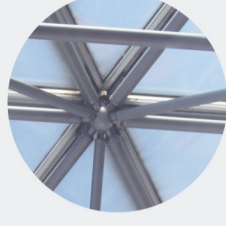
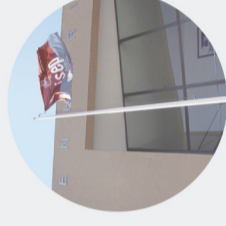




Edifícios com Consumo Energético Quase Nulo

BÁRBARA RITA ALMEIDA NEVES SANTOS FERREIRA

novembro de 2016



Edifícios com Consumo Energético Quase Nulo

BÁRBARA RITA ALMEIDA NEVES SANTOS FERREIRA
Outubro de 2016



EDIFÍCIOS COM CONSUMO ENERGÉTICO QUASE NULO

BÁRBARA RITA ALMEIDA NEVES SANTOS FERREIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: José Manuel Martins Soares De Sousa

OUTUBRO DE 2016

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xxi
Glossário.....	xxiii
Abreviaturas	xxv
1 Introdução.....	1
2 Enquadramento legal da eficiência energética em edifícios	3
3 Enquadramento ambiental e energético	25
4 Nearly Zero Energy Buildings (NZEB) – Edifícios com Consumo Energético Quase Nulo	43
5 Estratégias e Tecnologias para atingir NZEB	59
6 Considerações Finais.....	129
Referências Bibliográficas	133

RESUMO

Atualmente as preocupações mundiais estão focadas na forma insustentável com que a população utiliza os diversos recursos energéticos existentes. Na União Europeia (EU), o sector dos edifícios representa 40% do consumo de energia total na EU. Muitos esforços têm vindo a ser desenvolvidos para proporcionar uma redução dos consumos energéticos nos edifícios, e assim surgiu o conceito NZEB, este é o mais recente esforço desenvolvido pela EU para tentar diminuir o consumo de energia nos edifícios.

Este conceito surge numa altura importante, visto que grande parte do património edificado na Europa, e em especial em Portugal, necessita de sofrer intervenções. Estas intervenções tornam-se ferramentas importantes pois será através delas que se torna possível a diminuição do consumo energético nos edifícios.

Esta dissertação pretende caracterizar as estratégias e tecnologias construtivas existentes que permitam a um edifício diminuir o consumo e produzir energia, com parâmetros normais de utilização, de forma a atingir um balanço energético anual quase nulo, NZEB.

Numa primeira fase desta dissertação, será feita uma exposição de conteúdos ligados aos diversos documentos legislativos que regulam a área da eficiência energética nos edifícios tanto na EU como também em Portugal, para além disso vão ser avaliados os aspetos ambientais e energéticos da Europa e de Portugal.

Seguidamente, será efetuada uma descrição pormenorizada do movimento Passivhaus e do conceito NZEB. Por último irão ser estudadas as estratégias e tecnologias para aplicar a qualquer edifício, novo ou existente, para que seja possível tornar esses edifícios em NZEB.

Palavras-chave: Eficiência Energética, desempenho energético, NZEB, Passivhaus

ABSTRACT

Currently the global concerns are focused on the unsustainable way in which the population uses the diverse energy resources. In the European Union (EU), the buildings sector accounts for 40% of total energy consumption in the EU. Many efforts have been developed to provide a reduction of energy consumption in buildings, and so the concept NZEB emerged, this is the latest effort by the EU to try to reduce energy consumption in buildings.

This concept comes at an important time, seeing that much of the real estate in Europe, and especially in Portugal, needs to be rehabilitated. The real estate rehabilitation become important tools because it is through them that makes it possible to decrease the energy consumption in buildings.

This dissertation aims to characterize the existing construction strategies and technologies that enable a building to reduce consumption and energy production, with normal operating parameters, in order to achieve an annual energy balance close to zero, NZEB.

In the first phase of this dissertation, a content display will be linked to various legislative documents related to energy efficiency in buildings in both the EU as well as in Portugal, in addition will be assessed the environmental and energy aspects of Europe and Portugal.

Additionally, a detailed description of the Passivhaus movement and the concept NZEB will be made. Finally it will be studied strategies and technologies to apply to any building, new or existing, so that you can transform these buildings in to a NZEB.

Keywords: Energy efficiency, Energy Performance, NZEB, Passivhaus

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer há minha família, pois foram eles que proporcionaram com que eu atinge-se mais uma meta na minha vida e a quem devo tudo.

Gostaria de agradecer todo o apoio dado pelos meus amigos e colegas, pois foram eles que me acompanharam por todo o meu percurso académico, e que me ajudaram em inúmeras ocasiões, pois sem eles este percurso teria sido muito mais difícil de concretizar.

Por último queria agradecer ao meu orientador o Engenheiro José Sousa, por ter aceitado fazer este projeto comigo, pelas horas que disponibilizou para me esclarecer as dúvidas que tinha e por tudo aquilo que me ensinou.

ÍNDICE DE TEXTO

1	Introdução.....	1
1.1.	Enquadramento do tema.....	1
1.2.	Objetivo da dissertação	2
1.3.	Organização da dissertação	2
2	Enquadramento legal da eficiência energética em edifícios	3
2.1	Diretiva europeia de desempenho energético	3
2.1.1	Diretiva 2002/91/CE (EPBD) – Desempenho Energético dos Edifícios.....	4
2.1.2	Diretiva 2009/28/CE – promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis	5
2.1.3	Diretiva 2010/31/UE (EPBD – reformulação) – Desempenho Energético dos Edifícios.....	5
2.1.4	Diretiva 2012/27/UE – relativa à eficiência energética.....	11
2.2	Legislação nacional de energia em edifícios.....	11
2.2.1	Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro – RCCTE.....	12
2.2.2	Decreto-Lei 118/98 de 7 de Maio – RSECE.....	12
2.2.3	Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril – SCE (Sistema Certificação energética dos edifícios)	13
2.2.4	Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril – RSECE.....	13
2.2.5	Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril – RCCTE.....	14
2.2.6	Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto	14
2.2.7	RNBC – Roteiro Nacional de Baixo Carbono.....	16
2.2.8	PNAC – Programa Nacional para as Alterações Climáticas	17

2.2.9	Resolução do Concelho de Ministros nº 20/2013	18
2.3	COP21 – 21ª Conferência das Partes da Convenção Quadro da Nações Unidas para Alterações Climáticas	24
3	Enquadramento ambiental e energético	25
3.1	Enquadramento socioeconómico	25
3.2	Principais indicadores energéticos.....	32
3.2.1	Produção e consumo de energia	32
3.2.2	Dependência energética.....	35
3.2.3	Intensidade energética	37
3.2.4	Indicadores <i>per capita</i>	39
3.2.5	Emissões de Gases com Efeito de Estufa.....	40
3.2.6	Energias renováveis	41
4	Nearly Zero Energy Buildings (NZEB) – Edifícios com Consumo Energético Quase Nulo	43
4.1	Movimento Passivhaus	43
4.2	Conceito de edifício com consumo energético quase nulo	50
4.3	Exemplos de NZEB no mundo	54
5	Estratégias e Tecnologias para atingir NZEB	59
5.1	Soluções passivas	59
5.1.1	Forma.....	59
5.1.2	Localização	60
5.1.3	Orientação do edifício	62
5.1.4	Envolvente	64
5.1.5	Sistema de sombreamento.....	93
5.1.6	Iluminação natural.....	95
5.1.7	Equipamentos eficientes	98
5.1.8	Sistemas de arrefecimento	100
5.1.9	Sistemas de aquecimento.....	105

5.2	Soluções ativas.....	107
5.2.1	Iluminação artificial	107
5.2.2	Tecnologias para otimização da iluminação artificial (sensores de movimento, temporizador crepuscular e dimmer)	114
5.2.3	Tecnologias para produção de energia	117
6	Considerações Finais.....	129
6.1	Conclusões	129
6.2	Desenvolvimentos Futuros	132
	Referências Bibliográficas	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Cronologia da Legislação Europeia sobre Eficiência Energética	4
Figura 2.2 – Cronologia da Legislação Nacional de Energia em Edifícios.....	12
Figura 2.3 – Alteração da tabela de classes de desempenho, à esquerda é a tabela antiga e à direita a tabela nova.....	15
Figura 3.1 – Representação da taxa de variação dos edifícios e alojamentos em Portugal de 2001 para 2011[23].....	27
Figura 3.2 – Índice de envelhecimento dos edifícios em 2011[23].....	28
Figura 3.3 – Representa a percentagem de edifícios muito degradados e com necessidade de reparação em 2011[23].....	29
Figura 3.4 – Mapeamento geográfico da percentagem da população em risco de pobreza na EU (dados de 2012)[24].....	30
Figura 3.5 – Mapeamento do risco de pobreza de pessoas com mais de 65 anos para altura de aquecimento em Portugal[25].....	31
Figura 3.6 – Mapeamento do risco de pobreza de pessoas com mais de 65 anos para altura de arrefecimento em Portugal[25].....	31
Figura 3.7 – Consumo final total de energia, por setor, na EU-28[26].....	32
Figura 3.8 – Comparação da diferença percentual entre o consumo final de energia em 2013 e as metas para 2020 do consumo final anual (organizada da esquerda para a direita o maior valor negativo da diferença para o maior valor positivo)[27].....	33
Figura 3.9 – Consumo de energia primária, por fonte energética, na EU-28[26].....	34
Figura 3.10 – Consumo de Energia Primária por Fonte Energética[22].....	34
Figura 3.11 – Distribuição do consumo de Eletricidade no sector doméstico, por tipo de utilização – Portugal, 2010[28].....	35
Figura 3.12 – Dependência energética da EU-28 e Portugal[30].	36

Figura 3.13 – Dependência Energética na EU-28 em 2014[31].....	37
Figura 3.14 – Evolução da Intensidade Energética em Portugal (1995=100)[31]	37
Figura 3.15 – Intensidade Energética da Economia em Energia Primária na EU-28 em 2014 (tep/M€)[31]	38
Figura 3.16 - Evolução da Intensidade Energética por sector de atividade (1995=100)[31]	38
Figura 3.17 – Evolução do Consumo de Energia <i>per capita</i> em Portugal[31]	39
Figura 3.18 – À esquerda é o Consumo de Energia Primária per capita na EU-28 em 2014 (tep/habitante), à direita é o Consumo de Energia Final per capita na EU-28 em 2014 (tep/habitante)[31].....	39
Figura 3.19 – Emissões dos Principais GEE em 2013, por setor de atividade[22]	40
Figura 3.20 – Emissões de GEE na EU-28 em 2013 (ton CO ₂ /habitante)[31]	40
Figura 3.21 – Evolução da trajetória mínima de FER no Consumo Final Bruto de Energia (CFBE)[22]	41
Figura 3.22 – Produção anual de energia elétrica com base em FER, em Portugal[22].....	41
Figura 3.23 – Comparação da meta global de FER entre os países da EU-28 em 2014[31].....	42
Figura 4.1 – Representação geográfica dos vários estabelecimentos focados no conceito Passivhaus[34]	44
Figura 4.2 – Esquema exemplificativo de uma habitação Passivhaus padrão [32].....	46
Figura 4.3 – Sistema Construtivo ICF	48
Figura 4.4 – Fluxograma onde mostra como o programa PHPP funciona[36]	50
Figura 4.5 – Estratégias para o melhoramento da eficiência energética de edifícios[2]	51
Figura 4.6 – Exemplos de fontes de energias renováveis[2]	51
Figura 4.7 – Gráfico de referência do intervalo de rentabilidade ótima[2]	53
Figura 4.8 – Mapa europeu demonstrando os países com exemplos de edifícios NZEB	54
Figura 4.9 – Esquema do sistema de serviço do edifício[39]	55
Figura 4.10 – Fachada sul do edifício SOLAR XXI	57
Figura 5.1 – Diferentes valores do fator de forma[40].....	60
Figura 5.2 – Valores do fator forma para diferentes tipos de edifício. [41].....	60
Figura 5.3 – Zonas climáticas de inverno no continente[42]	61
Figura 5.4 – Zonas climáticas de verão no continente[42].....	62

Figura 5.5 – Percurso do sol ao longo do dia no Inverno, em Portugal	63
Figura 5.6 – Percurso do sol ao longo do dia no Verão, em Portugal	63
Figura 5.7 – Distribuição de perdas de calor numa Habitação. [43]	64
Figura 5.8 – Evolução do isolamento nas coberturas inclinadas ao longo dos anos. [47]	67
Figura 5.9 – Aplicação do isolamento nas diferentes soluções de coberturas. [47]	68
Figura 5.10 – Esquema comparativo entre coberturas ajardinadas extensivas e intensivas, a nível de substrato, necessidades hídricas e manutenção.	70
Figura 5.11 – Esquema das diferentes camadas de uma cobertura verde. [50].....	71
Figura 5.12 – Cobertura verde do City Hall em Chicago, EUA. [48]	71
Figura 5.13 – Aplicação e aspeto do produto Nanothermic 1[51]	74
Figura 5.14 – Exemplo de parede com isolamento pelo interior. [52]	74
Figura 5.15 – Exemplo de parede com isolamento pelo exterior. [68].....	75
Figura 5.16 – Composição do sistema ETICS. [44].....	76
Figura 5.17 – Composição de um sistema de fachada ventilada. [69].....	78
Figura 5.18 – À esquerda planta trepadeira, à direita planta em cascata.	79
Figura 5.19 – Diferentes tipologias de fachadas verdes.....	80
Figura 5.20 – Exemplo real de uma fachada verde, Hotel Babylon no Vietnam.....	81
Figura 5.21 – Esquema dos sistemas de painéis (à esquerda) e de pano (à direita). [53]	82
Figura 5.22 – Esquema do sistema ativo. [53]	83
Figura 5.23 – Pormenor da composição de um pavimento em contacto com o exterior	84
Figura 5.24 – Fluxo de energia de um envidraçado.[44].....	85
Figura 5.25 – Comparação dos valores de U , g_v e T_v entre um vidro simples, duplo e triplo. [54]	86
Figura 5.26 – Comparação dos valores de U , g_v e T_v entre um vidro duplo normal e três vidros duplos com controlo solar de diferentes cores. [54].....	89
Figura 5.27 – Comparação dos valores de U , g_v e T_v entre um vidro duplo normal e dois vidros duplos com películas de baixa emissividade, uma convencional e outra com controlo solar. [54].....	91
Figura 5.28 – Comparação de coeficientes de transmissão térmica (U_w) de várias soluções de caixilharia, para dimensão de 1 m^2 [44].....	92

Figura 5.29 – Tipos de sistemas de sombreamento existentes. [44]	93
Figura 5.30 – Sistemas de sombreamento exteriores fixos, palas horizontais e verticais. [56].....	94
Figura 5.31 – Sistemas de sombreamento exteriores moveis. [57]	95
Figura 5.32 – Tipos de sistemas avançados de iluminação natural[58]	97
Figura 5.33 – Esquema da alteração faseada das classes energéticas dos televisores[59]	98
Figura 5.34 – Exemplo da etiqueta energética das máquinas de lavar roupa (à esquerda) e das máquinas de lavar louça (à direita)[59]	99
Figura 5.35 – Exemplo da etiqueta energética dos aparelhos de refrigeração (tecnologia de compressão)[59]	99
Figura 5.36 – Exemplo da etiqueta energética dos televisores de 2011 [59]	100
Figura 5.37 – Exemplos de ventilação transversal (primeira imagem), ventilação simples com uma abertura (segunda imagem) e ventilação simples de duas aberturas (terceira imagem)[60].....	101
Figura 5.38 – Corte esquemático de ma chaminé solar inclinada. [62]	101
Figura 5.39 – Exemplos de aspiradores estáticos de diferentes secções [63]	102
Figura 5.40 – Corte esquemático de um aspirador estático com ventoinha e painéis solares incorporados.[63]	102
Figura 5.41 – Exemplos reais de aspiradores estáticos com ventoinha e painéis solares incorporados.[63]	103
Figura 5.42 – Arrefecimento do interior através de tubos enterrados no solo. [60]	103
Figura 5.43 – Esquema representativo do arrefecimento evaporativo. [60].....	104
Figura 5.44 – Esquema representativo do arrefecimento radiativo. [60]	104
Figura 5.45 – Sistema de ganho direto. [60]	105
Figura 5.46 – Funcionamento das Paredes de Trombe no Verão e no Inverno. [64].....	106
Figura 5.47 – Exemplo real de uma Parede de Trombe. [65].....	106
Figura 5.48 – Sistema de ganho isolado - espaço estufa. [60]	106
Figura 5.49 – Exemplo da etiqueta energética das lâmpadas. [66]	108
Figura 5.50 – Gama de temperatura de cor das lâmpadas. [66].....	110
Figura 5.51 – Composição de uma lâmpada incandescente	110

