉRMICO

2.3.3.1. PRINCÍPIO

Um sistema solar térmico é composto essencialmente por duas componentes, o coletor solar para a captação da energia solar e o depósito para armazenamento da água quente. Através do coletor solar, é possível captar e converter a energia solar, fonte de energia renovável sob a forma de radiação em energia térmica. A radiação é absorvida por uma placa metálica que se comporta como um corpo negro, gerando calor pela sua absorção. A energia solar absorvida pelo sistema solar térmico pode ser utilizada para aquecimento e arrefecimento do ambiente, produção de águas quentes sanitárias (AQS), aquecimento de piscinas e produção de água quente a elevadas temperaturas para uso industrial. O calor é transferido por um sistema de tubagens para o fluido de transferência térmica (usualmente uma mistura de água e glicol para proteção dos coletores do perigo de congelamento), que por sua vez flui para o depósito de armazenamento de água quente. A água potável é aquecida através de um permutador de calor e armazenada no depósito até ser utilizada. O excedente de energia absorvida pelo coletor, será utilizada para aquecimento e arrefecimento ambiente do edifício em causa.

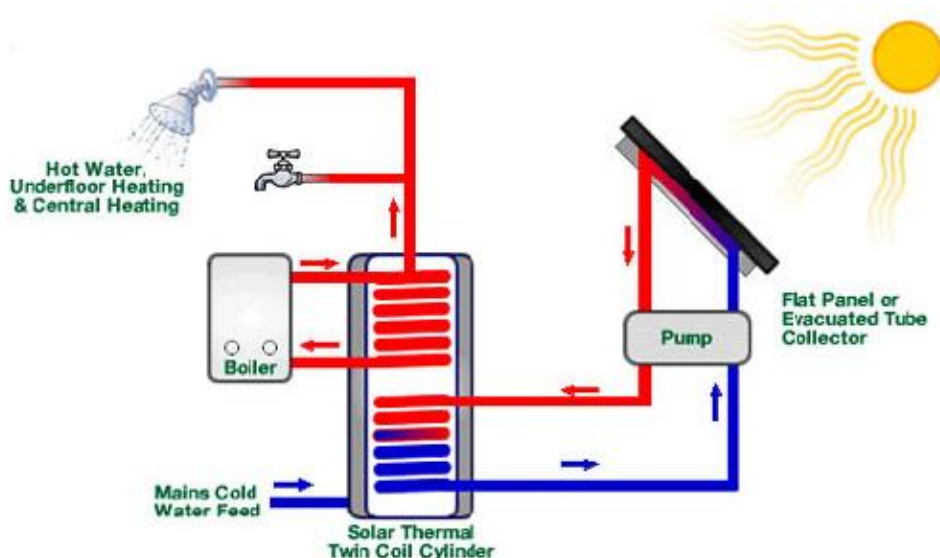


Figura 10. Conceito do funcionamento de um sistema solar térmico.

2.3.3.2. TECNOLOGIA E SOLUÇÕES NO MERCADO

A seleção e instalação de um sistema solar térmico deve ter em conta a localização da habitação (a radiação solar varia de região para região), o número de habitantes, as necessidades de água quente diária, a disposição da casa (tipo de telhado e orientação) e o fator económico (preços mais caros para coletores com maior qualidade).

Cumpridos estes requisitos, é possível escolher no mercado um coletor de acordo com o seu sistema de circulação, a sua utilização e da sua temperatura de funcionamento.

Quanto ao sistema de circulação, existem dois tipos de coletores: com circulação forçada ou com circulação natural (ou termossifão). A grande diferença destes dois tipos de coletores reside na introdução de uma eletrobomba para fazer a circulação do fluido na circulação forçada, enquanto que na circulação natural, a circulação é efetuada por convecção natural, induzida pela diferença de densidade entre a água quente e fria. A introdução de um eletrobomba permite uma melhor circulação e a

regulação da temperatura, no entanto é mais dispendiosa e necessita de energia elétrica para funcionar.

Os coletores podem também ser selecionados em função da sua temperatura de funcionamento. Deste modo, temos dois tipos de coletores: coletores sem concentração, capazes de alcançarem temperaturas de 70 °C (utilizados para aplicações domésticas e industriais com processos que não necessitem de temperaturas muito elevadas) e coletores de concentração, com recurso a métodos de concentração ótica, sendo capazes de elevar a temperatura do fluido a valores altos, com aplicação maioritária em processos industriais.

Para o tipo de utilização doméstica, utilização em estudo, são utilizados quatro tipos de coletores:

- coletores planos sem cobertura, em que a placa de absorção do coletor substitui a cobertura do telhado;
- coletores planos com cobertura, uma montagem simples sobre a cobertura do telhado;
- coletores concentradores com cobertura (CPC); coletores muito eficientes para baixa radiação e muito resistentes a elevadas temperaturas;
- coletores de tubos de vácuo, além destes coletores funcionarem a temperaturas ligeiramente mais elevadas que os CPC, também possuem coletores a vácuo para realizarem a extração do ar na tubagem de modo a evitar perdas de calor.

2.3.3.3. ANÁLISE CRÍTICA

O aproveitamento da energia solar em Portugal através dos sistemas solares térmicos tem bastante potencial. Portugal é dos países da Europa com a maior exposição solar e, assim sendo, um dos países com melhor aproveitamento deste recurso.

O governo português, após a diretiva europeia de 2010, de forma a promover a utilização de energias renováveis, lançou vários programas de incentivo à instalação de coletores solares térmicos. Estes incentivos fizeram aumentar o número de coletores, tornando naquela época o sistema solar térmico um dos sistemas de energias renováveis mais usados em Portugal.

Apesar de muitos destes programas de incentivos às energias renováveis já não estarem em vigor, o uso do sistema solar térmico continua a ser uma opção viável para a produção de energia renovável em Portugal. Atualmente o crescimento do uso deste sistema técnico encontra-se estagnado, no entanto, o seu baixo custo, a varia gama de coletores e a sua facilidade de instalação contribuem para que este sistema seja economicamente viável para todo o tipo de utilizadores.

Em termos de desempenho energético, os sistemas solares térmicos não asseguram na íntegra a totalidade da energia necessária para dar cumprimento às necessidades energéticas dos utilizadores em termos de águas quentes sanitárias (AQS), sendo necessário recorrer a um sistema de apoio, com suporte em fontes de alimentação convencionais (gás e/ou eletricidade). Atualmente é muito usado o sistema solar térmico com o apoio da bomba de calor, tornando os gastos de energia elétrica ainda mais baixos. Sempre que possível, devemos dar prioridade às energias renováveis, em ordem a minimizar o uso de energia elétrica.

2.3.4. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

2.3.4.1. PRINCÍPIO

O sistema solar fotovoltaico consiste na produção de energia elétrica através da radiação solar incidente no painel. Distintamente do sistema solar térmico, cuja função é transformar a energia solar em calor, energia térmica usada para o aquecimento de águas sanitárias ou para aquecimento ambiente. O sistema solar fotovoltaico além do painel é composto por um conversor de corrente em corrente alternada, um gerador e um quadro elétrico para a produção de energia. A energia gerada pode

ser aproveitada diretamente ou armazenada em baterias capazes de sustentar energia suficiente em situações de escassa luz solar.

O principal componente de um painel solar é o silício, um elemento químico da família do carbono, com estrutura cristalina e que integra arenitos, argila e granito. Este é o componente base das células solares que recebem a luz solar. Cada painel solar é formado por módulos de células, em conjuntos de 60 ou 72 células, em que cada célula produz cerca de 0,5 volts de corrente contínua. O sistema solar fotovoltaico está ligado a um inversor que transforma a corrente contínua em corrente alternada para que a energia produzida possa ser usada normalmente na habitação, para o funcionamento de luz e eletrodomésticos.

Quem opta pela energia solar fotovoltaica deve pensar em acoplar uma bateria para acumular a energia que não é usada. Ao contrário dos sistemas solares fotovoltaicos sem armazenamento, as baterias de lítio permitem armazenar o excesso de energia gerada durante o dia para que esta seja consumida mais tarde quando necessária, sem recorrer à rede elétrica da habitação. As baterias para além do tamanho e software, são muito parecidas com as que encontramos nos telemóveis ou carros elétricos. O não uso destas baterias permite vender a energia produzida e acumulada em excesso, no entanto é preciso ter em consideração o preço das mesmas. O funcionamento e carregamento das baterias pertencentes aos painéis fotovoltaicos ainda é uma matéria em fase de estudo e investigação. O uso de baterias para armazenamento da energia produzida localmente pode assim apresentar algumas falhas e o seu elevado preço pode até igualar o custo do painel fotovoltaico.



Figura 11. Funcionamento de um sistema solar fotovoltaico.

2.3.4.2. TECNOLOGIA E SOLUÇÕES NO MERCADO

Existem vários tipos painéis solares fotovoltaicos no mercado, no entanto para uso doméstico os mais comuns são:

- Painéis fotovoltaicos monocristalinos;
- Painéis solares policristalinos;
- Painéis solares de película fina.

Consoante a eficiência e custo de produção pretendidos, o silício pode ser trabalhado de diferentes formas. Os painéis de película fina são menos eficientes, mas mais flexíveis. Os painéis monocristalinos e policristalinos são os mais utilizados e mais eficientes, diferindo unicamente na pureza do silício utilizado, sendo que um maior grau de pureza proporciona uma maior eficiência do painel

solar fotovoltaico. Por outro lado, aumentar a pureza do silício implica aumento do custo de processamento.

A bateria a utilizar depende das necessidades do armazenamento de energia, podendo optar-se por uma bateria com maior capacidade de armazenamento, mas eventualmente mais cara.

2.3.4.3. ANÁLISE CRÍTICA

A eficiência do painel vai depender muito da qualidade do mesmo, o sistema será mais caro quanto maior for a qualidade e potência do painel. É aconselhável considerar no preço deste sistema o armazenamento da energia em baterias de lítio.

Ao contrário de todas as outras energias renováveis em estudo, os painéis solares fotovoltaicos, quando acompanhados por baterias de lítio, permitem a venda da energia produzida em excesso. Para além de se usar a energia produzida para consumo próprio, é possível introduzir o excesso de energia na rede comercial, beneficiando assim o cômputo geral das energias renováveis. A introdução de baterias de lítios para o armazenamento da energia deve ser ponderada, pois estas representam um elevado acréscimo económico na instalação deste sistema técnico e podem apresentar falhas durante o seu funcionamento. Esta tecnologia ainda se encontra numa fase de estudo e de progressão, podendo no futuro vir a sofrer algumas alterações para tornar esta opção numa solução economicamente viável ao seu utilizador.

É preciso sempre ter em conta a instalação do painel, adaptar o painel à melhor orientação e inclinação, de forma a maximizar o aproveitamento da radiação solar.

2.3.5. BIOMASSA

2.3.5.1. PRINCÍPIO

A biomassa é considerada uma das primeiras energias renováveis a ser utilizada pela humanidade e é definida como a matéria orgânica disponível numa base renovável que pode ser utilizada como fonte de energia, dividindo-se em quatro grupos, de acordo com a sua origem: floresta, agricultura, indústria e resíduos urbanos e industriais. Simplificando, a biomassa resulta dos subprodutos da pecuária, da agricultura, da floresta ou da exploração da indústria da madeira e da parte biodegradável dos resíduos.