Figura 5.52 – Exemplos de diferentes lâmpadas incandescentes.....	111
Figura 5.53 – Exemplos de diferentes lâmpadas de halogéneo.....	111
Figura 5.54 – Diferentes tamanhos de lâmpadas fluorescentes circulares e lineares.....	112
Figura 5.55 – Constituição de uma lâmpada fluorescente tubular linear.....	112
Figura 5.56 – Exemplos de lâmpadas LED.....	114
Figura 5.57 – Exemplos de sensores de movimento.....	115
Figura 5.58 – Exemplo de um temporizador crepuscular.....	116
Figura 5.59 – Exemplos de interruptores com dimmer.....	116
Figura 5.60 – Exemplo de um painel de líquido sem proteção.....	118
Figura 5.61 – Exemplo de um painel de líquido com proteção.....	119
Figura 5.62 – Exemplo de um painel de tubo de vácuo.....	120
Figura 5.63 – Possíveis formas de integração de coletores solares, telhado inclinado (à esquerda), em fachada (ao centro), telhado plano (à direita).....	121
Figura 5.64 – Célula de silício monocristalino.....	122
Figura 5.65 – Célula de silício policristalina.....	123
Figura 5.66 – Células de silício amorfo.....	123
Figura 5.67 – Exemplo de um edifício com uma parede cortina com tecnologia BIPV.....	124
Figura 5.68 – Representação dos dois tipos de configurações de turbinas eólicas.....	125
Figura 5.69 – Representação esquemática de uma captação de energia geotérmica.....	126
Figura 5.70 – <i>Pellets</i>	127
Figura 5.71 – Recuperador de calor a <i>pellets</i>	127

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Áreas e programas do PNAEE 2016. Fonte: [18].....	19
Tabela 2.2 – Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por programa. Fonte: [18]	21
Tabela 3.1 – Dados sobre Território e População em Portugal[22]	25
Tabela 3.2 – Indicadores Económicos em Portugal e na EU-28[22].....	26
Tabela 3.3 – Indicadores Sociais em Portugal e na EU-28[22]	26
Tabela 4.1 – Metas da Passivhaus[32]	45
Tabela 4.2 – Critérios de EnerPHit comparando com os da Passivhaus[32]	47
Tabela 4.3 – Tabela síntese dos dados do edifício[38].....	56
Tabela 4.4 – Tabela síntese dos dados do edifício[38].....	58
Tabela 5.1 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno[42].....	61
Tabela 5.2 – Critérios para a determinação da zona climática de verão[42].....	62
Tabela 5.3 – Classes de inércia térmica interior, I_t [45].....	65
Tabela 5.4 – Lista de isolantes térmicos mais usados.[46]	66
Tabela 5.5 – Análise de custos das diferentes coberturas.	69
Tabela 5.6 – Resumo das principais propriedades do Nanothermic 1. [51]	73
Tabela 5.7 – Coeficiente de absorção da radiação solar, α . [45]	75
Tabela 5.8 – Resumo das vantagens e desvantagens do sistema ETICS. [44].....	77
Tabela 5.9 – Comparação dos valores de U para vidros duplos e triplos utilizando gases nos espaços entre eles[54]	88
Tabela 5.10 – Comparação da potência equivalente das diferentes lâmpadas.....	107
Tabela 5.11 – Avaliação do tempo de vida útil dependendo do tipo de lâmpadas[66].....	108
Tabela 5.12 – Comparação do fluxo luminoso para diferentes tipos de lâmpadas. [66].....	109

Tabela 5.13 – Comparação entre as lâmpadas incandescentes e lâmpadas fluorescentes, num período de 5 anos. [66]..... 113

GLOSSÁRIO

Mbtu - Mega British Thermal Unit, unidade de medida não-métrica utilizada nos Estados Unidos e Reino Unido que serve para determinar a potencia de refrigeração de vários aparelhos (1 BTU equivale a 1 055,05585 joules)

Mtep — Unidade de medida de energia, megatep (10⁶ toneladas equivalente de petróleo)

Mton – Mega toneladas

MWh/habitante – Mega Watts Hora por Habitante

ppc – Paridades Poder de Compra, taxa de conversão de moeda que possibilita a comparação internacional do volume do PIB e outros indicadores económicos

tep – Toneladas Equivalentes de Petróleo

tep/habitante – Toneladas Equivalentes de Petróleo por Habitante

tep/M€ – Toneladas Equivalentes de Petróleo por Milhões de Euros

ton - Toneladas

ton CO₂/habitante – Toneladas de Dióxido de Carbono por Habitante

U – coeficiente de transmissão térmica (W/m².°C)

ABREVIATURAS

ADENE – Agência para a Energia

AQS – Águas Quentes Sanitárias

BIPV – Building Integrated Photovoltaics

BRE – Building Research Establishment

CAC – Comissão para as Alterações Climáticas

CELE – Comércio Europeu de Licenças de Emissão

CENSE – Center for Environmental and Sustainability Research

CEPHEUS – Cost Efficient Passive Houses as European Standard

COP21 – 21st Congress of the Parties for the United Nations Framework Convention on Climate Change (21^a Conferência das Partes da Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima)

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

ECO.AP – Programa de Eficiência Energética na Administração Pública

EnerPHit – Quality-Approved Energy Retrofit with Passive House Components

EPBD – Energy Performance of Buildings Directive

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems

EU – União Europeia

FAI – Fundo de Apoio à Inovação

FEE – Fundo de Eficiência Energética

FER – Fontes de Energia Renovável

FPC – Fundo Português de Carbono

GD – Graus-dias

ABREVIATURAS

GEE – Gases com Efeito de Estufa

IA – Instituto do Ambiente

ICF – Insulated concrete formwork

JESSICA – Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas

LED – Díodos Emissores de Luz

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

LFC – Lâmpadas Fluorescentes Compactas

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

NZEB – Nearly Zero Energy Building

PHI – Passivhaus Institute

PHPP – Passive House Planning Package

PNAC – Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNAER – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

PPEC – Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica

QEPiC – Quadro Estratégico para a Política Climática

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

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

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RNBC – Roteiro Nacional de Baixo Carbono

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

SRI – Solar Reflectance Index

VGS – Vertical Greening Systems (Sistemas Verticais Ecológicos)

VMRC – Ventilação Mecânica com Recuperador de Calor

1 INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

Devido à expansão do sector da construção que se tem vindo a observar na União Europeia, é espectável que haja um aumento do consumo de energia, sendo que os edifícios representarem cerca de 40% desse mesmo consumo e por isso o sector da construção tornou-se num importante alvo de intervenção.

Com o aumento deste sector, a necessidade de exploração de recursos naturais é cada vez maior, o que induz a um aumento das emissões dos gases de efeito de estufa e conseqüentemente o agravamento do aquecimento global. Assim a diminuição destes impactes ambientais constitui uma medida importante e indispensável para a redução da dependência energética. [1]

Um outro fator importante a considerar é a redução do consumo energético e o aumento do aproveitamento de energia proveniente de fontes renováveis, promovendo avanços tecnológicos e criação de oportunidades de emprego.

O conceito NZEB apresenta-se como uma estratégia essencial para facilitar o cumprimento dos objetivos de eficiência energética propostos pela União Europeia para o ano 2020.

A eficiência energética consiste na redução das necessidades de energia, esta redução é atingida através da incorporação de diversas estratégias, tais como: sistemas solares passivos, ventilação natural, iluminação natural, entre outros. Contudo estas estratégias não são suficientes, é necessário incorporar a produção de energia através de fontes renováveis no local ou nas proximidades dos edifícios, só assim é possível atingir os objetivos traçados pelos estados membros, que referem que a partir do ano 2020 todos os edifícios novos sejam edifícios com consumo energético quase nulo. [2]

Porem, ainda não existe um consenso sobre a definição do conceito NZEB, existindo uma variedade de definições, permitindo assim diferentes interpretações sobre o conceito. Devido à inexistência de uma definição padronizada para os edifícios com consumo energético quase nulo, é criada uma pluralidade de possíveis abordagens, levando a uma diferenciada definição dos requisitos mínimos do edifício, bem como requisitos associados aos equipamentos ou sistemas empregues na fase de construção e manutenção dos edifícios.

Em suma, a partir de 2020 todos os edifícios novos da EU serão edifícios eficientes, ou seja, serão edifícios que possuem um alto desempenho energético e assistidos de produção local ou nas proximidades de energia de fontes renováveis, tenham um balanço energético quase zero, transformando-se assim em edifícios de consumo energético quase nulo.

1.2. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO

O objetivo fundamental da presente dissertação consiste em explicar em que consiste o conceito NZEB, bem como dar a conhecer as estratégias e tecnologias que se podem implementar nos edifícios para assim transformá-los em edifícios de consumo energético quase nulo.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este relatório será dividido em 6 capítulos de acordo com o conteúdo a tratar.

O primeiro capítulo pretende fazer um enquadramento do tema tratado ao longo deste documento, abordando também o objetivo e organização do mesmo.

No capítulo 2 é feita a apresentação da legislação aplicável sobre o tema, quer a nível internacional como a nível nacional.

No capítulo 3 é feito um enquadramento ambiental e energético, onde são apresentados diferentes aspetos sociais, económicos e energéticos sobre Portugal e a União Europeia.

No capítulo 4 é feita uma apresentação do movimento Passivhaus, é abordado o conceito NZEB assim como a sua definição e também são apresentados alguns exemplos existentes de edifícios NZEB.

No capítulo 5 são apresentadas com detalhe as características que os edifícios devem possuir para conseguir ter um consumo energético quase nulo.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as considerações finais do trabalho onde se apresentam as conclusões finais e propostas para a realização de trabalhos futuros.

A dissertação termina com uma listagem de referências bibliográficas utilizadas na sua redação.

2 ENQUADRAMENTO LEGAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS

2.1 DIRETIVA EUROPEIA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

Ao longo dos últimos anos a União Europeia (EU) tem criado políticas que implementam medidas necessárias para reduzir a dependência energética da União e diminuir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE), essas medidas são: a redução do consumo de energia e a utilização de energia proveniente de fontes renováveis no sector dos edifícios[3].

As medidas tomadas permitirão à União cumprir o Protocolo de Quito honrando os seus compromissos, a longo prazo, de manter a subida de temperatura global abaixo dos 2 °C e também reduzir até 2020 as emissões globais de GEE em pelo menos 20 % em relação aos níveis de 1990 e em 30 %, no caso de se alcançar um acordo internacional[3].

Estas medidas também têm um papel importante a desempenhar na promoção da segurança do aprovisionamento energético, na promoção dos avanços tecnológicos e na criação de oportunidades de emprego e desenvolvimento regional, principalmente nas zonas rurais[3].

O Conselho Europeu de Março de 2007 observou a necessidade de aumentar a eficiência energética da EU para reduzir o consumo de energia em 20 % até 2020, apelando à aplicação do “Plano de Ação para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial”[3].

As políticas energéticas da EU são impulsionados por três principais objetivos[4]:

- Garantir a segurança do abastecimento energético para que seja possível o fornecimento confiável de energia quando e onde for necessário;
- Garantir que os fornecedores de energia operam num ambiente competitivo para que tenham preços acessíveis para residências, empresas e indústrias;
- Garantir que o consumo energético da EU seja sustentável, através da redução das emissões de GEE, poluição e dependências dos combustíveis fósseis.

Estes objetivos vão ajudar a EU a enfrentar uns dos seus maiores desafios, a sua dependência no que diz respeito às importações de energia. Atualmente a EU importa mais de metade da sua energia a um custo de 350 biliões de euros por ano[4].

Para que seja possível atingir estes objetivos no âmbito de uma estratégia coerente de longo prazo, a EU formulou metas para 2020, 2030 e 2050[4].

A estratégia de energia 2020 define prioridades energéticas da EU entre 2010 e 2020. E destina-se a: reduzir os GEE em pelo menos 20 %; melhorar a eficiência energética de, pelo menos, 20 %; aumentar o consumo de energias renováveis de, pelo menos, 20 %[4].

Os objetivos a alcançar até 2030 são: redução de 40 % das emissões de GEE até 2030, em comparação com 1990; pelo menos 27 % de energias renováveis na EU; aumento da eficiência energética de pelo menos 27 % , para ser revisto em 2020, potencialmente elevando a meta para 30 %, em 2030; a realização do mercado interno da energia, atingindo a meta de interligação elétrica de 15 % entre os países da EU ate 2030[4].

Para 2050, a EU pretende atingir uma redução de 80 % a 95 % nos GEE em relação aos níveis de 1990[4].



Figura 2.1 - Cronologia da Legislação Europeia sobre Eficiência Energética

2.1.1 Diretiva 2002/91/CE (EPBD) – Desempenho Energético dos Edifícios

A diretiva 2002/91/CE relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD), feita em Bruxelas em 16 de Dezembro de 2002, entrou em vigor a 4 de Janeiro de 2003 e deveria ter sido implementada pelos estados Membros o mais tardar até 4 de Janeiro de 2006.

Esta diretiva foi formulada com o objetivo de promover o desempenho energético dos edifícios nos Estados Membros através de alguns parâmetros referidos de seguida:

- Metodologia de cálculo para medição do desempenho energético integrado dos edifícios;
- Requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios, e também dos grandes edifícios existentes que estejam sujeitos a importantes obras de renovação, sendo regularmente atualizados esses requisitos;
- Certificação energética dos edifícios novos e existentes;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios

A sua implementação revelou ser um processo complicado e complexo, por não ser fácil obter uma abordagem comum em toda a EU, devido à diversidade de conceção e construção na Europa[5].

2.1.2 Diretiva 2009/28/CE – promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis

A diretiva 2009/28/CE relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis, feita em Estrasburgo em 23 de Abril de 2009, entrou em vigor a 25 de Junho de 2009.

Esta diretiva veio revogar as Diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE.

Esta diretiva estabelece um quadro comum para a promoção de energia proveniente de fontes renováveis. Estabelece objetivos nacionais obrigatórios para a quota global de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia e para a quota de energia proveniente de fontes renováveis consumida pelos transportes[6].

Através do anexo I desta diretiva pode ser obtido o valor da quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia em 2005 de 20,5 % para Portugal. E tem como objetivo para 2020 que Portugal tenha uma quota de 31 %.

2.1.3 Diretiva 2010/31/UE (EPBD – reformulação) – Desempenho Energético dos Edifícios

A diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD), feita em Estrasburgo em 19 de Maio de 2010, entrou em vigor a 8 de Julho de 2010.

“Os edifícios representam 40 % do consumo de energia total na União.”[3]

Devido ao aumento de consumo de energia irão ser implementadas medidas para melhorar o desempenho energético dos edifícios, estas deverão ser ajustadas aos locais dos mesmos, tendo em conta a localização, o clima e o conforto. Não podendo estas comprometer a acessibilidade, segurança e utilização prevista do edifício, tendo sempre em mente uma perspetiva de maior rentabilidade económica possível[3].

Este desempenho energético é calculado com base numa metodologia que pode ser diferenciada a nível nacional e regional. Esta metodologia deve conter todos os sistemas construtivos e tecnológicos que possam influenciar a conceção do edifício. É imprescindível que a metodologia para o cálculo englobe o desempenho energético do edifício ao longo de todo o ano. Esta metodologia deve cumprir as normas europeias em vigor[3].

Como incentivo a construir edifícios com necessidades quase nulas, os Estados Membros deverão elaborar planos nacionais para aumentar o número dos mesmos, e reportá-los regularmente à comissão.

Os instrumentos financeiros da União com o objetivo de estimular a adoção de medidas de eficiência energética são[3]:

- Regulamento (CE) nº 1080/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de julho de 2006, relativo ao Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional;
- Banco Europeu de Investimento (BPI) com “Iniciativa de financiamento da energia sustentável da EU”;
- Fundo “Marguerite”, liderado pelo BEI: Fundo Europeu 2020 para a energia, as Alterações Climáticas e as Infraestruturas;
- Diretiva 2009/47/CE do Conselho, de 5 de Maio de 2009, que altera a Diretiva 2006/112/CE relativa às taxas reduzidas de Imposto sobre o Valor Acrescentado

Estes instrumentos deverão ser utilizados para aplicar os objetivos da presente diretiva, sem no entanto substituir as medidas nacionais.

A presente diretiva estabelece requisitos no que se refere[3]:

- a) Ao quadro geral comum para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios e das frações autónomas;
- b) À aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios novos e das frações autónomas novas;
- c) À aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos:

- i) Edifícios existentes, frações autónomas e componentes de edifícios sujeitos a grandes renovações,
 - ii) Elementos construtivos da envolvente dos edifícios com impacto significativo no desempenho energético da envolvente quando forem renovados ou substituídos, e
 - iii) Sistemas técnicos dos edifícios quando for instalado um novo sistema ou quando o sistema existente for substituído ou melhorado;
- d) Aos planos nacionais para aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia;
 - e) À certificação energética dos edifícios ou das frações autónomas;
 - f) À inspeção regular das instalações de aquecimento e de ar condicionado nos edifícios;
 - g) Aos sistemas de controlo independente dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspeção.

Os requisitos referidos na presente diretiva, são os requisitos mínimos e não contestam a que os Estados Membros apliquem medidas de proteção mais estritas, as quais devem ser compatíveis com o Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia e notificados à Comissão.

A presente diretiva define “Edifícios com Consumo Energético Quase Nulo” como um edifício com um desempenho energético muito elevado (determinado nos termos do anexo I da mesma). As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande parte por energia proveniente de fontes renováveis, podendo estas serem geradas no local ou nas proximidades[3].

Esta diretiva também intitula “Grandes renovações”, como sendo as obras de renovação de um edifício em que[3]:

- O custo total da renovação relacionada com a envolvente do edifício ou com os sistemas técnicos do edifício é superior a 25% do valor do edifício, excluindo o valor do terreno em que este está situado; ou
- É renovada mais de 25% da superfície da envolvente do edifício.

Nos edifícios novos, os Estados Membros devem assegurar, antes do início da construção, seja feito um estudo sobre a viabilidade técnica, ambiental e económica dos sistemas alternativos de elevada eficiência, referidos a seguir[3]:

- Sistemas descentralizados de fornecimento energético baseados em energias provenientes de fontes renováveis;
- Co-geração;

CAPÍTULO 2

- Redes urbanas ou coletivas de aquecimento ou arrefecimento, em especial baseadas total ou parcialmente em energia proveniente de fontes renováveis;
- Bombas de calor.

Os sistemas técnicos dos edifícios estão intimamente ligados ao conforto, e também ao consumo energético do edifício. Por isso estes devem ser monitorizados para minimizar os consumos associados à sua utilização.

Portanto os Estados Membros estabelecem requisitos relativos ao desempenho energético geral, à instalação correta e ao dimensionamento, ajustamento e controlo adequados dos sistemas técnicos instalados nos edifícios.

Os sistemas que estão abrangidos por estes requisitos são:

- Sistemas de aquecimento;
- Sistemas de fornecimento de água quente;
- Sistemas de ar condicionado;
- Grandes sistemas de ventilação;
- ou uma combinação destes sistemas.

Os Estados Membros incentivam a introdução de sistemas de contagem inteligente, sistemas de automatização, controlo e monitorização destinados a otimizar os consumos energéticos para edifícios novos como nas grandes renovações.

A meta fulcral desta diretiva é que os Estados Membros assegurem que:

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

Para ser cumprida esta meta, os Estados Membros devem elaborar planos nacionais para incentivar a construir ou remodelar os edifícios com necessidade quase nulas de energia.

Os planos nacionais devem incluir os seguintes elementos[3]:

- Uma descrição pormenorizada da forma como a definição de edifícios com necessidades quase nulas de energia é aplicada na prática pelo Estado-Membro, que reflita as condições nacionais, regionais ou locais dos edifícios, e que inclua um indicador numérico da utilização de energia primária, expressa em kWh/m² por ano. Os fatores de energia primária aplicados para a

determinação da utilização de energia primária podem basear-se em valores anuais médios a nível nacional ou regional, e podem ter em conta as normas europeias pertinentes;

- Objetivos intermédios para melhorar o desempenho energético dos edifícios novos, até 2015, a fim de preparar a execução do disposto no nº 1;
- Informações sobre as políticas e as medidas financeiras ou de outro tipo, tomadas no contexto dos nºs 1 e 2 para fomentar a criação de edifícios com necessidades quase nulas de energia, incluindo uma descrição pormenorizada dos requisitos e das medidas nacionais respeitantes à utilização de energia proveniente de fontes renováveis nos edifícios novos e nos edifícios existentes sujeitos a grandes renovações no contexto do nº 4 do artigo 13º da Diretiva 2009/28/CE e dos artigos 6º e 7º da presente diretiva.

O desempenho energético de um edifício é determinado com base na energia anual calculada ou efetivamente consumida para satisfazer as diferentes necessidades associadas à sua utilização típica e reflete as necessidades de energia de aquecimento e de energia de arrefecimento para manter as condições de temperatura previstas do edifício, bem como preparação de água quente para uso doméstico. A metodologia para calcular o desempenho energético dos edifícios deve ter em conta as normas europeias[3].

Esta metodologia é estabelecida tendo em conta os seguintes aspetos[3]:

- a) As seguintes características térmicas reais do edifício, incluindo as suas divisórias internas:
 - i) capacidade térmica,
 - ii) isolamento,
 - iii) aquecimento passivo,
 - iv) arrefecimento passivo, e
 - v) pontes térmicas;
- b) Instalação de aquecimento e fornecimento de água quente, incluindo as respetivas características de isolamento;
- c) Instalações de ar condicionado;
- d) Ventilação natural e mecânica, que pode incluir a estanquidade ao ar da envolvente;
- e) Instalação fixa de iluminação (em especial no sector não residencial);

CAPÍTULO 2

- f) Conceção, posicionamento e orientação dos edifícios, incluindo as condições climáticas exteriores;
- g) Sistemas solares passivos e proteções solares;
- h) Condições climáticas interiores, incluindo as de projeto;
- i) Cargas internas.

Neste cálculo também estão incluídos, caso existam, os seguintes aspetos de influência positiva[3]:

- a) Condições locais de exposição solar, sistemas solares ativos e outros sistemas de aquecimento e produção de eletricidade baseados em energia proveniente de fontes renováveis;
- b) Eletricidade produzida por co-geração;
- c) Redes urbanas ou coletivas de aquecimento e arrefecimento;
- d) Iluminação natural.

O último ponto a considerar para este cálculo, é a devida classificação dos edifícios segundo as seguintes categorias[3]:

- a) Habitações unifamiliares de diversos tipos;
- b) Edifícios de apartamentos;
- c) Edifícios de escritórios;
- d) Estabelecimentos de ensino;
- e) Hospitais;
- f) Hotéis e restaurantes;
- g) Instalações desportivas;
- h) Edifícios destinados a serviços de comércio grossista e retalhista;
- i) Outros tipos de edifícios que consomem energia.

2.1.3.1 Regulamento Delegado (UE) Nº 244/2012 – Cálculo Dos Níveis Ótimos De Rentabilidade Dos Requisitos Mínimos De Desempenho Energético Dos Edifícios

O Regulamento Delegado (EU) Nº 244/2012 da Comissão, feito em Bruxelas em 16 de Janeiro de 2012, entro em vigor a 10 de Abril de 2012.

Este regulamento complementa a diretiva 2012/31/EU através do estabelecimento de um quadro metodológico comparativo para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e componentes de edifícios.

O quadro de metodologia específica as regras para a comparação de medidas de eficiência energética, de medidas que recorrem a fontes de energia renováveis e de conjuntos e variantes dessas medidas, com base no desempenho energético primário e no custo atribuído à sua implementação. Estabelece também a forma de aplicar essas regras aos edifícios de referência selecionados, com o objetivo de definir níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético[7].

Os Estados Membros devem definir edifícios de referência para as seguintes categorias de edifícios: edifícios unifamiliares; blocos de apartamentos e edifícios multifamiliares; edifícios para escritórios.

2.1.4 Diretiva 2012/27/UE – relativa à eficiência energética

A diretiva 2012/27/UE relativa à eficiência energética, feita em Estrasburgo em 25 de Outubro de 2012, entrou em vigor a 4 de Dezembro de 2012.

Esta diretiva foi formulada com o objetivo de estabelecer um quadro comum de medidas para promover a eficiência energética na união, com a finalidade de assegurar o cumprimento do grande objetivo da União que consiste em atingir 20 % em matéria de eficiência energética até 2020, e também preparar o caminho para novas melhorias nesse domínio para depois de 2020[8].

Esta estabelece regras destinadas a eliminar os obstáculos no mercado da energia e a ultrapassar as deficiências do mercado que impedem a eficiência no aprovisionamento e na utilização da energia.

Os requisitos que esta diretiva apresenta constituem requisitos mínimos e por isso nada impede os Estados Membros de implementar estes requisitos ou introduzirem algumas medidas mais rigorosas, que sejam compatíveis com o direito da União[8].

2.2 LEGISLAÇÃO NACIONAL DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS

A legislação nacional sobre a eficiência energética em edifícios sofreu uma evolução significativa para que seguisse as referências da União Europeia. Devido à Diretiva 2010/31/EU que mostra uma maior preocupação pelos utilizadores dos edifícios e pela qualidade interior dos espaços, Portugal como membro da EU atualizou a sua legislação relacionadas com este âmbito. Criando assim um novo Decreto-Lei nº 118/2013, que revoga os Decretos-Lei nº 78/2006, o nº 79/2006 e o nº 80/2006.

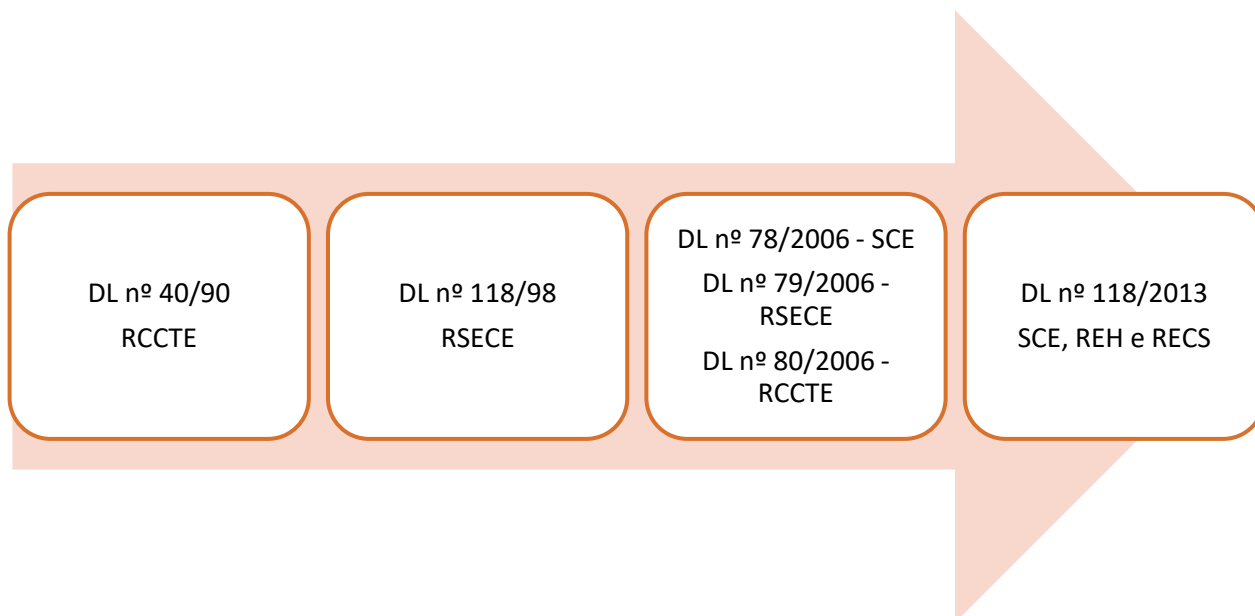


Figura 2.2 – Cronologia da Legislação Nacional de Energia em Edifícios

2.2.1 Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro – RCCTE

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado a 6 de Fevereiro de 1990 pelo Decreto-Lei nº 40/90, foi o primeiro documento legal em Portugal que impôs requisitos de projeto para novos edifícios e grandes renovações. Este documento tinha o objetivo de satisfazer as condições de conforto térmico no interior dos edifícios sem necessidades excessivas de energia, para a Estação de Arrefecimento e de Aquecimento[9].

2.2.2 Decreto-Lei 118/98 de 7 de Maio – RSECE

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), aprovado a 7 de Maio pelo Decreto-Lei nº 118/98. Este regulamento estabelecia regras de dimensionamento e instalação dos sistemas energéticos de climatização em edifícios e as condições a observar de modo que as exigências de conforto térmico e de qualidade do ambiente impostas no interior dos edifícios pudessem vir a ser asseguradas em termos de condições de eficiência energética[10].

2.2.3 Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril – SCE (Sistema Certificação energética dos edifícios)

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), aprovado a 4 de Abril pelo Decreto-Lei nº 78/2006, é o meio usado para o Estado assegurar a melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior dos edifícios[11].

O SCE tinha como objetivo[11]:

- a) Assegurar a aplicação regulamentar, no que diz respeito às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e no Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);
- b) Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- c) Identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

A Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) e o Instituto do Ambiente (IA) são as entidades responsáveis pela supervisão do SCE em relação à certificação e eficiência energética e à qualidade do ar interior. Enquanto a gestão do SCE é da responsabilidade da Agência para a Energia (ADENE) [11].

2.2.4 Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril – RSECE

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), aprovado a 4 de Abril pelo Decreto-Lei nº 79/2006, tem o quádruplo objetivo[12]:

- 1) Definir as condições de conforto térmico e de higiene nos diferentes espaços dos edifícios, em conciliação com as respetivas funções;
- 2) Melhorar a eficiência energética global dos edifícios em todo o tipo de consumo energético promovendo a sua limitação efetiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, quer nos edifícios a construir ou nas grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes;
- 3) Estabelecer regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efetivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer a nível do projeto, quer a nível da sua instalação, quer durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada;

- 4) Monitorizar com regularidade as práticas da manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios.

2.2.5 Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril – RCCTE

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado a 4 de Abril pelo Decreto-Lei nº 80/2006, estabelece regras para o projeto de todos os edifícios de habitação e de serviços sem sistemas de climatização centralizados para que[13]:

- a) As exigências de conforto térmico, para aquecimento ou de arrefecimento, e de ventilação garantam a qualidade do ar no interior dos edifícios, como também satisfazer as necessidades de água quentes sanitárias (AQS) sem uso excessivo de energia;
- b) Minimizar as patologias nos elementos de construção provocados pelas condensações superficiais ou internas, que possam influenciar negativamente a durabilidade desses mesmos elementos como também a qualidade do ar.