No contexto de geração de energia, não podem ser considerados os combustíveis fósseis na definição de biomassa, apesar de estes serem de origem vegetal e mineral. A biomassa, contrariamente aos combustíveis fósseis, é considerada um recurso natural renovável, existindo quatro formas de a transformar em energia:

- Pirólise: a biomassa é aquecida a altas temperaturas, sem a presença de oxigénio, para acelerar a decomposição da mesma. O que sobra da decomposição é uma mistura de gases, sólidos (carvão vegetal) e líquidos (óleos vegetais);
- Gasificação: da mesma maneira que a pirólise, a biomassa também é aquecida a altas temperaturas, no entanto as temperaturas não são tão altas e apenas resulta um gás da decomposição;
- Combustão: a biomassa é queimada a altas temperaturas na presença de oxigénio, produzindo um vapor a alta pressão;
- Co-combustão: a biomassa é queimada juntamente com carvão de forma a reduzir a quantidade de emissões poluentes por unidade de energia produzida.

Não existe um programa de cálculo base para quantificar a energia da biomassa nas habitações, podemos sim ter uma estimativa da produção anual de energia para comparação da performance de dispositivo de combustão, através do coeficiente de rendimento (COP).

Apenas estão regulamentados pelo governo Português medidas para promover a produção e aproveitamento da biomassa florestal e estabelecidos limites de potência de energia inserida na rede pública de energia pelas centrais de biomassa.



Figura 12. Conceito do funcionamento de um sistema de biomassa.

2.3.5.2. TECNOLOGIA E SOLUÇÕES NO MERCADO

Em Portugal, a biomassa é usada maioritariamente para o aquecimento central do edifício. A lenha é substituída pelos pellets (Figura 13), um combustível orgânico da biomassa com maior facilidade de armazenamento e maior poder calorífico a um custo mais baixo. A combustão dos pellets para produção de calor pode ser feita através de caldeiras, salamandras e recuperadores de calor. De notar que a biomassa não permite o arrefecimento da habitação, apenas garante o aquecimento ambiente através das salamandras e recuperadores de calor e o aquecimento de águas sanitárias através das caldeiras. Para o arrefecimento da casa, teríamos que recorrer a outro tipo de sistema técnico existente no mercado.

As diferenças de preços no mercado da biomassa prendem-se essencialmente com o design, a potência e a capacidade de armazenamento dos pellets que cada dispositivo de combustão possui.



Figura 13. Pellets usados para combustão em sistemas técnicos de biomassa.

2.3.5.3. ANÁLISE CRÍTICA

A biomassa quando comparada com as outras energias renováveis, não é das que tem o maior poder calorífico e a sua dificuldade de armazenamento condiciona a sua utilização, no entanto, do ponto de vista ambiental, a biomassa é uma boa solução para o aproveitamento dos desperdícios.

Apesar das suas emissões por combustão não contribuírem para o efeito estufa, existe uma grande probabilidade de ocorrer a emissão de partículas para a atmosfera, daí ser fundamental que a biomassa seja utilizada com alguma precaução, de forma a preservar o ecossistema (120/2019, 2019).

2.3.6. BOMBA DE CALOR

2.3.6.1. PRINCÍPIO

A bomba de calor é um dispositivo com a finalidade de transferir calor de uma fonte fria para uma fonte quente, podendo ser comparado ao funcionamento inverso de um frigorífico (Figura 14). Enquanto que num frigorífico o calor é conduzido do interior para o exterior, numa bomba de calor o calor do ar é introduzido no interior da casa através do sistema de aquecimento. Para se aumentar a temperatura, o vapor do líquido refrigerante é comprimido até ser suficientemente alto.

Em média o funcionamento de uma bomba de calor usa até 75% de energia proveniente do ambiente e apenas 25% de energia elétrica podendo ser usada para aquecimento, arrefecimento e produção de AQS. O facto deste sistema requerer apenas 1 kW de alimentação elétrica para gerar entre 3 kW e 5 kW de aquecimento, permite, em Portugal, considerar este dispositivo com um sistema de energia renovável.

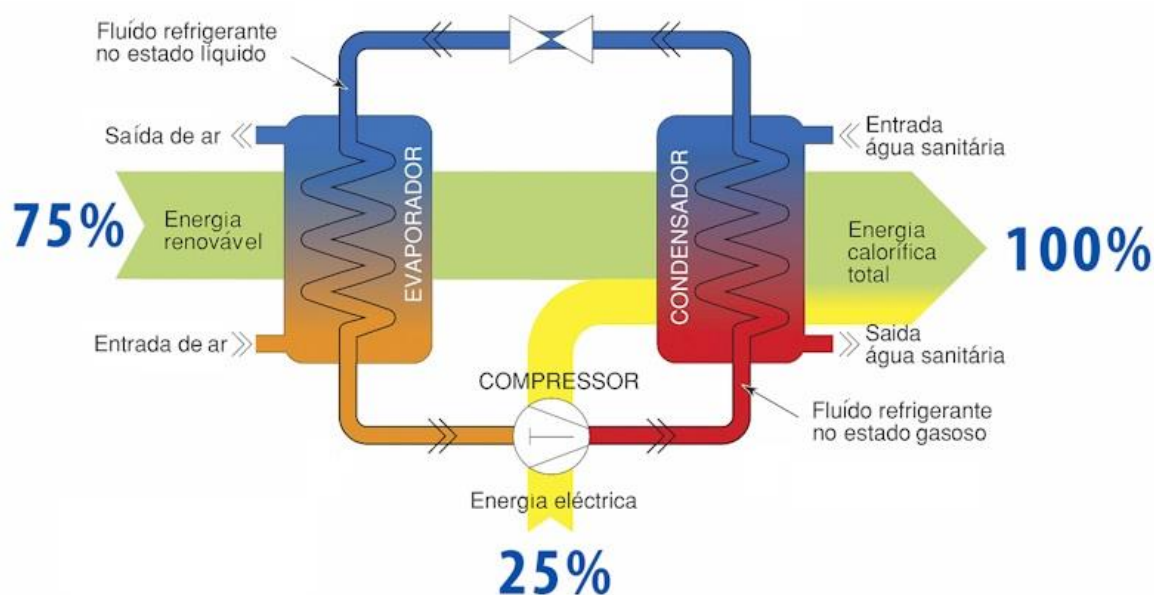


Figura 14. Princípio de funcionamento de uma bomba de calor.

2.3.6.2. TECNOLOGIA E SOLUÇÕES NO MERCADO

Em termos de tecnologia, a bomba de calor é um sistema bastante sofisticado com tecnologia de ponta, não sendo necessária muita manutenção e com um longo período de vida. O facto de utilizar fontes de energia renováveis torna este dispositivo livre de emissões poluentes. As suas soluções no mercado variam não só com a sua potência e tamanho/ capacidade do dispositivo, mas essencialmente com tipo de fonte de energia renovável a utilizar. Dependendo das particularidades de cada local, como a localização e a necessidade de calor, podem ser usados quatro tipos de fontes renováveis:

- Ar: Bomba de calor ar-água. Sistema com disponibilidade praticamente ilimitada e custos mínimos de investimento. Sendo possível neste sistema incorporar também o apoio de um sistema solar térmico para o AQS, utilizando assim menos energia elétrica.
- Solo: Bomba de calor geotérmica Terra-Água. Este sistema utiliza a energia renovável do solo, no entanto precisa sempre de energia elétrica para funcionar. O calor é retirado da terra através de um líquido, seja ele a água do poço ou um fluido anticongelante. A temperatura do líquido é posteriormente aumentada pela bomba de calor que a transferirá, sob a forma de calor, para o interior do edifício. Este processo pode ser revertido no Verão para permitir o arrefecimento do edifício. A sua instalação exige ter terreno disponível pois é necessária a introdução de uma sonda vertical ou coletor horizontal no solo.
- Água: Bomba de calor água-água. Possui uma eficiência especialmente elevada em climas frios que tenham elevadas necessidades de aquecimento. É preciso ter atenção à qualidade da água introduzida no dispositivo.
- Calor residual: Bomba de calor ar-ar. São as bombas mais comuns no mercado, apenas permitem a sua utilização para aquecimento e arrefecimento. Dependem muito da disponibilidade, quantidade e nível da temperatura do calor residual.

De modo a comparar a performance das várias soluções de bombas de calor existentes no mercado é usado um coeficiente de rendimento anual (valor COP). O coeficiente de rendimento COP (Coefficient of Performance) é a relação de calor emitido e a potência absorvida. O coeficiente de rendimento anual é a média dos valores COP ocorridos durante um ano e serve para comparar bombas de calor em termos de eficiência, sendo que o valor COP apenas existe num dado momento de funcionamento e a temperaturas de funcionamento estabelecidas. Para a planificação de uma instalação, o seu funcionamento deve ser observado durante todo o ano. Para tal, é fixada a quantidade de calor emitida durante o ano relativamente ao trabalho elétrico realizado pela instalação da bomba de calor durante o mesmo intervalo de tempo. Deve ter-se em conta as quotas de corrente das bombas, sistemas de controlo, etc. o resultado é conhecido como coeficiente de rendimento anual.

2.3.6.3. ANÁLISE CRÍTICA

Embora este sistema requeira energia primária para ser utilizado, o balanço de energia consumida e energia produzida é bastante positivo, daí ser considerado um dos mais eficientes no mercado. Os diferentes tipos de instalações e de fontes de energia renováveis, permitem ao seu utilizador optar pela solução mais vantajosa e conveniente de acordo com as propriedades do seu edifício (nomeadamente o espaço, localização e envolvente construtiva do mesmo). A eficiência energética da bomba de calor vai depender muito da envolvente dos edifícios, pois caso estes não estejam devidamente otimizados em termos energéticos, os gastos de energia primária passam a ser demasiado altos, mesmo que os coeficientes de eficiência energética dos aparelhos sejam elevados.

2.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO

A Diretiva europeia introduz o conceito de NZEB e estabelece um conjunto de orientações para que cada estado membro da UE possa concretizá-las nos seus regulamentos nacionais.

Para compreender como é que cada estado membro procedeu à transposição da diretiva para os seus próprios regulamentos, são analisados neste capítulo os regulamentos do desempenho energético de países como França, Espanha, Itália e Portugal. Com base na diretiva europeia e consoante as necessidades energéticas de cada país, são introduzidos nestes regulamentos definições e medidas para a implementação de edifícios NZEB. De notar, cada país concretizou a Diretiva de forma distinta, resultando assim num conjunto diferenciado de estratégias no panorama europeu.

Apesar de cada Estado Membro prosseguir uma estratégia própria, só é possível chegar ao conceito de edifício NZEB com a introdução de energias renováveis, assim sendo, todos os países terão que introduzir nos regulamentos medidas para o uso de energia sustentável através dos sistemas de energias renováveis. Neste capítulo são analisados os quatro tipos de sistemas de energias renováveis mais usados na implementação de edifícios NZEB: o sistema solar térmico, o sistema solar fotovoltaico, a biomassa e a bomba de calor. Para cada um destes sistemas são estudados, para além do seu conceito e funcionamento, as diversas opções de tecnologias e soluções existentes no mercado atual.

3

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO MODELO DA PORTARIA N.º 98/2019

3.1. INTRODUÇÃO

Atendendo ao objetivo de nesta tese de mestrado se quantificar o impacto da nova legislação na construção de edifícios NZEB, é importante conhecer a legislação que diz respeito a este tipo de edifícios. Assim sendo, para o país onde vou aplicar os meus casos práticos - Portugal - é necessário conhecer e detalhar a legislação atual.

No presente capítulo é apresentada ao detalhe a Portaria n.º 98/2019, modelo em vigor em solo lusitano desde 2 de abril de 2019. Esta aborda essencialmente os conceitos do ambiente e transição energética. Este modelo tem grande importância para a elaboração desta tese, na medida em que concretiza a transposição das diretivas europeias EPBD2010 e EPBD2018 (diretivas estas que definem e abordam o conceito NZEB na UE). Este instrumento, tendo por base as diretivas europeias, estipula exigências e medidas para a construção de edifícios com necessidades quase nulas de energia em Portugal.