Este regulamento define também objetivos de provisão de taxas de renovação do ar adequadas que seriam obrigatoriamente satisfeitas pelos projetistas[13].

2.2.6 Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto

O Decreto-Lei nº 118/2013, aprovado a 20 de Agosto de 2013, é o documento legislativo que está em vigor neste momento em Portugal. Este Decreto-Lei assegura a transposição da Diretiva 2010/31/EU e contempla uma revisão na legislação nacional que vai traduzirem melhorias a nível de sistematização e âmbito de aplicação ao uniformizar num único diploma, 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). Esta reorganização visa promover a harmonização conceptual e terminologia e a facilidade de interpretação das normas, e também faz a separação entre os edifícios de habitação e os de comércio e serviços para facilitar assim os tratamento e gestão dos processos para a melhoria do desempenho energético dos mesmos[14].

O Decreto-Lei nº 118/2013 revoga então o Decreto-Lei 78/2006 – SCE, o Decreto-Lei nº 79/2006 – RSECE e o Decreto-Lei nº 80/2006 – RCCTE.

2.2.6.1 SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

No âmbito da certificação, destaca-se o reconhecimento do pré-certificado e do certificado SCE como certificações técnicas, tornando-as obrigatórias na instrução de operações urbanísticas[14].

O novo certificado energético apresenta varias melhorias, uma delas é a tabela de classes de desempenho, como pode se ver na figura 2.3.



Figura 2.3 – Alteração da tabela de classes de desempenho, à esquerda é a tabela antiga e à direita a tabela nova

A nova certificação está mais focada no consumidor final, fornecendo a informação mais simplificada, com a incorporação de referências, apresentando indicadores qualitativos, medidas de melhoria e a combinação ideais das mesmas. Ao nível mais profissional, este fornece a informação detalhada, indicadores energéticos e de carbono, verifica requisitos, faz uma previsão dos consumos energéticos, ou seja, existe uma melhor adjunção de informação comparativamente ao certificado antigo.

2.2.6.2 REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

O REH estabelece os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, como também parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, para promover a melhoria do comportamento térmico e eficiência destes sistemas e assim minimizar o risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente[14].

2.2.6.3 RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

O RECS tem o objetivo de estabelecer as regras a observar no projeto, construção, alteração, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e dos seus sistemas técnicos. Este regulamento também estabelece os requisitos para a caracterização do seu desempenho, com o intuito de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior[14].

2.2.7 RNBC – Roteiro Nacional de Baixo Carbono

A elaboração do Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC) foi determinada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010, de 26 de Novembro. O RNBC tem como objetivo o estudo da viabilidade técnica e económica de trajetórias de redução das emissões de gases com efeito de estufa em Portugal, que conduzem a uma economia de baixo carbono até 2050. Visa ainda apontar orientações estratégicas para os vários setores de atividade e servir de elemento de informação e apoio à elaboração dos futuros planos nacionais de redução de emissões, em particular do Plano Nacional de Alterações Climáticas 2020 e dos Planos Setoriais de Baixo Carbono[15].

A visão subjacente ao RNBC está alinhada com o objetivo da União Europeia de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 80-95% em 2050, face aos níveis de 1990, no sentido de concretizar uma transição para uma economia competitiva e de baixo carbono[15].

O RNBC deve estabelecer as políticas a prosseguir e metas nacionais a alcançar em termos de emissões de GEE que permitam[16]:

- a) Reduzir os custos energéticos e promover a sustentabilidade da redução de emissões de GEE;
- b) Promover o aumento da eficiência energética, a utilização de fontes de energia renovável e uma gestão eficiente dos recursos, tomando em consideração, o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) e o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) para o horizonte 2020;
- c) Estimular para a realização de investimentos associados à economia de baixo carbono;
- d) Promover o crescimento, a inovação, a investigação e o desenvolvimento das tecnologias de baixo carbono, e a criação de emprego, especialmente de emprego qualificado em áreas emergentes, e a internacionalização da economia.

A coordenação da elaboração do RNBC está incumbida à Comissão para as Alterações Climáticas (CAC).

2.2.8 PNAC – Programa Nacional para as Alterações Climáticas

O programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) é um dos elementos que constitui o Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPIc) que assumiu como visão o desenvolvimento de uma economia competitiva e de baixo carbono, estabelecendo um novo paradigma de desenvolvimento para Portugal no âmbito de Crescimento Verde[17].

O PNAC identifica as políticas, medidas e instrumentos a adotar, as responsabilidades sectoriais, o financiamento e o mecanismo de monitorização e controlo com o objetivo de cumprir os limites das emissões para os sectores não contemplados pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)[16].

Estes instrumentos (RNBC e PNAC) são necessários para garantir o cumprimento das obrigações de Portugal no âmbito da União Europeia, do Protocolo de Quioto[16].

O PNAC em articulação com o RNBC, tem o dever de[16]:

- a) Consolidar e reforçar as políticas, medidas e instrumentos de carácter sectorial previstos no PNAC 2006 e Novas Metas 2007;
- b) Definir novas políticas, medidas e instrumentos com o objetivo de dar resposta à limitação de emissões para os sectores não abrangidos pelo CELE, designadamente os sectores residencial, dos serviços, dos transportes da agricultura e florestas e dos resíduos, e ainda de parte da atividade industrial;
- c) Prever as responsabilidades sectoriais, o financiamento e os mecanismos de monitorização e controlo.

O PNAC tem como objetivos:

- i) Promover a transição para uma economia de baixo carbono, gerando mais riqueza e emprego, contribuindo para o crescimento verde;
- ii) Assegurar uma trajetória sustentável de redução das emissões nacionais de gases com efeito de estufa (GEE) de forma a alcançar uma meta de -18 % a -23 % em 2020 e de -30 % a -40 % em 2030 em relação a 2005, garantindo o cumprimento dos compromissos nacionais de mitigação e colocando Portugal em linha com os objetivos europeus;
- iii) Promover a integração dos objetivos de mitigação nas políticas setoriais (mainstreaming).

2.2.9 Resolução do Conselho de Ministros nº 20/2013

Tendo em consideração a meta europeia do “20-20-20” para 2020, 20% de redução dos GEE relativamente aos níveis de 1990, 20% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto e 20% de redução do consumo de energia primária relativamente à projeção do consumo, mediante um aumento da eficiência energética, foi estabelecido para Portugal, para o horizonte 2020, a redução no consumo de energia primária em 25 % e especificamente para a Administração Pública uma redução de 30 %. Em relação às energias renováveis, a meta é de 31 % do consumo final bruto de energia e no sector dos transportes é pretendido que 10 % da energia utilizada seja proveniente de fontes renováveis[18].

Segundo o Programa do Governo e das grandes opções do Plano para 2013, aprovadas pela Lei nº 66-A/2012, de 31 de dezembro, no quadro da 5ª Opção «O Desafio do Futuro - Medidas sectoriais prioritárias», na parte respeitante ao “Mercado de energia e política energética”, o XIX Governo Constitucional pretende prosseguir, entre outros, os objetivos de[18]:

- a) Assegurar a continuidade das medidas para garantir o desenvolvimento de um modelo energético com racionalidade económica, que assegure custos de energia sustentáveis, que não comprometam a competitividade das empresas nem a qualidade de vida dos cidadãos;
- b) Assegurar a melhoria substancial na eficiência energética do País, através da execução do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e do Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER), após a conclusão da respetiva revisão, do reforço da coordenação dos atuais programas de apoio à eficiência energética (Fundo de Eficiência Energética, Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica, Fundo de Apoio à Inovação, fundos do Quadro de Referência Estratégica Nacional), reforçando-se a sua dotação, e da conclusão da execução do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública - ECO.AP; e
- c) Manter o reforço da diversificação das fontes primárias de energia, sendo os investimentos em renováveis reavaliados e apresentado um novo modelo de remuneração para que as tecnologias mais eficientes mantenham um papel relevante.

O PNAEE e o PNAER são os instrumentos de planeamento energético nacionais, que visam concretizar as metas assumidas pelo país, em consonância com os compromissos assumidos com a União Europeia, no âmbito da eficiência energética e da utilização da energia proveniente de fontes renováveis[18].

2.2.9.1 PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

O objetivo principal do PNAEE 2016 é definir novas metas e ações para 2016, em conjunto com o PNAER 2020 e seguindo os dispostos da Diretiva 2010/31/CE. Este plano baseia-se em três eixos de atuação[18]:

- a) Ação, através da adequação das medidas ao atual contexto económico-financeiro, tendo em vista a redução do custo global do programa nacional de eficiência energética;
- b) Monitorização, através da revisão dos métodos de monitorização de resultados em conformidade com as diretrizes europeias e criação de uma visão macro do impacto do programa nacional de eficiência energética; e
- c) Governação, através da redefinição do modelo de governação do PNAEE.

O PNAEE 2016 abrange seis áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura. Estas áreas agregam um total de dez programas, que integram uma variedade de medidas de melhoria da eficiência energética[18].

Tabela 2.1 – Áreas e programas do PNAEE 2016. Fonte: [18]

Áreas						
	Transportes	Residencial e Serviços	Indústria	Estado	Comportamentos	Agricultura
Programas	Eco Carro	Renove Casa & Escritório	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia	Eficiência Energética no Estado	Comunicar Eficiência Energética	Eficiência no Setor Agrário
	Mobilidade Urbana	Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios				
	Sistema de Eficiência Energética nos Transportes	Solar Térmico				

A área dos Transportes integra os seguintes programas de melhoria da eficiência energética[18]:

- a) Eco Carro – agregado a medias direcionadas para a melhoria da eficiência energética nos veículos;
- b) Mobilidade Urbana – integra medidas relacionadas com a necessidade de incentivar a utilização de transportes coletivos, focalizado particularmente nas zonas urbanas;
- c) Sistema de Eficiência Energética nos Transportes – abrange medidas para dinamizar a utilização das redes ferroviárias de passageiros, bem como a gestão energética das frotas de transportes.

A área de Residencial e Serviços integra os seguintes programas de melhoria da eficiência energética[18]:

- a) Renove Casa e Escritório – integra um conjunto de medidas destinadas a potenciar a eficiência energética na iluminação, eletrodomésticos e reabilitação de espaços;
- b) Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios – reúne as medidas que resultam do processo de certificação energética nos edifícios;
- c) Integração de Fontes de Energia Renováveis Térmicas/Solar Térmico – relativo às medidas dirigidas à promoção de uma maior integração de fontes de energia renovável nos edifícios e equipamentos residenciais e de serviços.

A área da Indústria é abrangida por um programa designado por Sistema de Eficiência Energética na Indústria, que inclui a revisão do SGCIE (Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia), continuando a destacar-se as medidas transversais no setor industrial e outras medidas setoriais para a eficiência no processo industrial[18].

A área do Estado é agrupada num programa designado por Eficiência Energética no Estado, com um conjunto de medidas dirigidas à certificação energética dos edifícios do Estado, aos Planos de Ação de Eficiência Energética, designadamente no âmbito do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública - ECO.AP, frotas de transporte do Estado e à Iluminação Pública[18].

A área de Comportamentos integra medidas que visam promover hábitos e atitudes de consumidores energeticamente eficientes, como sejam a recomendação de produtos eficientes.

A área da Agricultura é abrangida por um programa designado Eficiência Energética no Setor Agrário e tem como objetivo agrupar e dinamizar as ações realizadas neste setor com vista a induzir a redução de consumos energéticos[18].

Tabela 2.2 – Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por programa. Fonte: [18]

Programa	Potenciais Economias (tep)	%	Meta 2016 (tep)
Transportes	344.038	23%	1.501.305
Residencial e Serviços	634.265	42%	
Indústria	365.309	24%	
Estado	106.380	7%	
Comportamentos	21.313	1%	
Agricultura	30.000	2%	

O PNAEE 2016 será executado através de [18]:

- 1) Medidas regulatórias;
- 2) Mecanismos de diferenciação fiscal;
- 3) Fundos que disponibilizem verbas para programas de eficiência energética, tais como:
 - a) Fundo de Eficiência Energética (FEE), criado pelo Decreto-Lei nº 50/2010, de 20 de maio, e regulamentado pela Portaria nº 26/2011, de 10 de janeiro, destinado a apoiar especificamente as medidas do PNAEE;
 - b) Fundo de Apoio à Inovação (FAI), criado pelo Despacho nº 32276-A/2008, de 17 de dezembro de 2008, que aprovou igualmente o seu Regulamento de Gestão, posteriormente alterado pelo Despacho nº 13415/2010, de 19 de agosto de 2010, e pelo Despacho do Secretário de Estado da Energia, de 5 de julho de 2012, que alargou o âmbito de aplicação do FAI a projetos de investimento em eficiência energética;
 - c) PPEC - Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica, promovido pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) no quadro do PNAC;
 - d) Fundo Português de Carbono (FPC), criado pelo Decreto-Lei nº 71/2006, de 24 de março, destinado a apoiar, entre outros, projetos que conduzam à redução de emissões de gases com efeito de estufa;

- e) Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) e outros instrumentos financeiros comunitários, tais como a iniciativa *Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas* (JESSICA), focalizado para a reabilitação e desenvolvimento urbano sustentáveis.

2.2.9.2 PNAER – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

O Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis, tal como o PNAEE 2016, compreende os sectores da indústria, residencial e serviços, transportes e estado[18].

O PNAER estabelece as trajetórias de introdução de fontes de energia renovável (FER) de acordo com o ritmo da implementação das medidas e ações previstas em cada um dos setores referidos: eletricidade; aquecimento e arrefecimento e transportes[18].

Portugal representa um dos melhores registos históricos a nível europeu no cumprimento da incorporação de FER no consumo bruto de energia em 2010, com base nas metas para 2020, apresentou 34,5 % de FER no eixo de aquecimento e arrefecimento (meta de 30,6 %), 41,1 % na eletricidade (meta de 55,3 %), 5,5 % nos transportes (meta de 10 %) e 24,6 % no consumo final bruto de energia (meta de 31,0 %). Atualmente mais de 45 % da eletricidade produzida em Portugal é com base na utilização de FER e cerca de 25% do consumo final de energia é satisfeito com recurso a energias renováveis[18].

Para tal, identifica e descreve as medidas específicas setoriais, bem como as medidas gerais necessárias para alcançar os compromissos globais nacionais[18].

Em termos de financiamento deste plano, é bastante semelhante ao PNAEE 2016, deriva sobretudo do Fundo de Apoio à Inovação (FAI), do Fundo Português de Carbono (FPC) e do Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN).

Com a implementação deste plano serão previstos alguns impactes tais como[18]:

- a) Criação de 70 mil novos postos de trabalho, diretos ou indiretos;
- b) Redução das emissões de GEE 28,6 Mton no horizonte de 2020, o que significa uma poupança de 286 milhões de euros ($\text{CO}_2 = 10 \text{ €/ton}$);
- c) “O impacto na balança energética poderá significar uma poupança na ordem dos 2.657 milhões de euros (Brent = 112 \$/barril; Gás Natural = 11 \$/Mbtu), o que equivale a uma redução nas importações de produtos energéticos de 3.018 milhões de m³ de gás natural no setor elétrico e 17 milhões de barris de petróleo, fora do setor elétrico (transportes, aquecimento e arrefecimento). Este esforço global de investimento nas energias renováveis

e eficiência energética permitirá reduzir a dependência energética dos atuais 79% para valores próximos dos 74% em 2020.”.

2.2.9.3 ECO.AP – Programa de Eficiência Energética na Administração Pública

O Programa de Eficiência Energética na Administração Pública – ECO.AP, lançado através da Resolução do Conselho de Ministros nº 2/2011, tem como objetivo criar as condições para obter um nível de eficiência energética de 20% até 2020 nos organismos e serviços da Administração Pública[19].

O ECO.AP tem como medidas[19]:

- a) Determinar que todos os serviços e organismos da administração direta e indireta do Estado, no prazo de 90 dias, um gestor local de energia responsável pela dinamização e verificação das medidas para a melhoria da eficiência energética;
- b) Estabelecer que cada ministério deve selecionar entidades que representem pelo menos 20% do consumo de energia desse ministério;
- c) Estabelecer que cada ministério deve concretizar, até ao final de 2013, medidas de eficiência energética em todas as entidades na sua dependência através de contratos de gestão de eficiência energética, sempre que este procedimento se mostre adequado às medidas a adotar;
- d) Promover um programa de aumento da eficiência energética na iluminação pública em articulação com o sistema de apoio do Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN);
- e) Criar o barómetro de eficiência energética da Administração Pública, destinado a comparar e a divulgar publicamente o desempenho energético dos serviços;
- f) Implementar um sistema de comercialização de certificados brancos que preveja a sua aplicação à Administração Pública, a desenvolver pela Direcção-Geral de Energia e Geologia com as entidades relevantes.

2.3 COP21 – 21ª CONFERÊNCIA DAS PARTES DA CONVENÇÃO QUADRO DA NAÇÕES UNIDAS PARA ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

A Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática foi realizada em Paris, França, entre 30 de Novembro a 11 de Dezembro de 2015.

A União Europeia desempenha um papel crucial de mediação no acordo histórico obtido no dia 12 Dezembro de 2015 em Paris, onde 196 países adotam um novo acordo mundial sobre o clima. Este acordo, ambicioso e equilibrado, é o primeiro grande acordo multilateral do século XXI, estabelecendo um plano de ação global com a intenção de direcionar o mundo para um caminho melhor, tentando evitar alterações climáticas perigosas e limitando o aquecimento global a menos de 2 °C[20].

Após a participação limitada no Protocolo de Quioto e da inexistência de acordo em Copenhaga em 2009, a EU tem vindo a estabelecer uma coligação entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento a favor da elevada ambição em que consolida o êxito da Conferencia de Paris[20].

O presente acordo visa fortalecer a resposta global à ameaça das alterações climáticas no contexto do desenvolvimento sustentável e os esforços para erradicar a pobreza, e tem como objetivos[21]:

- a) Assegurar o aumento da temperatura média global a menos de 2 °C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir os esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C, fazendo com que reduzir-se significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas;
- b) Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos adversos das alterações climáticas e a resiliência do clima e desenvolvimento de baixas emissões de GEE de forma que não ameace a produção de alimentos;

Para concretizar esta ambição comum, os governos concordaram reunir-se de cinco em cinco anos com o intuito de definir metas mais ambiciosas. Foi aceite ainda que prestem as informações, reciprocamente e ao público, sobre o progresso obtido para assegurar a transparência e supervisão[20].

3 ENQUADRAMENTO AMBIENTAL E ENERGÉTICO

Ao longo da história da humanidade, têm vindo a ser desenvolvidas diferentes formas de transformar, transportar e armazenar energia. O consumo energético é cada vez mais elevado e o seu uso é essencial para a sobrevivência e preservação da humanidade.

Nas últimas décadas registou-se um crescimento do consumo energético na União Europeia, esse crescimento é proveniente do aumento de qualidade de vida das populações. Este crescimento provocou um aumento da dependência energética da EU em relação a países terceiros.

3.1 ENQUADRAMENTO SOCIOECONÓMICO

De seguida serão apresentados alguns dos dados mais importantes de Portugal, fazendo uma comparação com os dados relativos à União Europeia. Esses dados de comparação estão relacionados com indicadores sociais e económicos de 2000 e de 2014, para que seja possível avaliar como variaram esses indicadores ao longo desses anos.

Tabela 3.1 – Dados sobre Território e População em Portugal[22]

Território e População		Portugal
Superfície (Km ²)	(2013)	92 225
Perímetro do Território Nacional (Km)	(2013)	3 904
Altitude máxima (m)	(2013)	2 351
Linha da Costa (Km)	(2013)	2 585
População residente (média anual – nº)	(2014)	10 374 822
Densidade populacional (hab./Km ²)	(2014)	112,5

Tabela 3.2 – Indicadores Económicos em Portugal e na EU-28[22]

Indicadores Económicos	Portugal		EU-28	
	2000	2014	2000	2014
PIB per capita em ppc (índice UE-28=100)	81,1	75,2 <small>(2013)</small>	100	100 <small>(2013)</small>
Dívida Pública (% do PIB)	50,3	130,2	-	86,8
Produtividade do trabalho por hora (índice UE-28=100)	62,6	65,3 <small>(2013)</small>	100	100 <small>(2013)</small>
Taxa de emprego (% de empregados dos 20 aos 64 anos)	73,5	67,6	66,6 <small>(UE-27)</small>	69,3 <small>(UE-27)</small>

Tabela 3.3 – Indicadores Sociais em Portugal e na EU-28[22]

Indicadores Sociais	Portugal		EU-28	
	2000	2014	2000	2014
Mortalidade infantil (nº de mortes por 1000 nascimentos)	5,5	2,9 <small>(2013)</small>	5,9	3,7 <small>(2013)</small>
Índice de dependência de idosos (%)	23,8	30,3	23,2 <small>(UE-27)</small>	28,2 <small>(UE-27)</small>
Taxa de desemprego (% da população ativa)	5,1	14,1	8,9	10,2

Através dos CENSOS realizados em 2011, foram analisados alguns pontos mais importantes sobre os edifícios em Portugal.

- Evolução do número de edifícios e alojamentos

De 2001 para 2011 verificou-se um aumento de 12% (cerca de 3,5 milhões de edifícios) em edifício para habitação e 16,3% (cerca de 5,9 milhões de alojamentos) em alojamentos.

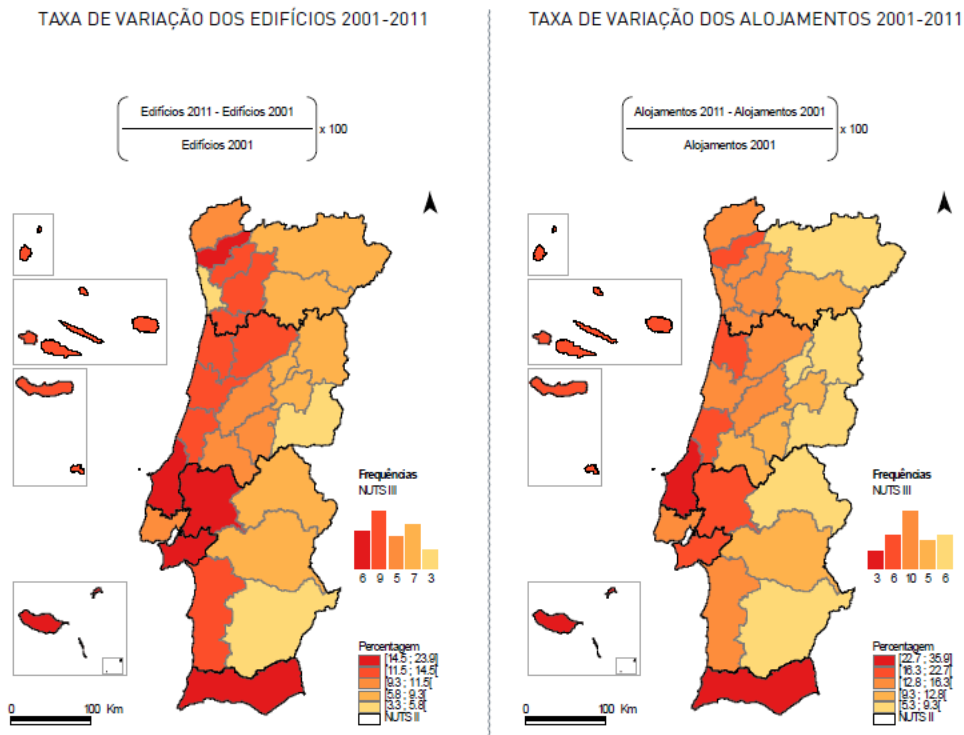


Figura 3.1 – Representação da taxa de variação dos edifícios e alojamentos em Portugal de 2001 para 2011[23]

- Índice de envelhecimento dos edifícios

O índice de envelhecimento dos edifícios em 2011 era de 176, o que significa que o número de edifícios contruídos até 1960 é menos do dobro do que aqueles que foram construído na última década (após 2001)

ÍNDICE DE ENVELHECIMENTO DOS EDIFÍCIOS, 2011

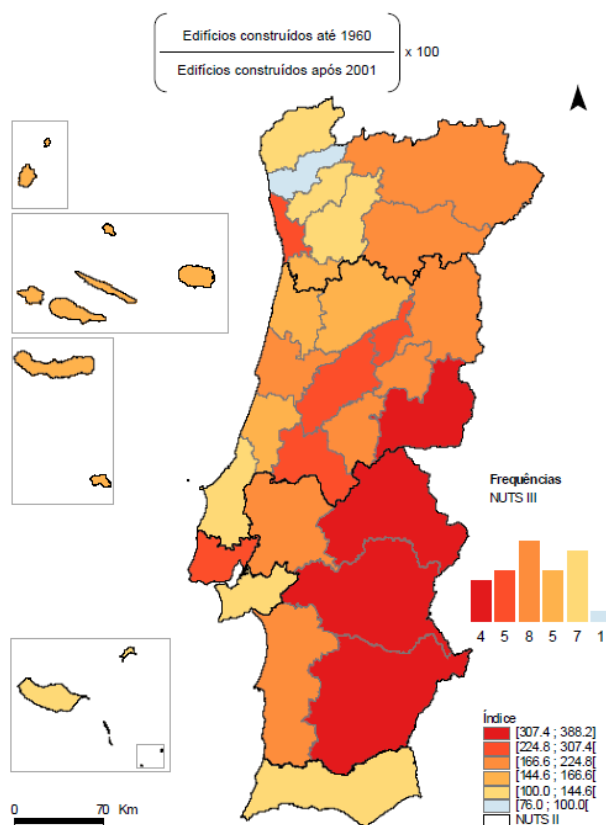


Figura 3.2 – Índice de envelhecimento dos edifícios em 2011[23]

- Estado de conservação dos edifícios

O estado de conservação dos edifícios revela que apenas 1,7% dos edifícios se encontram muito degradados e 27,3% necessitam de reparações. A maioria dos edifícios (cerca de 71%) encontram-se em bom estado de conservação e não necessitam de reparações. Estes dados são consequência direta de um parque habitacional pouco envelhecido.

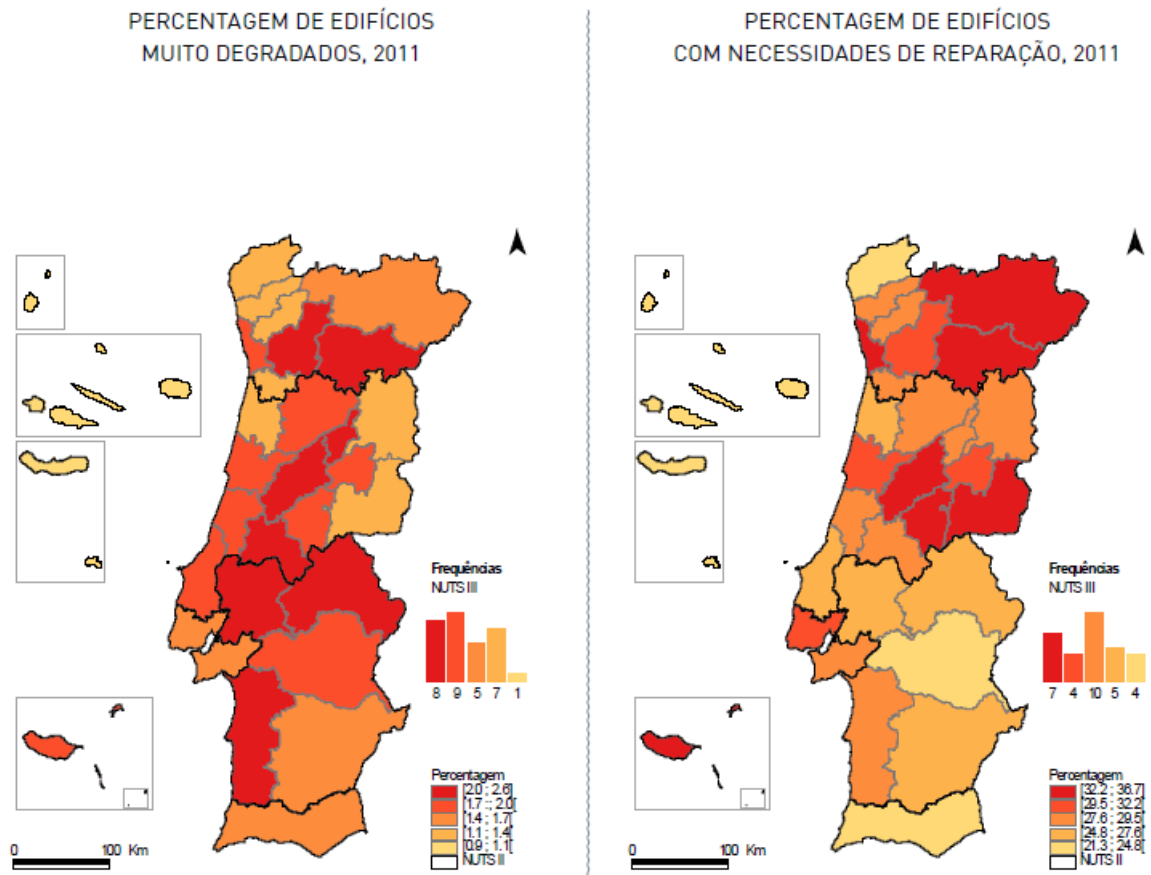


Figura 3.3 – Representa a percentagem de edifícios muito degradados e com necessidade de reparação em 2011[23]

- Pobreza energética

A pobreza energética é definida como a incapacidade de indivíduos ou famílias aquecerem adequadamente ou fornecer outros serviços de energia necessários nas suas casas a um custo acessível para os mesmos. Isto acontece devido ao aumento dos preços da energia, dos impactos da recessão sobre as economias nacionais e regionais, e da fraca eficiência energética das habitações.[24]

A EU estima que 54 milhões de cidadãos europeus (cerca de 10,8% da população da EU) não foram capazes de manter as suas casas adequadamente quentes em 2012.



Figura 3.4 – Mapeamento geográfico da percentagem da população em risco de pobreza na EU (dados de 2012)[24]

O CENSE (Center for Environmental and Sustainability Research) da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa chegou à conclusão que 22% da população portuguesa idosa não terá condições para aquecer a sua casa durante o inverno, sendo Bragança e Montalegre os concelhos com maior risco de pobreza energética[25].

Sendo Portugal um país mediterrâneo, CENSE alargou o conceito, falando também do arrefecimento das casas no verão. Este problema atingirá 29% da população.