É analisado cada ponto deste modelo, sublinhando todas as restrições e condicionantes impostas para o cumprimento da legislação. De notar que qualquer construção NZEB em Portugal terá que seguir ao detalhe este modelo, cumprindo, sem exceção, com todos os requisitos impostos.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

3.2.1. DEFINIÇÃO E EXIGÊNCIAS NZEB

O modelo 98/2019 reporta-se ao artigo 9º da diretiva europeia n.º 2010/31/EU para definir os edifícios com necessidades quase nulas de energia, conhecidos por NZEB, definindo-os como edifícios com necessidades quase nulas de energia, caracterizados por apresentarem um desempenho energético muito elevado, e terem as suas necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas, cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, seja produzida no local ou nas proximidades.

Nos termos desta diretiva, imputou-se aos Estados Membros o dever de assegurarem que:

- O mais tardar em 31 de dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia;
- Após 31 de dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia.

Portugal, enquanto estado membro da UE, transpõe estes prazos em forma de tabela para o modelo, comprometendo-se a cumprir e aplicar os termos impostos.

Tabela 1. Prazos estabelecidos pela Portaria n.º 98/2019 para a implementação da construção nova NZEB em Portugal.

Contexto	Exigências NZEB a...	
	Edifícios na propriedade de uma entidade pública e a ser ocupados por uma entidade pública	Todos os edifícios abrangidos pelo DL 118/2013 de 20 agosto
Licenciamento/ autorização de edificação		
A partir de 1 janeiro de 2019	X	
A partir de 1 janeiro de 2021		X

Esta tabela estabelece a aplicação das exigências NZEB em função da data de início de licenciamento ou de autorização de edificação. No período em que nos encontramos, já é obrigatório as exigências NZEB em edifícios novos destinados a entidades públicas, e no início do ano de 2021 serão abrangidos também por estas exigências todos os restantes edifícios de construção nova.

Para além dos prazos de aplicação das exigências NZEB demonstrados na tabela anterior, são estabelecidos pela Portaria n.º 98/2019 parâmetros que impõem necessidades energéticas dos edifícios de habitação de necessidades quase nulas de energia (NZEB).

3.2.2. ZONAMENTO CLIMÁTICO

Em termos de exigências energéticas, este regulamento separa os parâmetros pela zona climática correspondente à localização do edifício em questão. As zonas climáticas são áreas com climas diferentes. Portugal sendo um país de clima variável, regista grandes diferenças de temperaturas ao longo do país. Não é possível contruir o mesmo tipo de habitação, com as mesmas características construtivas, no Norte e no Sul de Portugal. Uma habitação situada no Norte será exposta a outro tipo de clima do que no Sul, um clima que irá exigir outras soluções construtivas, de forma a conservar o bem-estar e conforto no interior da habitação. O REH estabelece medidas de construção para cada município de acordo com o seu zoneamento climático. De acordo com as temperaturas registadas em cada município, é feita uma divisão em 3 zonas climáticas para o inverno (I1, I2 e I3) e 3 zonas climáticas para o verão (V1, V2 e V3). O zoneamento, no inverno é definido pelo número de graus-dia (GD) e no verão é definida através da temperatura média exterior.

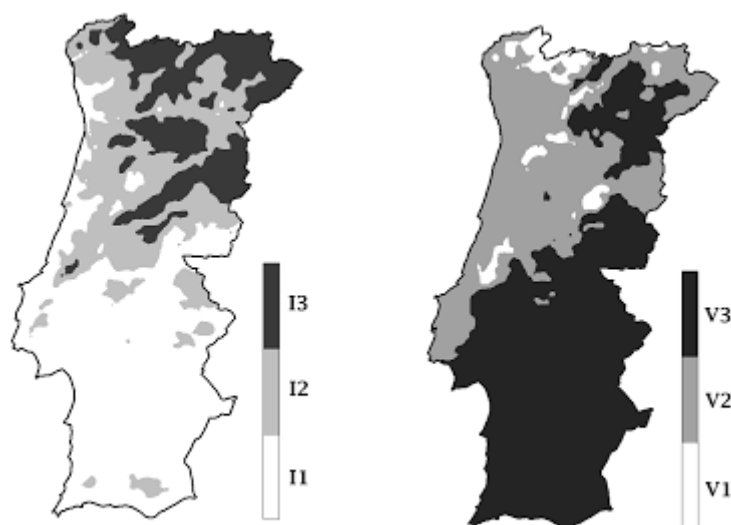


Figura 15. Zona climática de Inverno (esquerda) e de Verão (direita) no continente, segundo o REH (F, 2013).

Observando a Figura 15, podemos ver que tanto para o período de aquecimento, como para o período de arrefecimento, a zona climática mais abrangente em Portugal é a zona 1. Zona esta, que irá abranger um maior número de habitações, sendo por isso alvo de grande importância.

3.2.3. NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (N_{ic})

Uma das medidas da Portaria n.º 98/2019 para edifícios NZEB situados nas zonas climáticas I1, I2 e I3, tendo em vista a melhoria do comportamento térmico, a prevenção de patologias, o conforto ambiente e a redução das necessidades energéticas destes edifícios consiste na restrição das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}). Segundo o dispositivo legal “O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) para edifícios de necessidades quase nulas de energia deve ser inferior ou igual a 75 % do seu valor máximo (N_i).”

Segundo o despacho n.º 15793-I/2013, firmado de acordo com DL118/2013, as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento são determinadas, de acordo com as disposições da norma europeia EN ISO 13790, considerando:

- O método sazonal de cálculo de necessidades de aquecimento de edifícios e as adaptações permitidas pela referida norma;
- Cada edifício e/ou fração autónoma do edifício como uma única zona, com as mesmas condições interiores de referência;
- A ocorrência dos fenómenos envolvidos em regime permanente, integrados ao longo da estação de aquecimento.

É calculado para a estação de aquecimento (inverno), através da seguinte expressão:

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}) / A_p \quad [\text{kWh/m}^2\text{ano}] \quad (1)$$

Em que:

- Q_{tr,i} - Transferência de calor pela envolvente do edifício que ocorre por transmissão resultante das diferenças de temperatura na estação de aquecimento entre o interior e exterior do edifício, [kWh];
- Q_{ve,i} - Perdas de calor por ventilação correspondentes à renovação do ar interior do edifício na estação de aquecimento, [kWh];

- $Q_{gu,i}$ - Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes, [kWh];
- A_p - Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, [m²].

Para determinação do valor máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_i), é realizado o cálculo através da mesma expressão que do N_{ic} , no entanto, para esta expressão são considerados os parâmetros e as condições de referência seguintes:

- a) O valor de referência da transferência de calor por transmissão através da envolvente, $Q_{tr,i,ref}$, deve ser determinado considerando:
 - i. Coeficientes de transmissão térmica superficial de referência (U_{max}) para elementos opacos e envidraçados previstos na Tabela 1, em função do tipo de elemento da envolvente e da zona climática;
 - ii. Coeficientes de transmissão térmica linear (ψ_{ref}) indicados na Tabela 2, em função do tipo de ligação entre elementos da envolvente do edifício;
 - iii. Área de vãos até 20% da área interior útil de pavimento do edifício, devendo a eventual área excedente ser somada à área de envolvente opaca exterior, sendo que para ambos os tipos de elementos devem ser usados os respetivos U_{ref} referidos na subalínea i.
- b) O valor de referência da transferência de calor por ventilação através da envolvente, $Q_{ve,i,ref}$, deve ser determinado considerando uma taxa de renovação de ar de referência ($R_{ph,ref}$) igual à taxa de renovação para o edifício em estudo, até um máximo de 0,6 renovações por hora.
- c) O cálculo dos ganhos de calor úteis $Q_{gu,i,ref}$, deve ser determinado considerando:
 - i. Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar ($Q_{sol,i} = G_{sol} \times 0,182 \times 0,20A_p$) e internos.
 - ii. Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento de referência unitário ($\eta_{i,ref} = 0,60$).

O valor de N_{ic} terá que ser inferior ou igual a 75% do valor máximo de N_i , calculado com a mesma expressão, no entanto através dos seus valores de referência, que por sua vez interferem na constituição do edifício, não só na sua envolvente, mas também na ventilação e nos ganhos térmicos através dos vãos envidraçados.

Tabela 2. Valores máximos do coeficiente de transmissão térmica (U) segundo a legislação em vigor em Portugal continental.

U _{max} [W/(m ² .°C)]		Zona Climática		
Portugal Continental				
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada e vigor do presente regulamento		
		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas b _{tr} ≥0.7	Elementos opacos verticais	0.50	0.40	0.35
	Elementos opacos horizontais	0.40	0.35	0.30

em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis	Elementos opacos verticais	0.80	0.70	0.60
com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} \leq 0.7$	Elementos opacos horizontais	0.60	0.60	0.50
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2.80	2.40	2.20
Elementos em contacto com o solo		0.50		

Tabela 3. Valores de referência dos coeficientes de transmissão térmica lineares (ψ_{ref}) de acordo com os tipos de ligação.

Tipo de ligação	Ψ_{ref} [W/(m.°C)]
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio (*) Fachada com varanda (*)	0.50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0.40
Fachada com caixilharia Zona da caixa de estore	0.20

(*) Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação.

3.2.4. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (Ntc)

Como é definido pela Portaria, os edifícios NZEB terão que ter as suas necessidades energéticas quase nulas ou próximas de zero, assim sendo, este modelo de forma a reduzir os consumos de energia primária, estabelece um limite de energia primária para edifícios situados nas zonas climáticas I1, I2 e I3.

“O valor das necessidades energéticas nominais de energia primária (Ntc) para edifícios de necessidades quase nulas de energia deve ser inferior ou igual a 50 % do seu valor máximo (Nt).”

As necessidades nominais de energia primária (Ntc), dadas em [kWh/m²ano], resultam da soma da energia primária necessária para aquecimento (Nic), arrefecimento (Nvc), produção de águas quentes sanitárias (AQS) e ventilação mecânica (Wvm/Ap), sendo este somatório deduzido com o eventual uso de energias renováveis (Eren,p/Ap), dada pela expressão:

$$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad \left[\frac{\text{kWh}_{EP}}{\text{m}^2 \cdot \text{ano}} \right] \quad (2)$$

Em que:

Nic – Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k, [kWh/(m².ano)];

fi,k – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k;

Nvc – Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k, [kWh/(m².ano)];

fv,k – Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k;

Qa – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k, [kWh/ano];

fa,k – Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k;

ηk – Eficiência do sistema k, que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima;

j – Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável;

p – Fontes de origem renovável;

Eren,p – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p, [kWh/ano], incluindo apenas energia consumida;

Wvm – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano];

Ap – Área interior útil de pavimento [m²];

Fpu,j e Fpu,p – Fator de conversão de energia útil para energia primária, [kWhEP/kWh];

δ – Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento (Nvc) em que pode tomar o valor de 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

Na aplicação das expressões de cálculo referidas anteriormente devem ser observadas as regras e orientações metodológicas descritas nas seguintes secções e as apresentadas abaixo:

- a) O somatório das parcelas das necessidades de energia útil para cada um dos diferentes usos tem de ser igual a 1.
- b) O somatório da energia produzida a partir de fontes de origem renovável, destinada a suprir diferentes usos, deverá ser menor ou igual à energia consumida para esse tipo de uso.