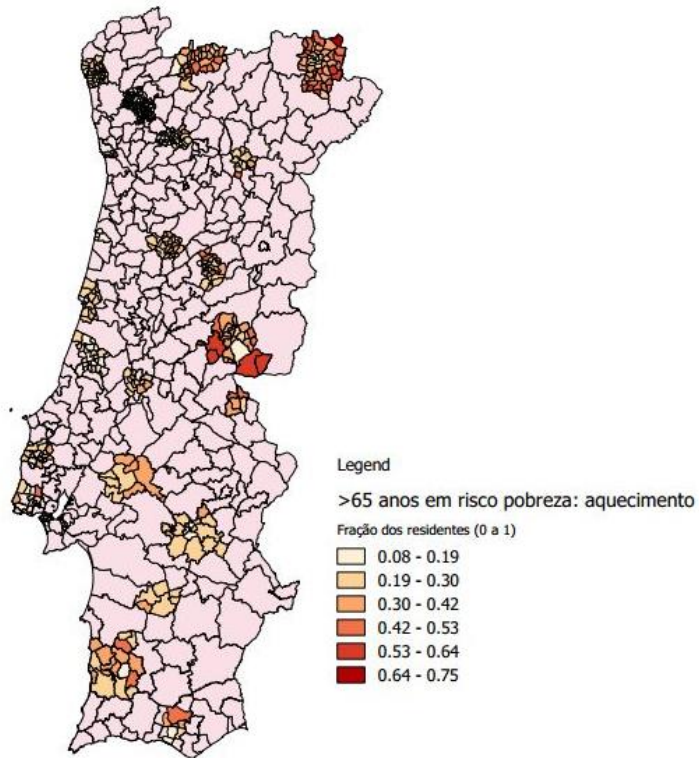


Figura 3.5 – Mapeamento do risco de pobreza de pessoas com mais de 65 anos para altura de aquecimento em Portugal[25]

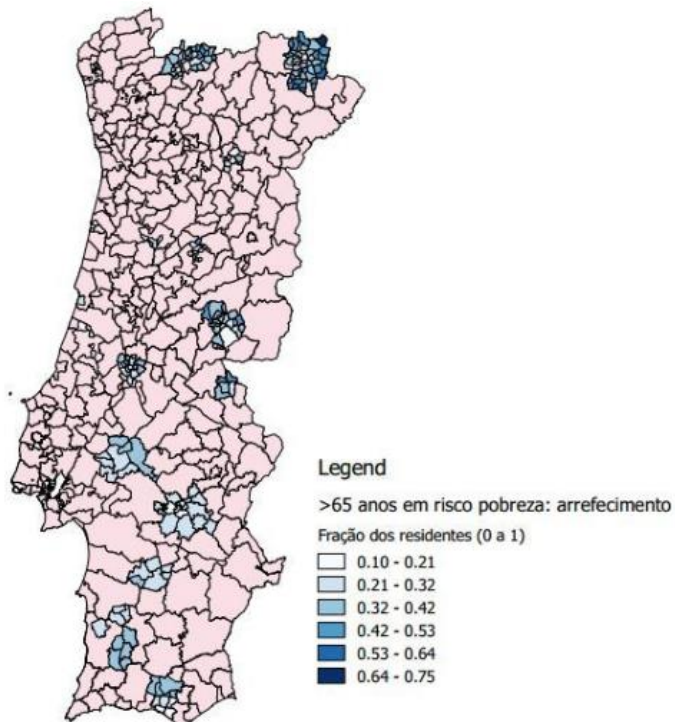


Figura 3.6 – Mapeamento do risco de pobreza de pessoas com mais de 65 anos para altura de arrefecimento em Portugal[25]

Resumindo, a pobreza energética é um conceito bastante importante não só para Portugal, mas também para toda a EU, pois é algo que afeta uma percentagem significativa da população. E por ser cada vez mais importante, na Europa o Reino Unido tem trabalhado em combater este problema nas últimas décadas.

3.2 PRINCIPAIS INDICADORES ENERGÉTICOS

3.2.1 Produção e consumo de energia

No que diz respeito à energia, os sectores que consomem a energia dos países são: pesca e agricultura, serviços, habitação, industria e transportes.

Em 2013 o consumo final total de energia foi de[26]:

- Transportes – 348,5 Mtep (31,6 %)
- Habitação – 295,9 Mtep (26,8 %)
- Industria – 276,6 Mtep (25,1 %)
- Serviços – 152,5 Mtep (13,8 %)
- Pesca e agricultura – 30,2 (2,7 %)

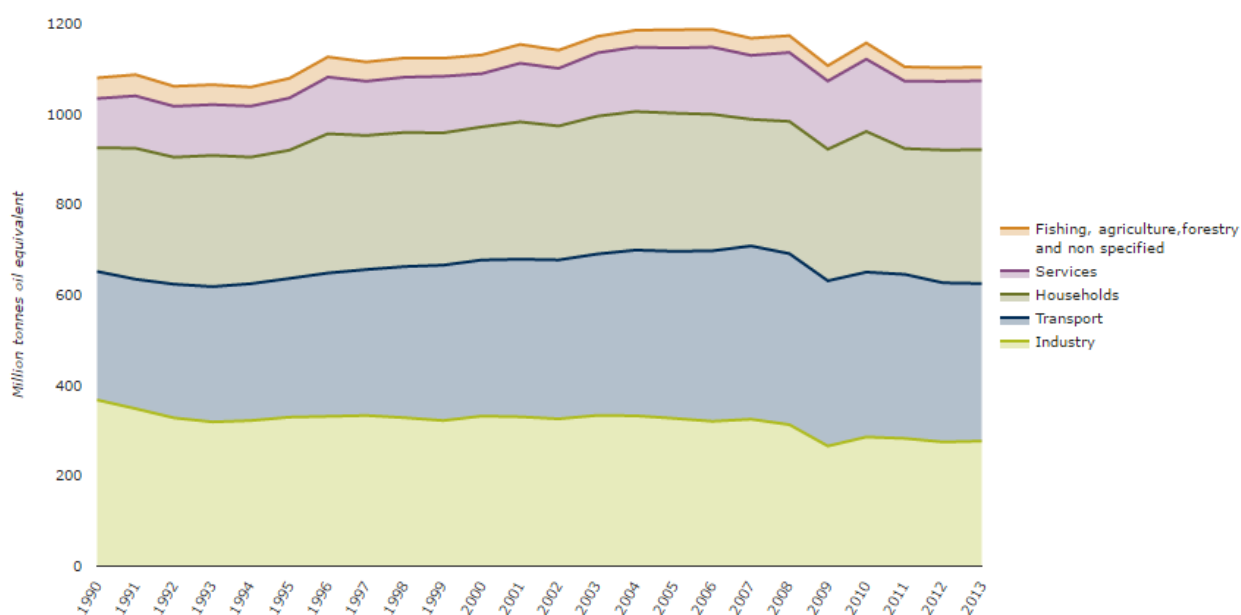


Figura 3.7 – Consumo final total de energia, por setor, na EU-28[26].

No que diz respeito as metas para a eficiência energética para 2020, Portugal em 2020 tem de ter 17,4Mtep de consumo final de energia e em 2013 o valor de consumo final de energia de 15,8 Mtep, ou seja já se encontra abaixo da meta para 2020 (cerca de -8,9%).

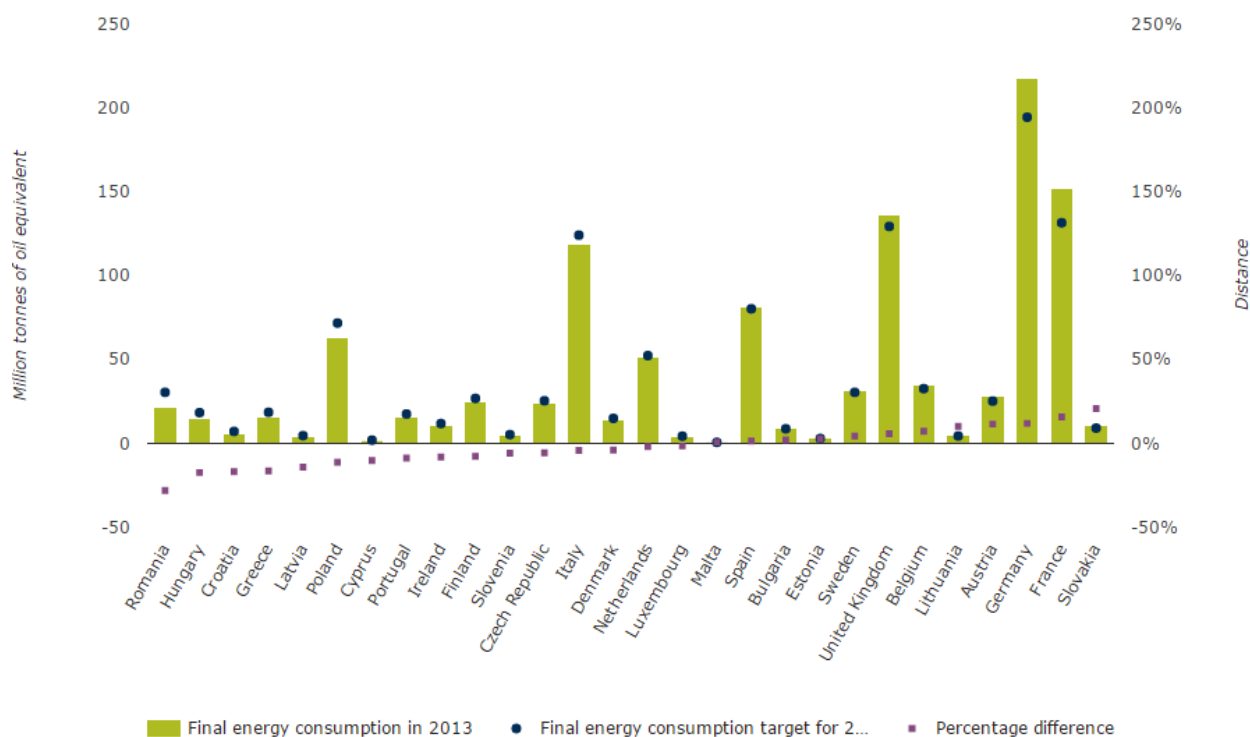


Figura 3.8 – Comparação da diferença percentual entre o consumo final de energia em 2013 e as metas para 2020 do consumo final anual (organizada da esquerda para a direita o maior valor negativo da diferença para o maior valor positivo)[27]

A energia pode ser produzida através de diferentes fontes. Após a análise dos diferentes tipos de combustível, pode ser concluído que o combustível mais usado para a produção de energia são os produtos petrolíferos (472 milhões de tep em 2013), de seguida, é o gás natural (373 milhões de tep em 2013), os combustíveis sólidos (285 milhões de tep em 2013), a energia nuclear (226 milhões de tep em 2013), e por último, as energias renováveis (197 milhões de tep em 2013)[26].

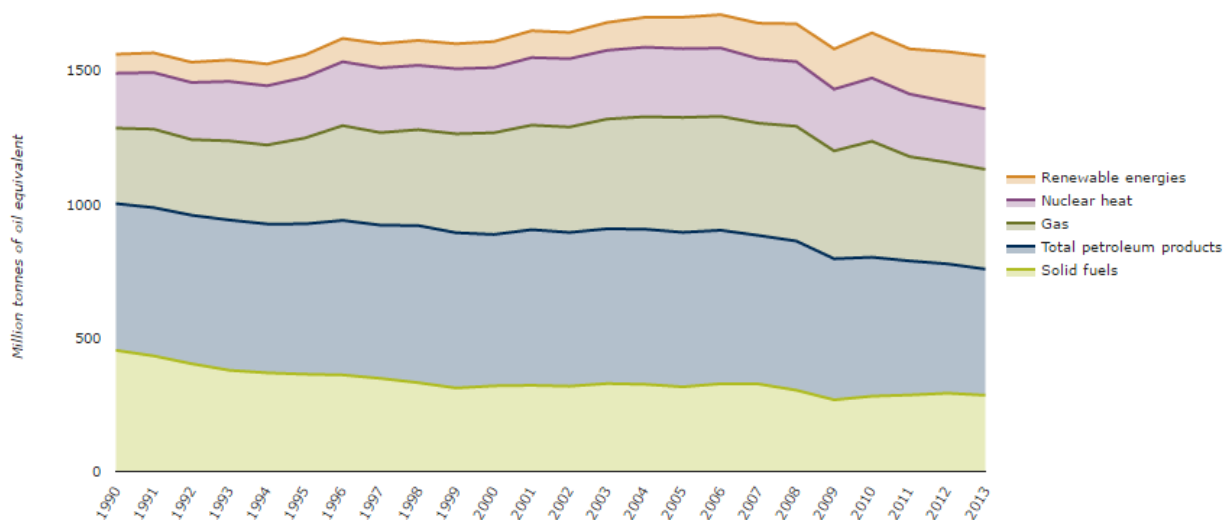


Figura 3.9 – Consumo de energia primária, por fonte energética, na EU-28[26].

No que diz respeito a Portugal, a fonte de energia mais utilizada ao longo dos anos no consumo de energia primária é o petróleo e derivados, embora tenha vindo a diminuir. Em 2005 tinha um consumo de 59,2% e passou para 44,7 % em 2014. Neste ano a segunda fonte mais usada foi o gás natural (16,3%), seguida da biomassa (13,3%), o carvão (12,5%) e a energia elétrica (12,2%).

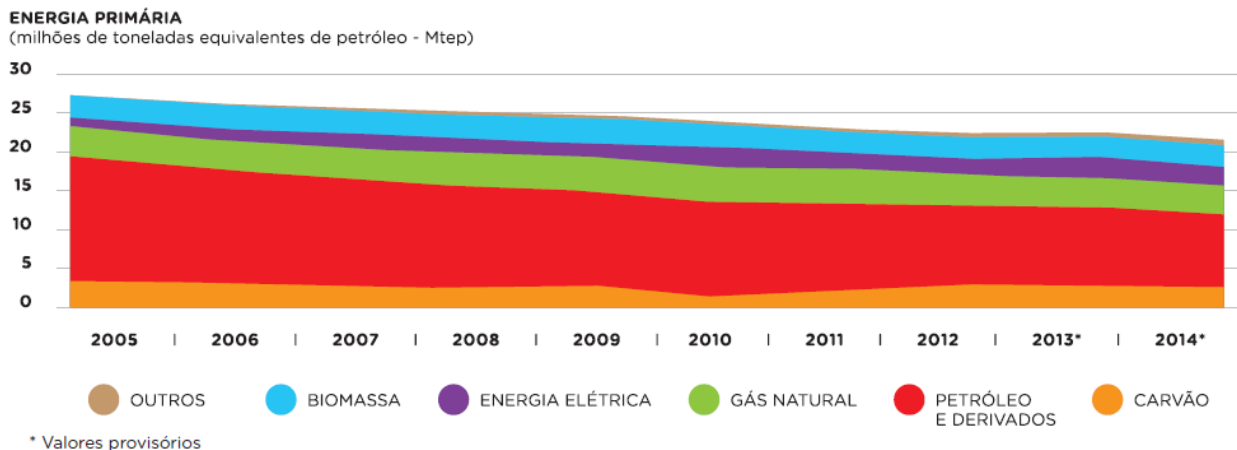


Figura 3.10 – Consumo de Energia Primária por Fonte Energética[22]

Em termos de consumo de energia no sector doméstico são considerados seis tipos de utilização de energia, que são: aquecimento do ambiente, arrefecimento do ambiente, aquecimento das águas, iluminação, cozinha e os equipamentos elétricos. Através do inquérito feito pela DGEG em 2010, pode ser verificado que os equipamentos da cozinha são os que mais consomem eletricidade numa habitação, seguido dos equipamentos elétricos e a iluminação.

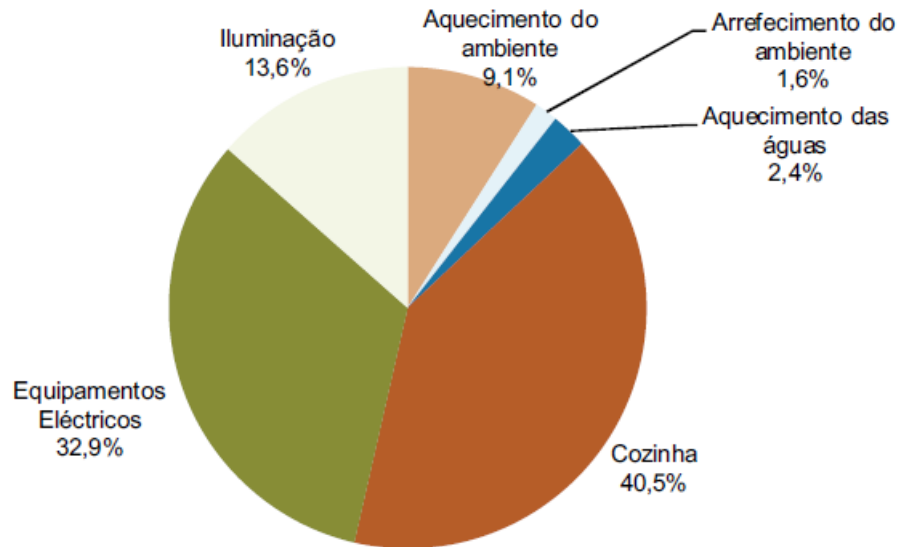


Figura 3.11 – Distribuição do consumo de Eletricidade no sector doméstico, por tipo de utilização – Portugal, 2010[28]

3.2.2 Dependência energética

A dependência energética deriva da necessidade que a EU tem de importar a países terceiros, os combustíveis para a produção de energia para o seu próprio consumo.