Para o cálculo do valor máximo das necessidades energéticas nominais de energia primária (Nt), são utilizados valores de referência da eficiência dos sistemas para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e de preparação AQS, na seguinte expressão:

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad \left[\frac{\text{kWh}_{EP}}{\text{m}^2 \cdot \text{ano}} \right] \quad (3)$$

Em que:

Ni - Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m2.ano)];

Nv - Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m2.ano)];

Qa - Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k [kWh/ano];

fi,k - Parcela das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência k;

fv,k - Parcela das necessidades de energia de arrefecimento supridas pelo sistema de referência k;

fa,k - Parcela das necessidades de energia de preparação de AQS supridas pelo sistema de referência k;

ηref,k - Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS, conforme tabelados;

j - Fonte de energia;

Ap - Área interior útil de pavimento [m2];

Fpu,j - Fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, em quilowatt – hora de energia primária por kwh [kWhEP/kWh].

Em suma, quanto maior o uso das energias renováveis menor será a necessidade de recorrer à energia primária, tornando mais fácil o cumprimento deste parâmetro. Obtendo assim valores de necessidades energética nominais (Ntc) 50% mais baixos que os seus valores de referência (Nt).

3.2.5. NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO NULAS

A Portaria n.º 98/2019 em estudo estabelece que “Para a zona climática I1, zona mais abrangente em Portugal Continental, caso a relação Nic/Ni seja inferior ou igual a 0,6 e o fator solar máximo (gT_{max}) dos vãos envidraçados seja inferior ou igual a 0,15, considera -se que o edifício tem apenas necessidades de aquecimento efetivas pontuais, pelo que o valor de Nic , no cálculo das necessidades nominais anuais de energia primária é nulo.” (Portaria, 2019)

As necessidades para aquecimento irão ser tão maiores de acordo o clima exterior e a temperatura que passa para o interior do edifício. O clima exterior estará definido pelo seu zoneamento climático e quanto à temperatura interior, esta vai depender não só da envolvente do edifício, mas também do tipo e o número de vãos envidraçados da habitação. É importante conhecer as características do vão envidraçado (gT), saber se este possui ou não proteção solar, o tipo de material da proteção solar, como esta está aplicada a proteção solar em relação ao envidraçado e o tipo de envidraçado.

Tabela 4. Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados (gT_{max}).

gT_{max}	Zona climática		
Classe Inércia	V1	V2	V3
Fraca	0.15	0.10	0.10
Média	0.56	0.56	0.50
Forte	0.56	0.56	0.50

Assim sendo, de acordo com a Tabela 4, apenas serão desprezadas as necessidades de energia primária para aquecimento (Nic) em edifícios que apresentem uma classe de inércia fraca. Em todas as zonas climáticas de verão de inércia fraca, o fator solar máximo é sempre inferior ao valor de 0,15, regulamentado pela Portaria n.º 98/2019. Para as restantes classes de inércia, média e forte, devem ter sempre em conta o valor da energia primária para aquecimento para o cálculo das necessidades de energia primária (Ntc).

3.2.6. APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

No âmbito do aproveitamento das energias renováveis, e indo ao encontro das necessidades anuais de energia primária, é estabelecido pela Portaria que os sistemas de energias renováveis instalados nos edifícios com necessidades energéticas quase nulas devem suprir pelo menos 50% da energia primária necessária anualmente.

Isto leva à introdução de sistemas de energias renováveis nos edifícios NZEB, restringindo valores para que o uso da energia renovável possa suprir em mais de metade a energia primária. O ideal seria, independentemente do tipo de sistema de energias renováveis a utilizar, alcançar valores próximos de zero, ou até mesmo zero, na necessidade de energia primária. O que distingue os tipos de sistemas de energia renováveis a utilizar, será os gastos económicos e a quantidade de energia produzida por cada um.

3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Ao longo do terceiro capítulo analisou-se ao detalhe a Portaria n.º 98/2019 e pode-se concluir que no que toca ao conceito de edifício NZEB, este modelo apresenta não só um limite de datas para a implementação da construção NZEB, mas também um conjunto de medidas e exigências a serem cumpridas a quando na construção deste tipo de edifícios.

Assim sendo, esta Portaria estabelece uma data a partir da qual todos os edifícios novos passem a ser do tipo NZEB e aplica novas exigências no âmbito das necessidades de energia para aquecimento, das necessidades de energia primária e do uso de energias renováveis para suprimir a energia primária. Todas estas exigências devem ter em conta a zona climática onde o edifício se situa, de forma a encontrar uma solução economicamente viável e energeticamente eficiente para um determinado tipo de clima.

Tabela 5. Resumo das exigências NZEB estabelecidas pela Portaria n.º 98/2019 de acordo com o zoneamento climático.

Zona Climática	Exigências NZEB
I1, I2 e I3	$N_{ic} \leq 0.75 N_i$
I1, I2 e I3	$N_{tc} \leq 0.50 N_t$
I1	Para $N_{ic}/N_i \leq 0.60$ e $gT_{max} \leq 0.15$ $N_{ic}=0$ no cálculo do N_{tc}
I1, I2 e I3	Energia renovável ≥ 0.50 Energia primária

4

APLICAÇÃO DA PORTARIA N.º 98/2019 A UM CASO DE ESTUDO

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atendendo ao objetivo de conhecer e aplicar em termos práticos as condicionantes exigidas pela Portaria, neste capítulo serão abordados vários casos de estudo que simulem a construção de um edifício NZEB. Para tal, em dois projetos de construção NZEB existentes, serão alteradas algumas condicionantes. A mudança e substituição destas condicionantes tem o propósito de criar várias simulações que retratem uma solução de construção para um edifício NZEB. Com base nesta alteração de parâmetros é possível perceber de que forma as exigências estabelecidas pela portaria condicionam a construção de edifícios NZEB.

O primeiro parâmetro a sofrer alterações é o da localização do edifício. Vão ser analisados casos para diferentes concelhos de Portugal Continental, de acordo com todas as combinações possíveis entre as zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e as zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3) existentes em Portugal. A construção no Norte é substancialmente diferente da construção no Sul, face às alterações climáticas existentes. Este parâmetro relacionado com a alteração das zonas climáticas procura encontrar a diferença das exigências NZEB para cada uma das zonas climáticas de Portugal. De notar que todas as simulações são realizadas para o mesmo tipo de envolvente, pelo que é necessário ter em conta que diferentes zonas climáticas requerem soluções construtivas diferentes. A envolvente adotada nas simulações, é uma envolvente com soluções construtivas que proporcionam uma grande eficiência energética para edifícios localizados na zona do Porto, zona climática I1V2. Por fim, serão realizadas simulações de acordo com os sistemas técnicos para produção de energias renováveis, abordados no capítulo dois (sistema solar térmico, sistema solar fotovoltaico, biomassa e bomba de calor).

Com a aplicação do modelo às simulações realizadas, é possível, através da comparação dos resultados das simulações com os valores limites exigidos pela Portaria n.º 98/2019, prever o impacto, tanto positivo como negativo, que esta nova legislação terá aquando a construção de edifícios residenciais NZEB. No subcapítulo do estudo de sensibilidade são analisados todos os resultados, podendo extrair-se, no final desta análise, quais das simulações cumpriram com as exigências do regulamento e quais os motivos para o incumprimento das restantes simulações.

4.2. CASO DE ESTUDO – APARTAMENTO DE ALTO DESEMPENHO

4.2.1. DESCRIÇÃO DA FRAÇÃO X

A fração X, pertence a uma das vinte e duas frações de um edifício de construção nova de oito pisos, destinado unicamente a habitação. As frações deste edifício variam entre a tipologia T3 e T4. A fração em estudo é da tipologia T3, composta por sala, cozinha, três quartos, cinco instalações sanitárias, áreas técnicas, circulações interiores e varandas, no segundo piso. O facto desta fração se situar

entre pisos, ou seja, em contacto com frações no piso superior e frações no piso inferior, faz com que sejam desprezadas as transferências térmicas pela cobertura e pelo pavimento, pois presume-se que as restantes frações do edifício sejam expostas às mesmas condições térmicas que a fração em estudo. O caso mais desfavorável nesta situação seria uma fração localizada na zona da cobertura com o maior número possível de paredes em contacto com o exterior. Neste caso as perdas térmicas pelo exterior seriam muito superiores, requerendo o desenvolvimento de uma envolvente mais isoladora ou o uso de energia primária para aquecimento ou arrefecimento ambiente, de forma a compensar as perdas térmicas existentes pelo exterior (melhorando, consequentemente, o conforto térmico no interior da fração).

Um dos parâmetros mais importantes na descrição do edifício é a sua localização. Partindo deste parâmetro é possível conhecer exatamente em que zona climática o edifício se encontra, bem como a altitude e a distância à costa do mar do edifício em estudo. Como na realização das simulações um dos fatores a ter em conta é a combinação das diferentes zonas climáticas existentes em Portugal - e estando as zonas climáticas relacionadas com a localização do edifício - a localização do edifício será diferente, variando de acordo com as combinações de zonas climáticas existentes e mais comuns em Portugal.



Figura 16. Localização da fração X face às frações adjacentes do edifício.

4.2.2. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Este edifício é considerado um edifício de alto desempenho devido às soluções construtivas adotadas, otimizadas para uma boa performance da envolvente e, por conseguinte, proporcionando um melhor conforto térmico no seu interior. A envolvente do edifício para as simulações realizadas mantém-se sempre a mesma. Sendo assim, a fração apresenta na envolvente exterior uma fachada ventilada com uma espessura de 0.37m (PDE), pontes térmicas planas exteriores na viga situada na varanda e nos pilares da fachada (PTPDE), um pavimento exterior em cerâmico com caixa de ar e isolamento (PVE) e vãos envidraçados com caixilharia metálica em alumínio de corte térmico, com vidro duplo e proteção solar ou pelo interior ou pelo exterior (VE).

Para a envolvente interior, este edifício apresenta três tipos de paredes interior, cada uma de acordo com a sua zona de contacto. Teremos assim uma parede simples de betão armado, com isolamento térmico pelo interior em contacto com a caixa de elevador (PDI1), uma parede dupla com isolamento térmico entre os panos de tijolo e de betão armado, também em contacto com a caixa de elevador (PDI2) e uma parede simples de betão armado, com isolamento térmico pelo exterior, em contacto com a varanda (PDI3). Para além das paredes interiores, esta envolvente interior apresenta um pavi-

mento interior com isolamento pelo exterior (PVI) e um envidraçado interior em contacto com a varanda com caixilharia metálica em alumínio de corte térmico com vidro duplo e com proteção pelo interior (VI).

Os coeficientes de transmissão térmica de cada uma das soluções construtivas adotadas na envolvente da fração estão apresentados na Tabela 6 (assim como os respetivos coeficientes de transmissão térmica máximos).

Tabela 6. Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas adotadas na envolvente da fração em estudo.

Solução construtiva		U (W/m2.°C)	Umax (W/m2.°C)
Paredes exteriores	PDE1	0.40	0.50
Pontes térmicas planas exteriores	PTPDE1	0.43	0.90
	PTPDE2	0.45	0.90
Pavimentos exteriores	PVE1	0.34	0.40
Vãos envidraçados exteriores	VE1	1.66	2.80
	VE2	1.68	2.80
	VE3	1.49	2.80
Paredes interiores	PDI1	0.71	2.00
	PDI2	0.65	2.00
	PDI3	0.40	2.00
Pavimentos interiores	PVI1	0.34	0.40
Vãos envidraçados interiores	VI1	1.48	2.8

Todos estes valores dos coeficientes de transmissão térmica apresentados no quadro anterior cumprem todos os requisitos térmicos máximos do REH, relativamente á qualidade da envolvente térmica.

As caixilharias dos vãos envidraçados exteriores VE1, VE2 e VE3 são de alumínio com corte térmico, com classe de permeabilidade ao ar 3 e vidro duplo incolor. A proteção solar dos envidraçados é feita pelo exterior nos envidraçados VE1 e pelo interior nos envidraçados VE2 e VE3, através de um painel deslizante em grelha de lâminas metálicas orientáveis com uma cortina opaca de cor clara no interior.

A Tabela 7, apresenta os valores do fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície ($g_{\perp,vi}$) e do fator solar do vão envidraçado com as proteções solares totalmente ativadas ($g_{\perp,T}$) para os vários tipos de vãos envidraçados em estudo. Como para todos os vãos envidraçados definidos o fator solar é menor que o fator solar máximo de 0,15, nas simulações localizadas na zona climática I1, as necessidades nominais anuais de energia primária para aquecimento (N_{ic}) podem ser desprezadas entrando como nulas no cálculo das necessidades nominais de energia primária (N_{tc}).

Tabela 7. Fator solar dos envidraçados.

Tipo de Envidraçados	$g_{\perp,vi}$	$g_{\perp,T}$
VE1	0.33	0.02
VE2	0.33	0.09
VE3	0.33	0.09

Na Tabela 8, são apresentados os coeficientes de transmissão térmica lineares considerados no estudo desta fração, bem como os valores de referência (ψ_{ref}), obtidos através da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro.

Tabela 8. Coeficientes de transmissão térmica lineares [W/(m.°C)] para as pontes térmicas lineares existentes na envolvente da fração em estudo.

Ref. ^a	Tipo de ligação	Coeficientes de transmissão térmica lineares [W/(m.°C)]	
		ψ	ψ_{ref}
PTLE1	Fachada com varanda	0.60	0.50
PTLE2	Duas paredes verticais em angulo saliente	0.40	0.40
PTLE3	Fachada com caixilharia	0.25	0.20
PTLE4	Fachada com pavimento sobre o exterior ou ENU	0.55	0.50

O cálculo das perdas de calor por transmissão em elementos que separam o espaço com condições de referência de espaços com temperatura ambiente diferente do ar exterior, como é o caso dos elementos pertencentes à envolvente interior, será afetado pelo coeficiente de redução de perdas btr, que traduz a redução da transmissão de calor.

Tabela 9. Valores do coeficiente de redução de perdas (btr) para os espaços não uteis (ENU) adotados.

Tipo de espaço não útil	Ai/Au	Venu	Ventilação	btr
Edifício Adjacente	-	-	-	0.60
Elevador	Ai/Au≥4	50<V≤200 m3	fraca	0.40
Varanda	Ai/Au<0.50	V≤50 m3	forte	1.00
Zona Comum- Halls de entrada	Ai/Au<0.50	V>200 m3	forte	1.00

No edifício a ventilação é realizada através de um sistema mecânico com admissão natural através de grelhas autorreguláveis, instaladas na envolvente dos quartos e salas, e extração de ar nas instalações sanitárias e closet's, através de uma rede de condutas interligadas a ventiladores instalados no teto falso das frações.

Quanto à produção de águas quentes sanitárias, ao aquecimento e ao arrefecimento da fração, estes são assegurados quando possível, por um sistema de energias renováveis. São realizadas várias simulações, cada uma para as quatro energias renováveis adotadas, a saber, o sistema solar térmico, o sistema solar fotovoltaico, a biomassa e a bomba de calor. Os valores atribuídos a cada sistema quanto às energias renováveis, são calculados através do programa de cálculo SCE.ER, sistema de certificação de edifícios para energias renováveis que estabelece valores mínimos de acordo com as características da fração e a montagem do sistema.

As tabelas seguintes estabelecem algumas características usadas para a instalação dos sistemas técnicos. Nem sempre foi possível recorrer unicamente a sistemas de energias renováveis para satisfazer todas as funções, sendo, por isso, necessário recorrer ao apoio de sistemas elétricos, como por exemplo o esquentador e o ar-condicionado. Para tornar as simulações o mais semelhante possível, foram introduzidas, no programa de cálculo, as mesmas características e potências dos sistemas de energia elétrica.

Tanto as áreas dos coletores como a quantidade de EREN produzida para abastecimento da fração T3, estão de acordo com os requisitos mínimos necessários para o bom funcionamento de todos os equipamentos. É possível ao introduzir estes dados no programa de cálculo, conhecer o consumo final de energia de cada sistema técnico.

Tabela 10. Sistema solar térmico - características e sistemas de apoio.

Identificação do sistema	Função	Potência (kW)	Área total de coletores (m²)	Produtividade (kWh/m²) Coletores	EREN (kWh/ano)	Consumo Energia Final (kWh/ano)
Esquentador elétrico	AQS	19.20	-	-	-	830.70
Ar-condicionado elétrico	Aquecimento	15.50	-	-	2124.05	663.76
	Arrefecimento	15.50	-	-	1003.64	189.37
Painel solar térmico	AQS	-	2.72	542.28	1475.00	-
	Aquecimento	-	2.72	542.28	1475.00	-

Tabela 11. Sistema solar fotovoltaico - características e sistemas de apoio.

Identificação do sistema	Função	Potência (kW)	Área total de coletores (m²)	Produtividade (kWh/m²) Coletores	EREN (kWh/ano)	Consumo Energia Final (kWh/ano)
Esquentador elétrico	AQS	19.20	-	-	-	2674.45
Ar-condicionado elétrico	Aquecimento	15.50	-	-	3383.72	1057.41
	Arrefecimento	15.50	-	-	985.32	185.91
Painel solar fotovoltaico	AQS	-	2.72	509.00	1475.00	-
	Aquecimento	-	2.72	509.00	811.25	-
	Arrefecimento	-	2.72	509.00	191.75	-

Tabela 12. Biomassa - características e sistemas de apoio.

Identificação do sistema	Função	Potência (kW)	Eficiência do equipamento	EREN (kWh/ano)	Consumo Energia Final (kWh/ano)
Caldeira-Biomassa	AQS	18.00	0.75	2852.74	2852.74
Recuperador de calor-Biomassa	Aquecimento	18.00	0.75	2317.03	2317.03
Ar-condicionado elétrico	Aquecimento	15.50	4.20	1324.02	413.76
	Arrefecimento	15.50	6.30	1073.47	202.54

Tabela 13. Bomba de calor – características.

Identificação do sistema	Função	Potência (kW)	Eficiência do equipamento	EREN (kWh/ano)	Consumo Energia Final (kWh/ano)
Bomba de calor	AQS	20.03	3.05	1360.12	701.49
	Aquecimento	15.50	4.20	7269.51	2138.09
	Arrefecimento	15.50	6.30	672.87	116.01

4.2.3. SIMULAÇÕES

Tendo em conta as soluções construtivas e toda a envolvente descrita no subcapítulo anterior, são realizadas para a fração X um total de vinte e quatro simulações apresentadas na Tabela 14. Cada uma das simulações terá em conta todas as combinações possíveis entre o zoneamento climático de inverno e o zoneamento climático de verão em Portugal. Para cada uma destas combinações serão introduzidos os diferentes tipos de sistemas técnicos de energias renováveis em estudo. No programa de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, de acordo com o REH, foram inseridas todas as características do imóvel, os requisitos de envolvente interior, como de envolvente exterior, a ventilação e os sistemas técnicos. Para a realização das simulações e obtenção de resultados, os parâmetros alterados na folha de cálculo são: características do imóvel, localização do edifício e o tipo de sistemas técnicos de energias renováveis.

Tabela 14. Identificação dos vários cenários de simulações realizadas de acordo com a zona climática e o tipo de sistema técnico de energias renováveis utilizado.

Zona climática	Sistema técnico de EREN	Referência da simulação
I1/V2	Sistema solar térmico	XI1V2SST
	Sistema solar fotovoltaico	XI1V2SSF
	Biomassa	XI1V2B
	Bomba de calor	XI1V2BC
I1/V3	Sistema solar térmico	XI1V3SST
	Sistema solar fotovoltaico	XI1V3SSF
	Biomassa	XI1V3B
	Bomba de calor	XI1V3BC
I2/V2	Sistema solar térmico	XI2V2SST
	Sistema solar fotovoltaico	XI2V2SSF
	Biomassa	XI2V2B
	Bomba de calor	XI2V2BC
I2/V3	Sistema solar térmico	XI2V3SST
	Sistema solar fotovoltaico	XI2V3SSF
	Biomassa	XI2V3B
	Bomba de calor	XI2V3BC
I3/V1	Sistema solar térmico	XI3V1SST
	Sistema solar fotovoltaico	XI3V1SSF
	Biomassa	XI3V1B
	Bomba de calor	XI3V1BC
I3/V2	Sistema solar térmico	XI3V2SST
	Sistema solar fotovoltaico	XI3V2SSF
	Biomassa	XI3V2B
	Bomba de calor	XI3V2BC

4.3. QUANTIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO- PORTARIA N.º 98/2019

A Portaria estabelece, através de diversos parâmetros, valores limites para o cumprimento da legislação portuguesa. Na aplicação da Portaria às simulações realizadas foram utilizados estes parâmetros como valores de referência. Estes, quando comparados com os valores das simulações, ditam o cumprimento da legislação. Sempre que um dos valores obtido na simulação não respeitar os valores limites de referência correspondentes, a simulação está em incumprimento legal, pelo que o projeto pertencente à simulação terá que ser reformulado de forma a cumprir os requisitos estabelecidos pela Portaria. Basta apenas um dos parâmetros estar em incumprimento para que a simulação seja rejeitada.

Os parâmetros usados para termos de comparação que estabelecem os requisitos estabelecidos pela Portaria são os seguintes: a relação entre as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}/N_i), a relação entre as necessidades energéticas nominais de energia primária (N_{tc}/N_t), o fator solar máximo (gT_{max}) dos vãos envidraçados e a percentagem de energias renováveis.

De forma a conhecer as necessidades de energia primária de cada simulação e em como estas necessidades podem ser suprimidas por energias renováveis foram calculados os valores das necessidades nominais e limite de energia útil para aquecimento e arrefecimento, os valores das necessidades nominais e limite de energia primária e os valores da energia fornecida pelos sistemas de energias renováveis. Na Tabela 15 apresentam-se os indicadores energéticos de cada uma das simulações realizadas para a fração X.

Tabela 15. Indicadores energéticos das simulações realizadas.