A dependência energética pode ser calculada através da seguinte expressão[29]:

$$Dependência\ Energética\ [\%] = \frac{Imp - Exp}{CEP + NMI + AI} \times 100$$

Em que:

Imp – Importações

Exp – Exportações

CEP – Consumo de Energia Primária

NMI – Navegação Marítima Internacional

AI – Aviação Internacional

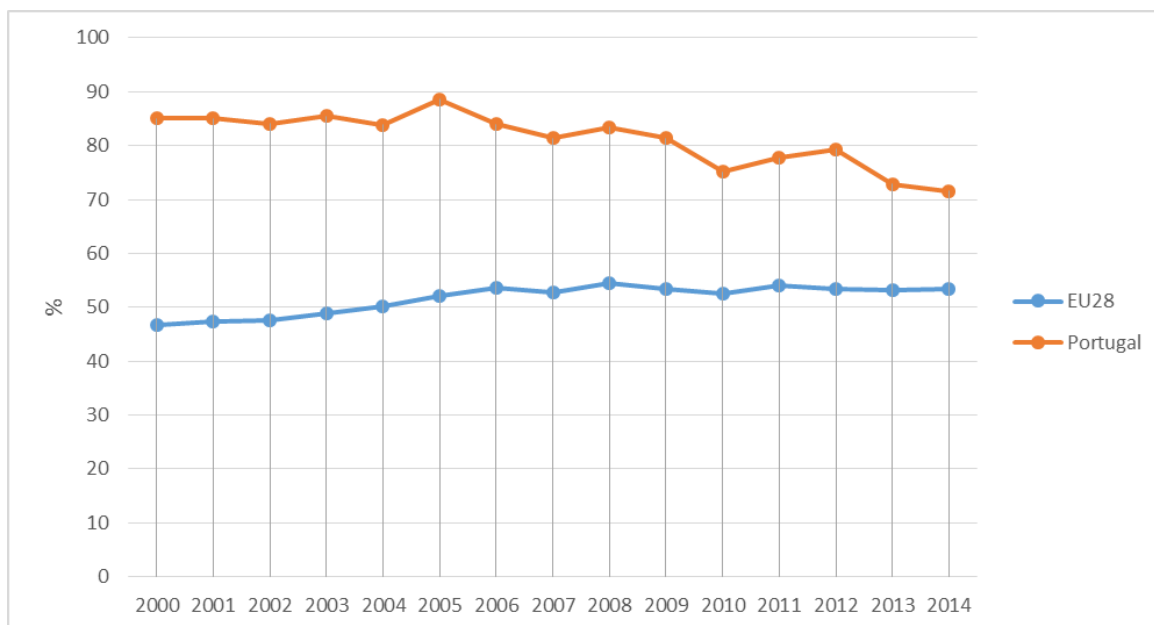


Figura 3.12 – Dependência energética da EU-28 e Portugal[30].

Analisando a figura 3.12 verifica-se que desde 2000 a dependência da EU, aumentou significativamente, cerca de 6,8%. Demonstrando assim que a diminuição de produção de energia, não foi acompanhada pela diminuição do consumo da mesma. Em 2014 a dependência energética da EU foi de 53,5%, o que significa que a EU apenas produz cerca de metade da energia que consome.

Por outro lado Portugal contrariou a tendência da EU, diminuindo a sua dependência energética desde 2000. No entanto com um valor de 71,6%, Portugal continua muito acima da média europeia, apesar de já ter diminuído cerca de 13,5% em relação ao valor de 2000.

A forte descida da dependência em Portugal deriva principalmente da redução do consumo de carvão e gás natural na produção de energia elétrica, a maior contribuição foi proveniente da produção hídrica com um aumento de 127% e a eólica de 17%[29].

Comparando agora a dependência energética entre os diferentes países da EU-28, verifica-se que em 2014 Portugal foi o 9º país com maior dependência energética[31].

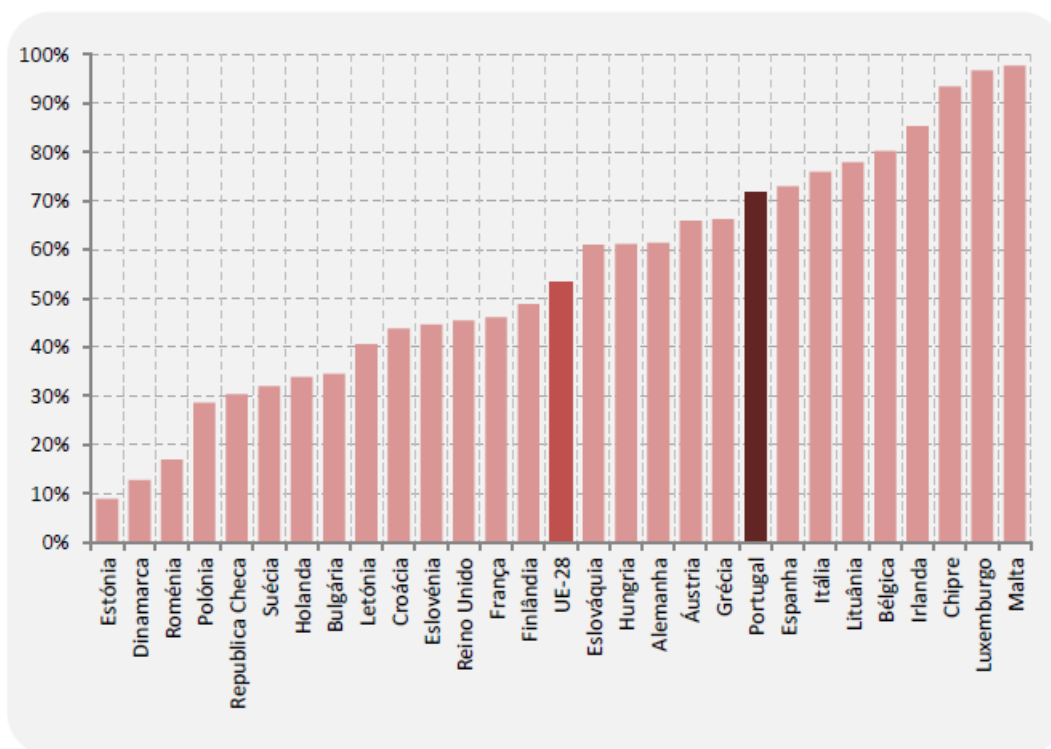


Figura 3.13 – Dependência Energética na EU-28 em 2014[31]

3.2.3 Intensidade energética

Em termos de evolução da intensidade energética em Portugal, tanto a intensidade energética da economia em energia final como a intensidade energética da economia em Eletricidade tem vindo a diminuir desde 1995, por outro lado a intensidade energética da economia em energia primária aumentou significativamente desde 1995, como pode ser observado na figura 3.14.

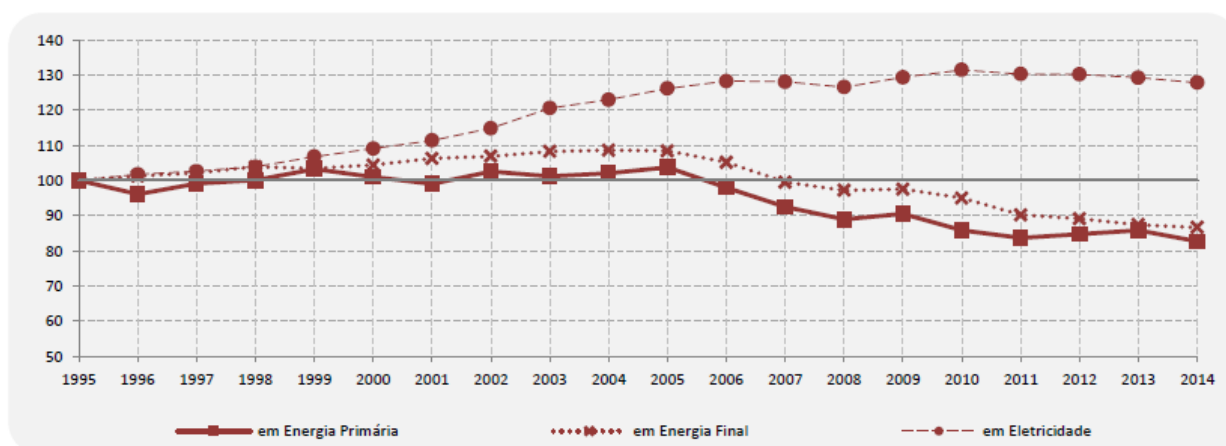


Figura 3.14 – Evolução da Intensidade Energética em Portugal (1995=100)[31]

Quando se compara os valores dos países da EU-28, e relação ao indicador de intensidade energética da economia em energia primária, constata-se que em 2014 Portugal foi o 13º país com menor intensidade energética, cerca de 10.7% acima da média da EU-28.

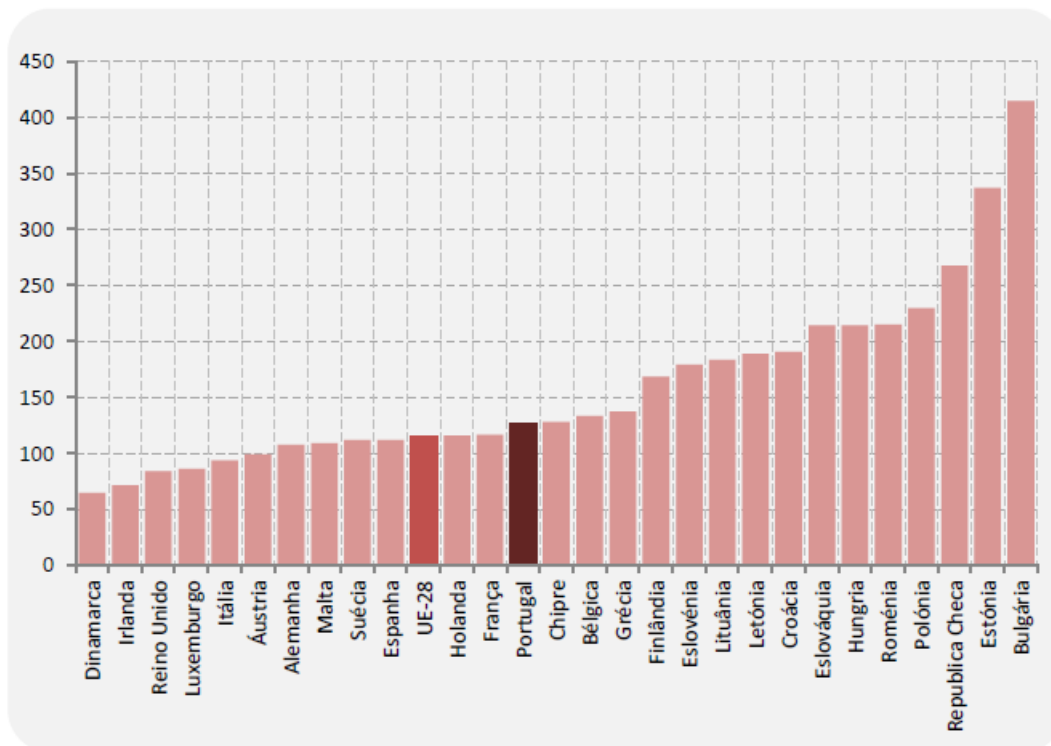


Figura 3.15 – Intensidade Energética da Economia em Energia Primária na EU-28 em 2014 (tep/M€)[31]

Comparando agora a evolução da intensidade energética por sector de atividade a partir de 1995, pode se verificar que apenas o sector dos serviços sofreu um grande aumento em 2004, e agora tem vindo a diminuir estando ainda acima dos valores de 1995. Todos os outros sectores (industria, transportes, domestico, agricultura e pesca) em 2014 atingiram valores inferiores aos de 1995.

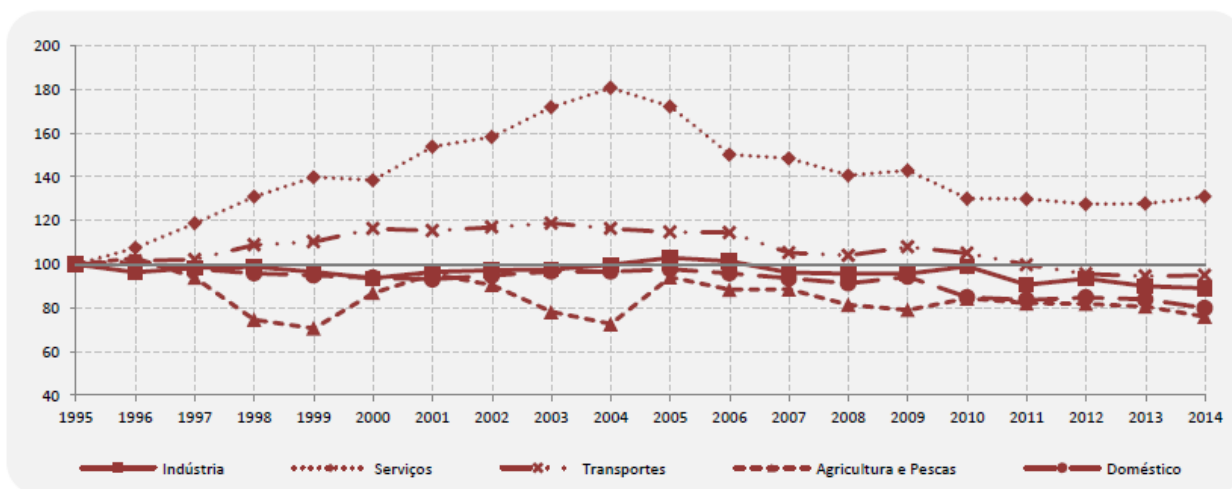


Figura 3.16 - Evolução da Intensidade Energética por sector de atividade (1995=100)[31]

3.2.4 Indicadores *per capita*

Em relação aos indicadores de consumo de energia *per capita*, em 2014, constata-se que na energia primária um consumo de 2 tep/habitante, na energia final 1,5 tep/habitante e por ultimo na eletricidade um valor de 4,5 MWh/habitante. O que significa que desde 1995 os valores têm aumentado, principalmente a eletricidade.

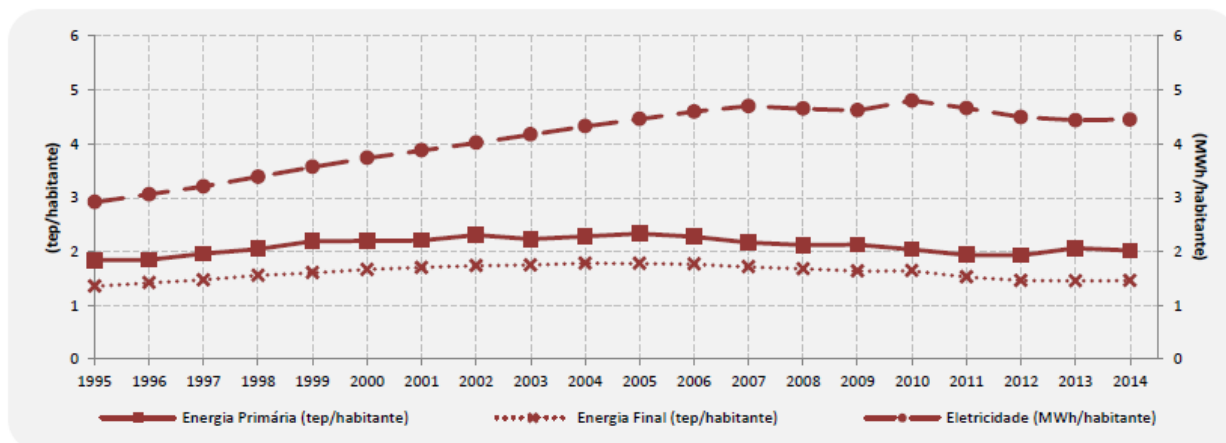


Figura 3.17 – Evolução do Consumo de Energia *per capita* em Portugal[31]

Comparando os valores de Portugal com os valores do resto dos países da EU-28, Portugal foi o 4º país com o menor consumo de energia primária *per capita* e 7º no consumo de energia final *per capita*.