Ref. Simulação	Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	EREN (kWh/ano)	EREN %	CE
XI1V2SST	19.11	31.79	0.60	7.02	9.13	0.77	25.28	65.39	0.39	5548	75.10	A
XI1V2SSF	19.11	31.79	0.60	7.02	9.13	0.77	21.39	65.39	0.33	6200	79.94	A
XI1V2B	19.11	31.79	0.60	7.02	9.13	0.77	13.00	51.85	0.25	7567	89.89	A+
XI1V2BC	19.11	31.79	0.60	7.02	9.13	0.77	27.61	46.04	0.60	5134	71.11	B
XI1V3SST	9.63	17.57	0.55	14.38	18.97	0.76	22.56	63.14	0.36	5359	76.56	A
XI1V3SSF	9.63	17.57	0.55	14.38	18.97	0.76	18.67	63.14	0.30	6011	81.58	A
XI1V3B	9.63	17.57	0.55	14.38	18.97	0.76	13.10	46.83	0.28	6886	87.85	A
XI1V3BC	9.63	17.57	0.55	14.38	18.97	0.76	24.93	42.67	0.58	4943	72.33	B
XI2V2SST	23.48	32.61	0.72	6.56	8.43	0.78	27.68	65.38	0.42	6078	75.12	A
XI2V2SSF	23.48	32.61	0.72	6.56	8.43	0.78	24.32	66.13	0.37	6847	79.42	A
XI2V2B	23.48	32.61	0.72	6.56	8.43	0.78	14.12	52.02	0.27	8328	89.02	A
XI2V2BC	23.48	32.61	0.72	6.56	8.43	0.78	29.92	46.11	0.65	5676	72.33	B

XI2V3SST	30.37	41.01	0.74	16.11	21.81	0.74	35.59	82.74	0.43	8498	76.65	A
XI2V3SSF	30.37	41.01	0.74	16.11	21.81	0.74	31.70	82.74	0.38	9149	79.87	A
XI2V3B	30.37	41.01	0.74	16.11	21.81	0.74	19.96	70.98	0.28	11102	88.44	A
XI2V3BC	30.37	41.01	0.74	16.11	21.81	0.74	37.35	64.65	0.58	8126	74.41	B
XI3V1SST	51.74	58.21	0.89	4.34	5.11	0.85	43.64	81.47	0.54	9658	75.26	B
XI3V1SSF	51.74	58.21	0.89	4.34	5.11	0.85	39.75	81.47	0.49	10309	78.10	A
XI3V1B	51.74	58.21	0.89	4.34	5.11	0.85	19.75	67.23	0.29	12101	89.39	A
XI3V1BC	51.74	58.21	0.89	4.34	5.11	0.85	45.17	64.59	0.70	9303	73.45	B
XI3V2SST	46.00	52.64	0.87	8.89	11.55	0.77	42.03	82.74	0.51	9559	75.77	B
XI3V2SSF	46.00	52.64	0.87	8.89	11.55	0.77	38.14	82.74	0.56	10211	78.64	A
XI3V2B	46.00	52.64	0.87	8.89	11.55	0.77	21.75	73.24	0.30	12975	89.13	A
XI3V2BC	46.00	52.64	0.87	8.89	11.55	0.77	43.58	65.49	0.67	9202	73.91	B

Ao aplicar as exigências estabelecidas pela Portaria podemos notar, perscrutando a Tabela 15, que das vinte e quatro simulações realizadas, apenas metade das simulações se encontram de acordo com os requisitos legais estabelecidos. No que às restantes doze simulações diz respeito, como um dos parâmetros não preenche os requisitos, encontram-se em incumprimento. Na Tabela 15, vem indicado a vermelho o valor do indicador energético que não respeita os valores máximos exigidos pela legislação. Assim, a simulação em causa não cumpre os limites estabelecidos no instrumento legal, devendo esta ser sujeita a alterações de forma a atingir o propósito da legislação.

Para além dos indicadores energéticos das necessidades nominais de energia, também são apresentados na tabela os valores de energia renovável, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação AQS e ventilação, expressa em (kWh/ano), a percentagem de energia renovável face ao uso de energia primária e a classe energética obtida em cada uma das simulações.

4.4. ESTUDO DE SENSIBILIDADE

Ao analisar ao detalhe a tabela com os resultados das simulações, podemos tirar algumas conclusões e compreender a razão subjacente ao facto de metade das simulações entrarem em incumprimento. Também desta forma é possível perceber quais as dificuldades para o cumprimento das exigências estabelecidas pela Portaria.

O primeiro fator que influencia os resultados obtidos nas simulações é a envolvente do edifício. Como podemos ver pela tabela, para cada uma das diferentes zonas climáticas abordadas, iremos ter necessidades anuais pontuais de aquecimento e arrefecimento diferentes. O facto de utilizar a mesma envolvente para edifícios localizados em zonas climáticas diferentes gerou alguma discrepância nos resultados. As simulações situadas na zona climática I3, ou seja, na região mais a norte do país, com maiores necessidades anuais de aquecimento, entraram em incumprimento. Todas as simulações localizadas na zona climática I3 não respeitam o valor mínimo de 0,75 entre a relação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic/Ni). Para esta zona seria necessário outro tipo de envolvente - uma envolvente com mais requisitos, melhor adaptada ao clima da região e que reduza as necessidades anuais de aquecimento.

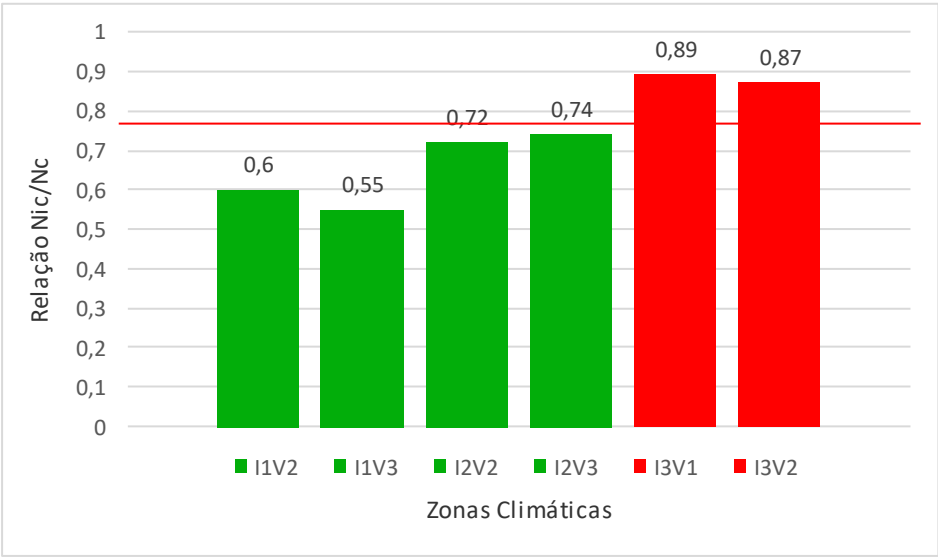


Gráfico 1. Relação Nic/Nc de acordo com as zonas climáticas e estudo.

Para além das simulações em que a fração está localizada na zona climática I3, também as simulações equipadas com o sistema técnico de bomba de calor não respeitam os valores limites estabelecidos pela portaria. Neste caso, o parâmetro que não é respeitado é a relação entre as necessidades quase nulas de energia primária (N_{tc}/N_t), cujo valor deve ser inferior ou igual a 0.50. Apesar de a bomba de calor não ser considerada um sistema de energias renováveis, pois necessita de uma pequena percentagem de energia primária para funcionar, é um dos sistemas mais eficientes. O facto de a bomba de calor requerer uma pequena percentagem de energia primária na sua utilização, faz com que na introdução de dados na folha de cálculo REH, este sistema seja introduzido como um sistema de energia elétrica. Embora sejam utilizados fatores de correção para o cálculo das necessidades de energia primária, a bomba de calor apresenta, em todas as simulações, dificuldades em cumprir com o valor limite deste parâmetro. Por consequência, como as simulações realizadas com a bomba de calor apresentam os valores mais elevados na relação entre as necessidades quase nulas de energia primária (N_{tc}/N_t), registam também a pior nota face à classe energética, com uma classificação de B, superior à classe energética mínima atual para edifícios novos de B-. Com a obrigatoriedade de todos os edifícios novos de habitação passarem a ser de construção NZEB, a partir de 1 de janeiro de 2021, o limite mínimo da classe energética para edifícios novos passa a ser de A e, assim sendo, as simulações com a nota de classe energética de B não estariam de acordo com os requisitos mínimos para 2021.

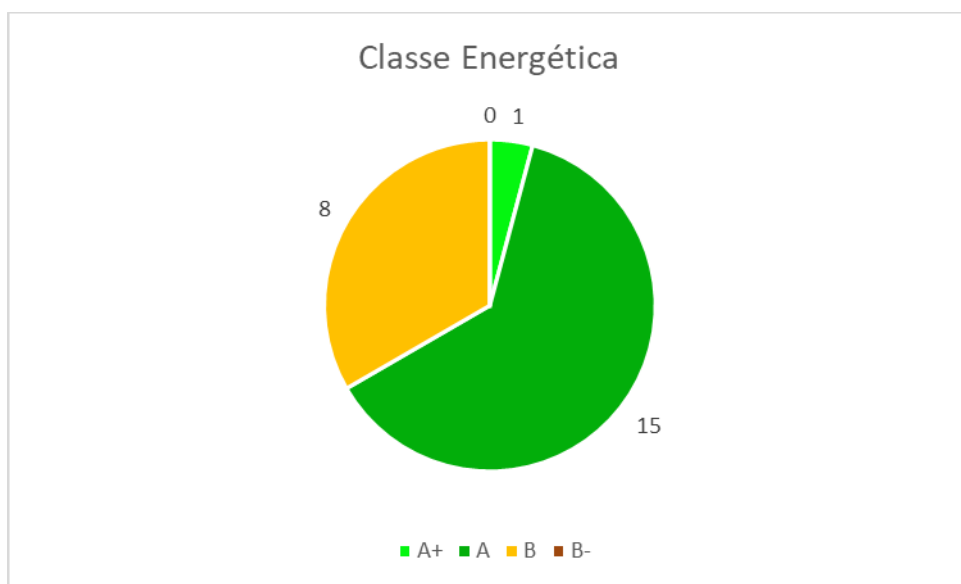


Gráfico 2. Classes energéticas das simulações realizadas.

Relativamente ao aproveitamento de energias renováveis, como em todas as simulações se procurou satisfazer as necessidades de água quente sanitária (AQS) e as necessidades de aquecimento e arrefecimentos através de sistemas de energia renováveis, a percentagem de energias renováveis em todas as simulações é relativamente alta, suprimindo assim sem qualquer problema pelo menos 50% da energia primária.

Os edifícios para poderem ser utilizados ou habitados necessitam de cumprir com todos os requisitos mínimos propostos. O não cumprimento destes requisitos mínimos leva a que estes fiquem inutilizáveis e propostos para medidas de melhoria. Medidas estas que poderiam ter sido evitadas e economicamente mais acessíveis durante a fase inicial de projeto.

4.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Neste quarto capítulo pretendeu-se através da solução construtiva da fração X, gerar várias simulações para analisar as condicionantes da aplicação da Portaria n.º 98/2019 a um caso prático de um edifício NZEB de construção nova. Para a mesma envolvente da fração X, foram criadas simulações em diferentes zonas climáticas e equipadas com sistemas técnicos de energias renováveis diferentes. Com o auxílio do programa de cálculo SCE.ER, para um total de vinte e quatro simulações foram retirados os valores dos indicadores energéticos de cada uma das simulações. Comparando estes indicadores energéticos com os valores limites estabelecidos pela portaria foi possível compreender quais serão as maiores dificuldades para a aplicação desta legislação.

Com base na aplicação da Portaria n.º 98/2019 às simulações realizadas foi possível concluir que existem duas grandes dificuldades em satisfazer por completo as exigências estabelecidas pela nova regulamentação:

1. Todas as simulações realizadas para a zona climática I3 incorrem em incumprimento.
2. A utilização do sistema de energias renováveis- bomba de calor, apresenta dificuldades em cumprir com os requisitos delineados pela legislação.

Para as restantes simulações não houve qualquer problema em cumprir com os valores limites regulamentados. É de esperar que as necessidades nominais anuais de aquecimento e arrefecimento sejam diferentes para as diferentes zonas climáticas em estudo, registando, na maior parte dos casos, valores dentro dos limites exigidos. No que toca ao aproveitamento energético, em todas as simulações uma das prioridades estabelecidas desde início foi o uso de sistemas de energia renováveis para satisfazer todas as necessidades da habitação sem recorrer ao uso de energia primária. Assim sendo, foi possível em todas as simulações cumprir sem dificuldades o requisito de pelo menos 50% da energia utilizada ser renovável.

5

CONSEQUÊNCIAS PRÁTICAS DA ENTRADA EM VIGOR DA PORTARIA N.º 98/2019

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No presente capítulo, são apresentadas as consequências práticas da entrada em vigor da Portaria n.º 98/2019. São expostas todas as implicações e o impacto que esta Portaria terá no sector da construção nova em Portugal. Com a introdução desta nova legislação, a construção nova, de forma a cumprir o regulamentado, será mais exigente, o que pode implicar um valor acrescido na obra. Neste capítulo serão avaliados os prós e os contras do ponto de vista económico e ambiental da entrada em vigor do instrumento legal.

5.2. CONSTRUÇÃO NOVA NZEB

Atualmente, em Portugal, ainda é possível reduzir o consumo energético em mais de 50% através da diminuição das necessidades energéticas. Para tal, é necessário desenvolver não só um conjunto de medidas que reduzam o consumo energético, mas também evitar perdas ou ganhos de energia indesejados. Estas medidas passam por melhorar a eficiência através de conceitos construtivos que permitam poupanças de energia superiores à construção convencional.

A obrigatoriedade de que todos os edifícios de construção nova terão de ser do tipo NZEB a partir de 1 de janeiro de 2021 acarreta algumas condicionantes no modo atual de construção. Embora muitos edifícios novos já venham a cumprir com estas exigências, o certo é que a partir de 2021 a totalidade da construção nova terá que cumprir as medidas estabelecidas pela Portaria. Mesmo sem a atual obrigatoriedade da construção NZEB, o número de edifícios NZEB tem vindo a aumentar e a construção nova, aos poucos, vêm adaptar-se às medidas estabelecidas. Do ponto de vista económico, a construção NZEB apresenta um investimento inicial acrescido devido ao elevado preço dos sistemas técnicos de EREN e das soluções construtivas otimizadas, no entanto, a longo prazo, os reduzidos gastos energéticos compensam o investimento inicial. Também a otimização da envolvente reduz as necessidades energéticas. No entanto, as soluções construtivas adotadas não serão as mesmas para todos os edifícios, a construção irá depender da zona climática em que o edifício se encontra.

Como já referido no capítulo anterior, as zonas climáticas I2 e I3 apresentam maiores necessidades energéticas do que a zona climática I1. Sendo a zona I1 a zona climática mais abrangente em Portugal, situando-se aí as grandes cidades, não apresenta tanta dificuldade em cumprir os requisitos, visto ser mais fácil suprimir as necessidades energéticas nesta zona. Pelo contrário, nas zonas climáticas I2 e I3, o facto de as necessidades energéticas serem superiores, faz com que haja uma preocupação acrescida nestas zonas climáticas em cumprir as exigências da Portaria. Nestas zonas climáticas I2 e I3, situadas mais a norte do país, podemos encontrar também a população mais pobre do país, longe das grandes cidades e da indústria empresarial. Esta população, devido às grandes necessidades e

exigências da construção nova NZEB, terá de dispor de mais recursos financeiros, em comparação com a zona I1, para satisfazer as medidas da Portaria.

5.3. RECOMENDAÇÕES PARA A CONCESSÃO DE EDIFÍCIOS NZEB

De forma a cumprir todos os requisitos estabelecidos pela Portaria n.º 98/2019, é necessário intervir desde logo no processo de construção do edifício. Através de um plano rigoroso, estabelecer um conjunto de medidas que possam assegurar o cumprimento da legislação. O processo construtivo deve ter como base 5 fatores principais, de forma a atingir a maior eficiência possível e reduzir os consumos energéticos do edifício:

- O isolamento térmico deverá ser exímio, de modo a evitar o uso de sistemas de aquecimento ou arrefecimento para o bem-estar ambiente, baixando assim o consumo de energia.
- Devem ser eliminadas o maior número possível de pontes térmicas, de forma a evitar fugas de calor e criação de humidade e bolores na envolvente do edifício.
- A orientação do edifício deve ser escolhida de acordo com o aproveitamento solar, estando as fachadas exteriores do edifício voltadas para a orientação com o maior número de horas de exposição solar, beneficiando assim da luz solar como fonte de aquecimento natural.
- Deve ser realizada uma boa estanquidade do ar entre as paredes e a caixilharia dos vãos envidraçados para evitar o movimento descontrolado do ar e, consequentemente, a perda de calor.
- Deve ser desenvolvido um sistema de ventilação que assegure a constante renovação do ar, beneficiando a saúde humana e mantendo a temperatura ambiente ideal ao nosso conforto.

Este conjunto de medidas deve ser complementado com o uso de técnicas de mão-de-obra modernas bem como com o uso de materiais adequados existentes no mercado atual. Reunidas estas condições, é possível realizar a construção de um edifício com elevada eficiência energética - um edifício termicamente confortável, eficiente e com baixos consumos de energia, (Mateus et al., 2017).

Asseguradas as condições para o funcionamento do edifício com níveis de consumo energéticos extremamente reduzidos, importa agora assegurar que as necessidades energéticas sejam satisfeitas por fontes de energia renováveis. A captação da energia renovável deverá ocorrer no próprio edifício ou na parcela de terreno onde está construído.

5.4. ALTERAÇÕES NA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Em Portugal, desde 1 de dezembro de 2013, a certificação energética de edifícios é obrigatória sempre que um imóvel é anunciado, quer para compra, arrendamento ou construção nova. O desempenho energético do edifício é classificado segundo uma escala de 8 classes, (A+, A, B, B-, C, D, E e F), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe F corresponde a um edifício de pior desempenho energético. Atualmente, um certificado energético tem o prazo de validade de dez anos e uma classificação mínima permitida para a classe energética de um edifício sujeito a grandes intervenções é de C e para edifícios de construção nova é de B- (ADENE).

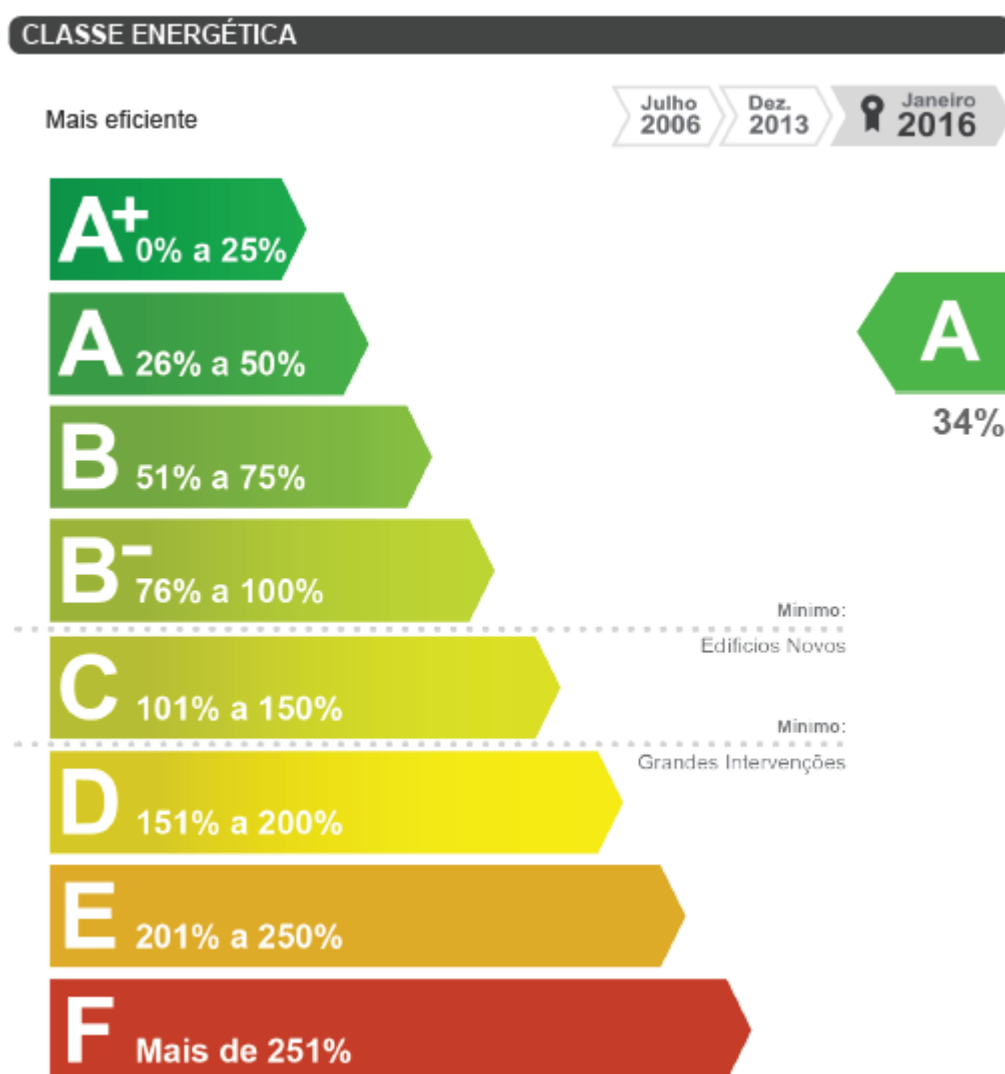


Figura 17. Classes energéticas do Sistema de Certificação Energética (SCE) implementado em Portugal (ADENE).

O Sistema de Certificação Energética (SCE) implementado em Portugal tem como objetivo classificar o desempenho energético do edifício, permitindo detetar medidas de melhoria para aumentar o desempenho energético do edifício e identificar todas as componentes do edifício assim como os sistemas técnicos utilizados no mesmo.

Segundo o site de estatísticas da ADENE, para edifícios de construção nova e para um registo total de 41121 certificados emitidos em Portugal, deste 1 janeiro de 2014 até 1 de junho de 2020, a maioria dos certificados emitidos são para edifícios de habitação, sendo que destes certificados emitidos cerca de 50,7% obtiveram a classificação de A, como é possível observar no Gráfico 4 e no Gráfico 4 (SCE, 2020).

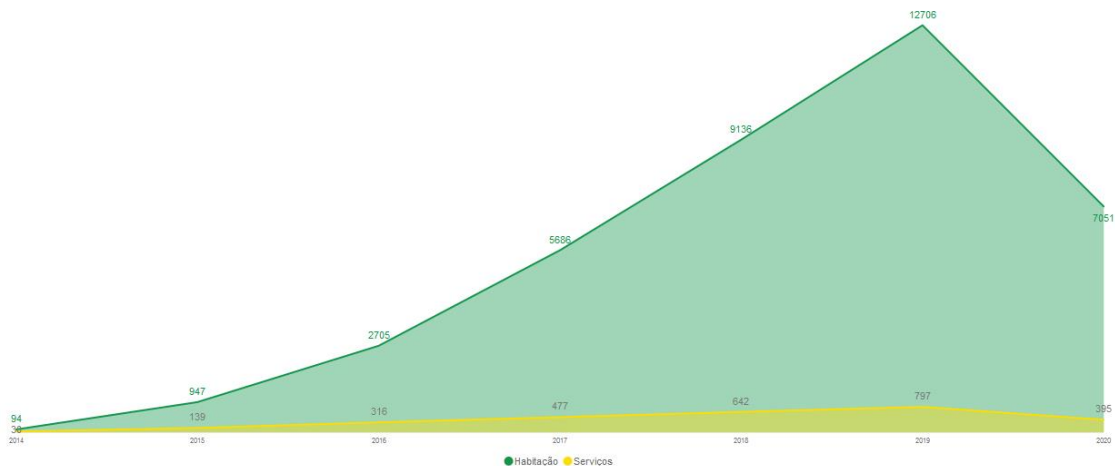


Gráfico 3. Número de certificados emitidos para habitação e para serviços (SCE, 2020).

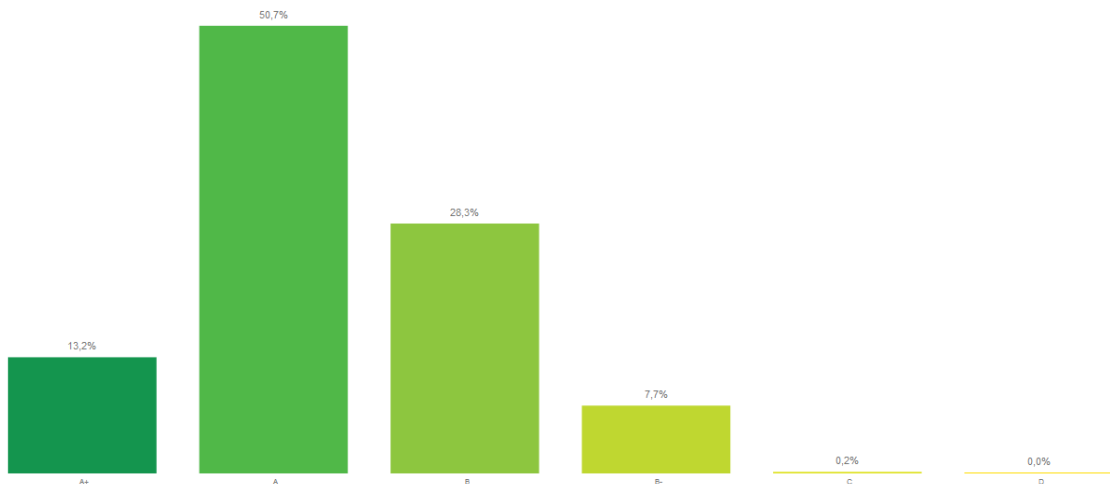


Gráfico 4. Percentagem do número de certificados energéticos por classe energética emitidos em Portugal continental até à data atual (SCE, 2020).

A entrada em vigor da nova legislação, a 1 de janeiro de 2021, vem alterar a classificação energética dos edifícios de construção nova. Como a partir de 2021 todos os edifícios de construção nova terão que ser do tipo NZEB, a nota da classe energética para este tipo de edifícios terá que ser no mínimo A. Atualmente, a nota mínima para edifícios novos é de B-, no entanto, estes podem não ser do tipo NZEB. Desta forma, é de prever que a partir de 2021, com a construção NZEB obrigatória, o número de certificados com a classe energética A e A+ irá ultrapassar os 70%.

5.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Em suma, neste quinto capítulo são analisadas algumas das consequências que a aplicação da Portaria n.º 98/2019 terá no setor da construção em Portugal. Não é possível adivinhar todas as consequências práticas da entrada em vigor deste regulamento, não obstante, é possível prever certos acontecimentos que irão afetar o modo de construção, com base nas medidas e exigências implementadas pela Portaria.

Posto isto, com a aplicação do novo modelo, a construção passará a ser ainda mais rigorosa e planeada, de forma cumprir com maior facilidade todos os requisitos impostos. A adaptação de novas técnicas de construção e o uso de materiais inovadores no mercado são medidas possíveis para melhorar a eficiência da envolvente, obtendo um melhor isolamento térmico do edifício. O processo construtivo não deve ser o mesmo para todo o tipo de edifício, dependendo das características do mesmo, deve ser planeada e definida a envolvente mais eficiente para as condicionantes geográficas a que o edifício estará exposto. Também é de esperar que uma construção mais eficiente e com mais requisitos térmicos implique preços mais elevados na construção. Sendo as zonas climáticas do país I2 e I3 as zonas com mais necessidades energéticas para aquecimento mais altas, será também nestas zonas mais difícil atingir os requisitos impostos pela Portaria. A zona climática I1, a zona mais abrangente em Portugal, onde estão localizadas algumas das grandes cidades, será a zona com maior facilidade em cumprir com os requisitos energéticos da nova legislação, em que através de uma construção mais económica é possível cumprir todas as exigências estabelecidas pela Portaria.

Quanto à certificação energética, é de prever que o número de certificados energéticos com a classe A e A+ aumente com a introdução da construção nova NZEB obrigatória, a partir de 1 de janeiro de 2021.

O objetivo desta nova legislação passa por tornar a construção nova em edifícios NZEB de grande eficiência energética, capazes de melhorar o conforto térmico dentro do edifício e de reduzir o consumo energético de energia primária através da produção local de energias renováveis.

6

CONCLUSÕES

6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No presente capítulo, são apresentadas todas as conclusões obtidas e as dificuldades encontradas ao longo da realização do presente estudo. São também referidas possíveis medidas de melhorias e adaptações que poderão ser realizadas no futuro para uma melhor aplicação da legislação portuguesa em edifícios do tipo NZEB.

6.2. CONCLUSÕES

Concluído o presente estudo, verifica-se que foram cumpridos os objetivos iniciais deste trabalho. A construção NZEB, com a introdução das Diretivas europeias, tem vindo a ser implementada, cada vez mais, em diversos países europeus. É da responsabilidade de cada Estado Membro da União Europeia adaptar os instrumentos legislativos europeus aos seus regimes jurídicos nacionais, de forma a introduzirem o conceito e a construção NZEB. Cada país transpõe as diretivas europeias de acordo com as necessidades energéticas e as alterações climáticas a que estão sujeitos. Portugal, cumprindo a sua parte na equação europeia, desde cedo implementou o conceito de NZEB na sua legislação. A Portaria n.º 98/2019 é o mais recente instrumento, impondo a obrigatoriedade e estabelecendo algumas exigências na construção nova NZEB, a partir de 1 de janeiro de 2021.

Neste estudo, foi possível, através de diversas simulações resultantes da aplicação das exigências estabelecidas pela Portaria a um caso prático real de um edifício de construção nova, quantificar o impacto dos requisitos da nova legislação na construção de edifícios novos residenciais. Através da análise dos indicadores energéticos obtidos pelas simulações realizadas conseguimos prever quais as maiores dificuldades para o cumprimento desta nova legislação. Com base nos resultados, foram encontradas duas grandes implicações na aplicação da Portaria à fração em estudo. A primeira reside nas necessidades energéticas para aquecimento (Nic) e em como para as zonas climáticas com maiores necessidades energéticas existe uma maior dificuldade em satisfazer o limite base regulamentado. É quase impossível satisfazer todos os requisitos energéticos impostos pela legislação, para todas as zonas climáticas do país, utilizando sempre o mesmo tipo de envolvente. Não existe um certo tipo de envolvente global que possa cumprir com todas as exigências e ser usada para todas as zonas climáticas de Portugal. Em prol de satisfazer as necessidades energéticas dependentes do clima exterior e em cumprir com o novo regulamento, é necessário, nestas zonas, para além de alocar recursos financeiros mais elevados e específicos durante o processo construtivo destes edifícios, dispor de um maior consumo energético para atingir o mesmo nível de conforto térmico interior. A segunda, que se pode verificar nas simulações, reflete-se na aplicação da bomba de calor como sistema técnico de energias renováveis. O facto deste sistema não ser considerado totalmente um sistema de energias renováveis, vem impor algumas dificuldades aquando na introdução do mesmo no programa de cálculo. Embora este tipo de sistema não afete o cumprimento mínimo do uso de 50% de energias renováveis, não é possível alcançar uma classe energética superior ou igual a A nestas simulações. Contudo, as simulações não apresentam só resultados negativos, no que toca à satisfação deste 50% de energias renováveis, quando instalados os sistemas técnicos de energias renováveis para AQS e

aquecimento e arrefecimento ambiente, este requisito é cumprido com bastante facilidade em todas as simulações. No total, metade das vinte e quatro simulações não tiveram dificuldades em cumprir com o regulamento, e das doze simulações que falharam, esta falha deve-se somente a estes dois problemas descritos anteriormente.

No geral, se a envolvente do edifício for dimensionada de acordo com o clima a que este edifício se encontra sujeito, quer durante o verão, quer durante o inverno, e se forem instalados corretamente nas proximidades os sistemas técnicos de energias renováveis para produção e utilização de energia, não existe grandes dificuldades em cumprir com esta nova legislação e obter um edifício de grande eficiência energética. A implementação desta nova legislação terá como consequência um maior custo inicial, tanto no processo de construção, como na instalação dos sistemas técnicos, no entanto, a longo prazo estes custos acabam por ser compensados com a redução dos consumos energéticos do edifício.

Para desenvolvimentos futuros, seria importante aumentar o número de casos de estudo, de forma a obter um maior leque de resultados para abranger o maior número de situações possíveis, como por exemplo, para diferentes tipos de envolventes e para a instalações de sistemas técnicos não só suportados por energia renovável, mas também para sistemas que requeiram energia primária para o seu funcionamento. É possível realizar inúmeras simulações, dificilmente encontramos dois edifícios com as mesmas características, ou sujeitos às mesmas alterações climáticas. O verdadeiro teste a esta nova legislação será na aplicação prática a casos reais de edifícios novos NZEB. Só confrontando a teoria com a realidade poderemos efetivamente saber ao certo qual o impacto da aplicação desta nova legislação em edifícios novos residenciais.

Referências bibliográficas

- 26/6/2015, Decreto Interministerial (2015) - Decreto Interministerial 26/6/2015. [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/normativa/decreti-interministeriali/2032966-decreto-interministeriale-26-giugno-2015-applicazione-delle-metodologie-di-calcolo-delle-prestazioni-energetiche-e-definizione-delle-prescrizioni-e-dei-requisiti-minimi-degli-edifici>>.
- 118/2013, Decreto-Lei n.º (2013) - Decreto-Lei n.º 118/2013. Diário da República n.º 159/2013, Série I de 2013-08-20.
- 120/2019, Decreto-Lei n.º (2019) - Decreto-Lei n.º 120/2019. Diário da República n.º 160/2019, Série I de 2019-08-22:
- 732/2019, RD (2019) - Real Decreto 732/2019. BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO.
- 2020, Arrêté du 2 janvier (2020) - Arrêté du 2 janvier 2020.
- ADENE - ADENE - Agência para Energia - ADENE [Em linha]. [Consult. Disponível em WWW: <URL: <https://www.adene.pt/>>.
- ALMEIDA, Manuela Guedes de; FERREIRA, Marco António Pedrosa Santos; RODRIGUES, Ana (Jun-2016) - Definição de nZEB em Portugal – Contributo com base em análises de custo de ciclo de vida. In Jun-2016. Disponível em WWW: <URL: <http://hdl.handle.net/1822/43268>>.
- ATTIA, Shady [et al.] (2017) - Overview and future challenges of nearly zero energy buildings (nZEB) design in Southern Europe. Energy and Buildings [Em linha]. 155: 439-458. Disponível em WWW: <URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817331195>>. ISSN 0378-7788.
- BÁSICO, Documento (2019) - Documento Básico HE Ahorro de energía.
- EPBD (2010) - DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Official Journal of the European Union:
- (2012) - DIRECTIVE 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Official Journal of the European Union:
- (2018) - DIRECTIVE (EU) 2018/844 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Official Journal of the European Union:
- F, Despacho (2013) - Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.
- HANS ERHORN, Heike Erhorn-Klutting, Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP) (2015) - Towards 2020 Nearly Zero-Energy Buildings Overview and Outcomes. ADENE. (August 2015) 19.
- MATEUS, Ricardo; SILVA, Sandra; ALMEIDA, Manuela (2017) - Estudo Económico da Implementação de Medidas nZEB e ZEB num Edifício de Habitação Multifamiliar. Revista Confidencial Imobiliário [Em linha].
- PORTARIA (2019) - Portaria n.º 98/2019. Diário da República n.º 65/2019, Série I de 2019-04-02
- REDA, Francesco; FATIMA, Zarrin (2019) - Northern European nearly zero energy building concepts for apartment buildings using integrated solar technologies and dynamic occupancy profile: Focus on Finland and other Northern European countries. Applied Energy [Em linha]. 237:

598-617. Disponível em WWW: <URL:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919300297>>. ISSN 0306-2619.

SCE (2020) - Estatística do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios [Em linha]. [Consult.

Disponível em WWW: <URL: <https://www.sce.pt/estatisticas/>>.