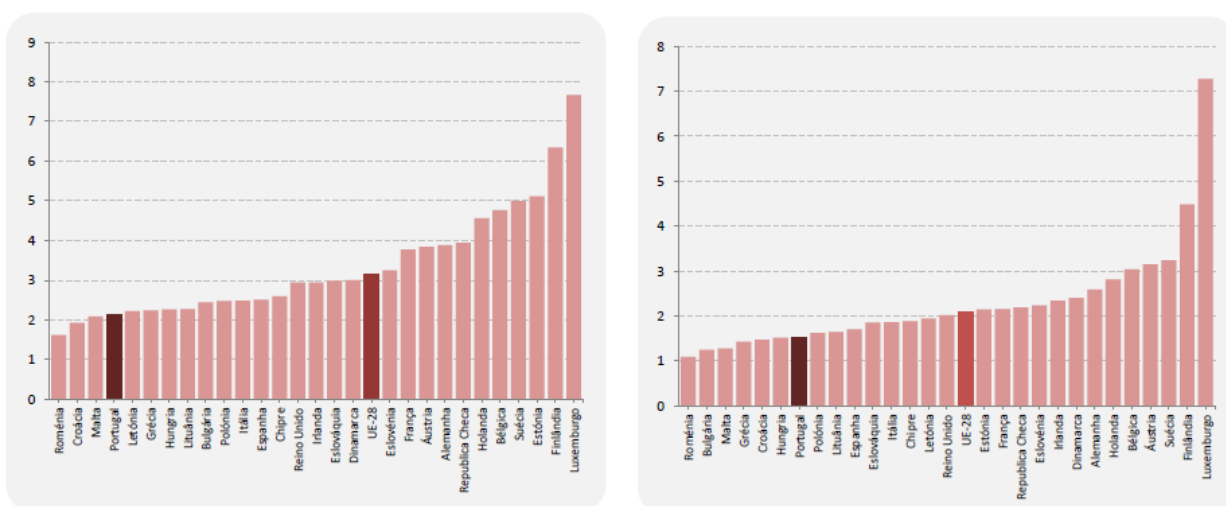


Figura 3.18 – À esquerda é o Consumo de Energia Primária per capita na EU-28 em 2014 (tep/habitante), à direita é o Consumo de Energia Final per capita na EU-28 em 2014 (tep/habitante)[31]

3.2.5 Emissões de Gases com Efeito de Estufa

As emissões de Gases com Efeito de Estufa têm sofrido uma redução significativa os últimos anos, devido a medidas tomadas neste âmbito, especialmente no setor da energia que constitui cerca de 70% das emissões totais de GEE.

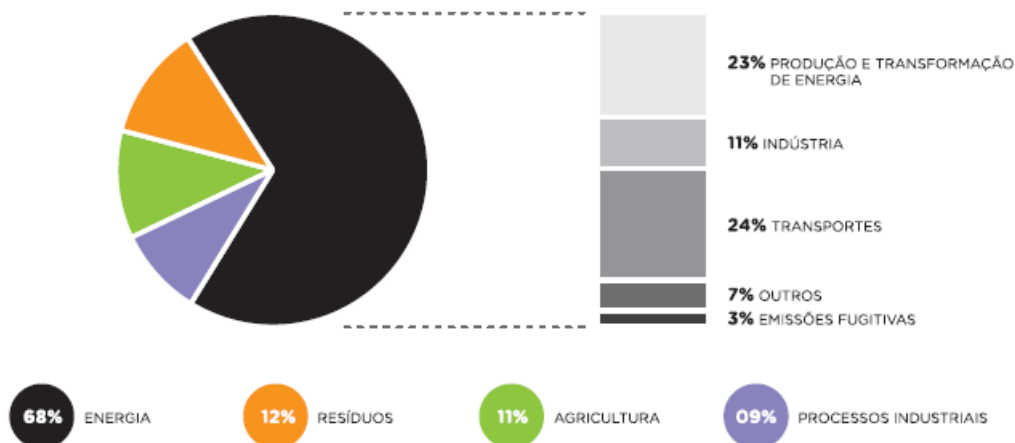


Figura 3.19 – Emissões dos Principais GEE em 2013, por setor de atividade[22]

Comparando as emissões totais de GEE por habitante ao nível dos países da EU-28 em 2013, verifica-se que Portugal apresenta um dos valores mais baixos, cerca de 30% inferior em relação ao valor médio da EU-28.

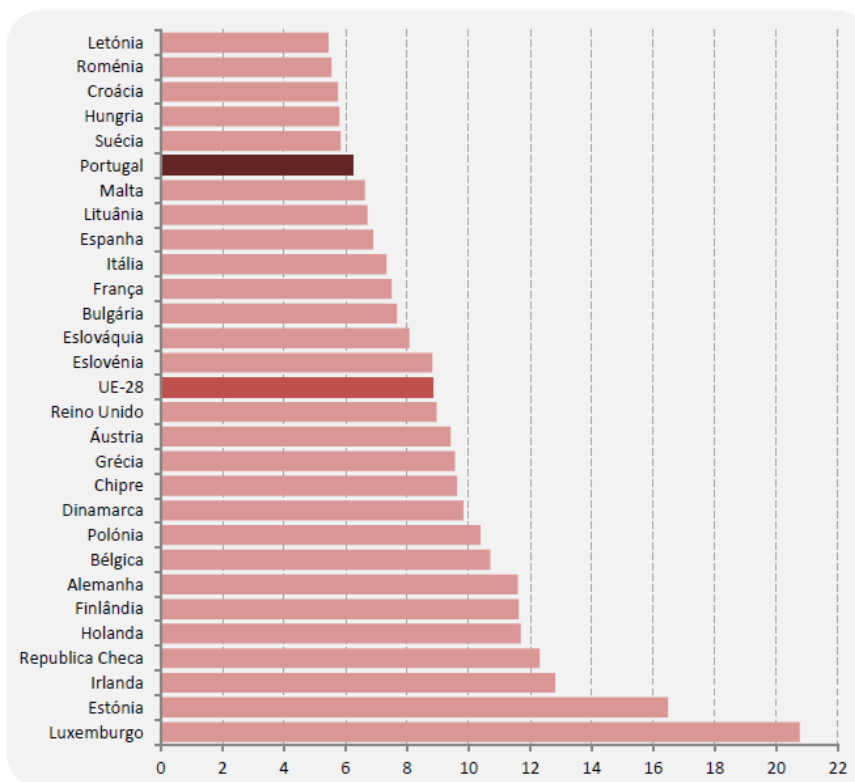


Figura 3.20 – Emissões de GEE na EU-28 em 2013 (ton CO₂/habitante)[31]

3.2.6 Energias renováveis

A produção doméstica de energia primária em Portugal baseia-se em Fontes de Energia Renovável (FER). Em 2013 foram produzidas 5,5 Mtep de energia renovável, das quais 52% são provenientes da biomassa e 42,8% são provenientes de hidroeletricidade, eólica, fotovoltaica e geotérmica.

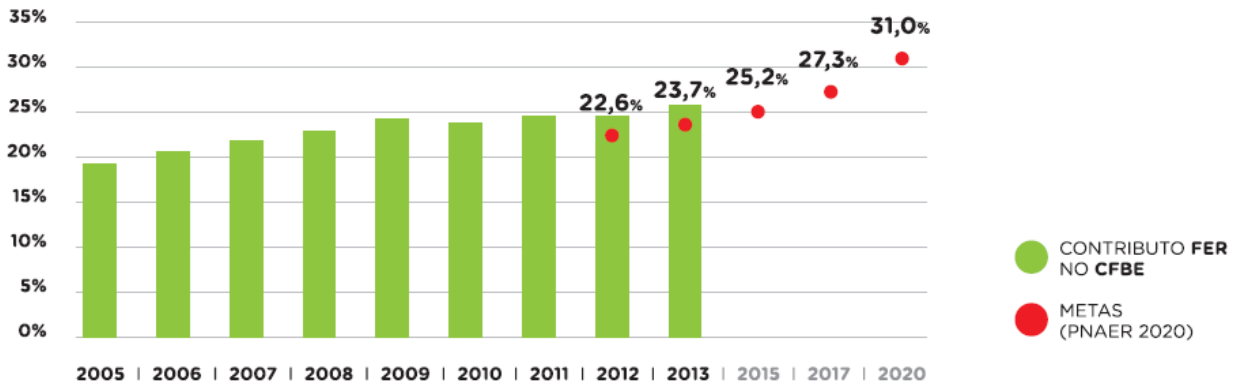
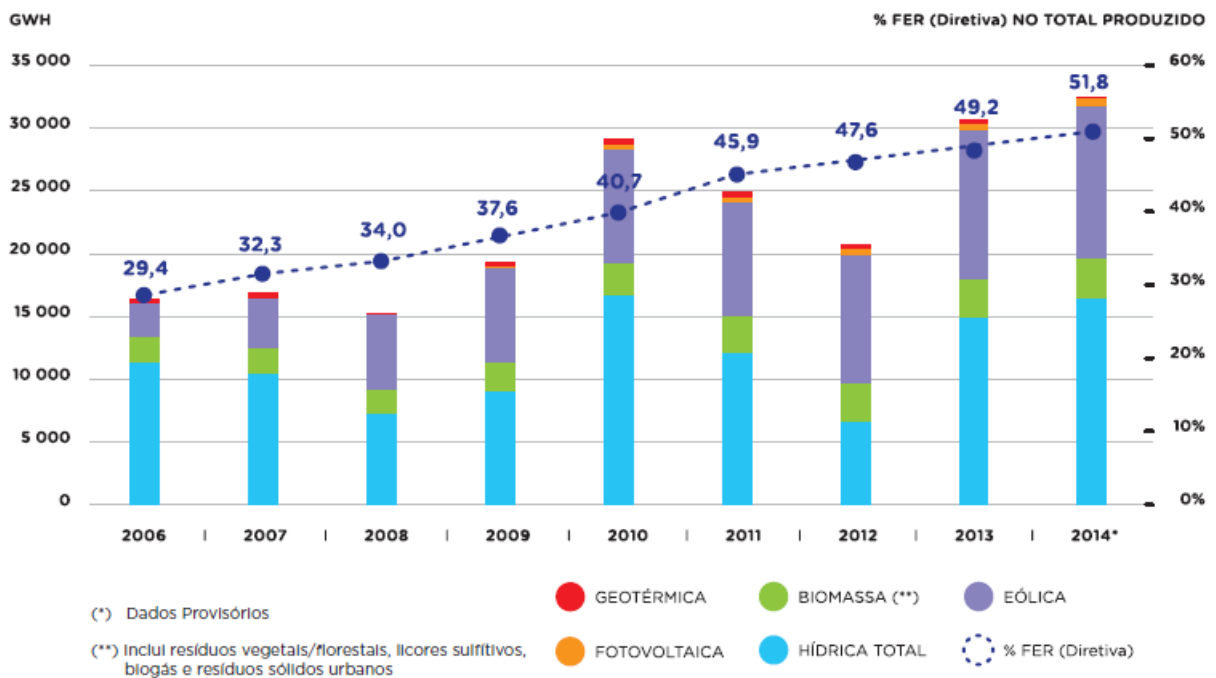


Figura 3.21 – Evolução da trajetória mínima de FER no Consumo Final Bruto de Energia (CFBE)[22]

Em 2013 o Consumo Final Bruto de Energia com o contributo das FER foi de 25,7% que está acima da meta estabelecida pelo PNAER 2020 que é de 23,7%.

Em relação à energia elétrica produzida com base em FER, observou-se um pequeno acréscimo em 2014 devido ao aumento da produção hídrica. Comparando com outros países da EU-28, Portugal é o 6º país com maior incorporação de energias renováveis.



(*) Dados Provisórios

(**) Inclui resíduos vegetais/forestais, licores sulfúricos, biogás e resíduos sólidos urbanos

● GEOTÉRMICA ● BIOMASSA (**) ● EÓLICA
 ● FOTVOLTAICA ● HÍDRICA TOTAL ● % FER (Diretiva)

Figura 3.22 – Produção anual de energia elétrica com base em FER, em Portugal[22]

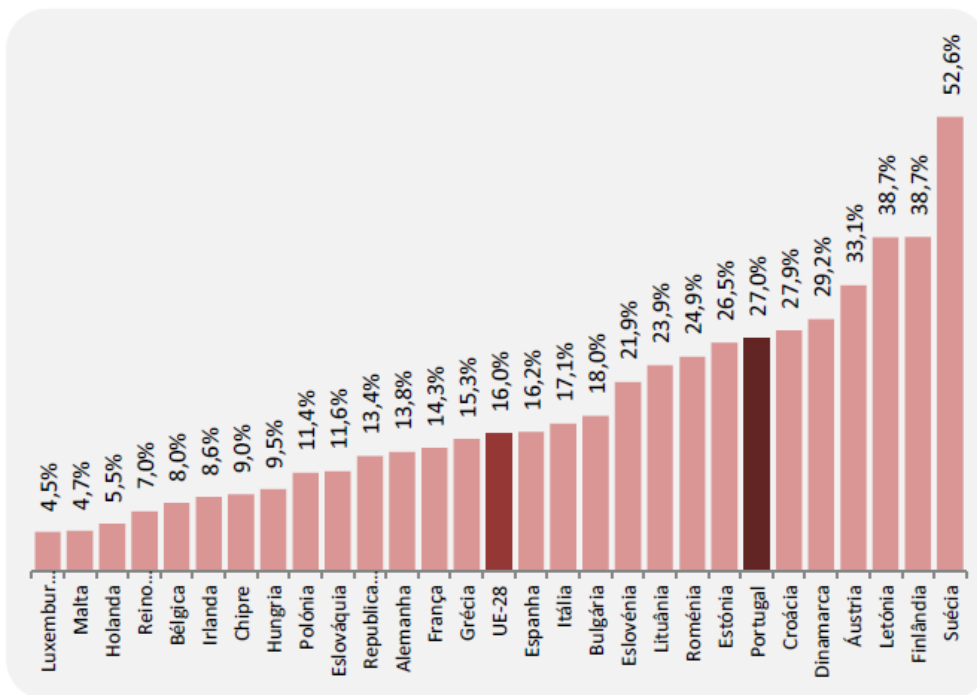


Figura 3.23 – Comparação da meta global de FER entre os países da EU-28 em 2014[31]

4 NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS (NZEB) – EDIFÍCIOS COM CONSUMO ENERGÉTICO QUASE NULO

4.1 MOVIMENTO PASSIVHAUS

O conceito Passivhaus refere-se a uma construção normativa de baixo consumo energético desenvolvida nos anos de 1990, pelo Dr. Wolfgang Feist, do Instituto Passivhaus, na Alemanha. É o desempenho energético normativo com crescimento maior e mais rápido no Mundo, com mais de 30 000 edifícios construídos de acordo com os princípios Passivhaus, sendo a maioria desses edifícios construídos desde 2000 com projetos concluídos no Reino Unido. [32]

O foco central da Passivhaus é a redução drástica da necessidade de aquecimento e arrefecimento dos espaços, criando ao mesmo tempo níveis excelentes de conforto interior. Estes níveis são atingidos através da adoção de bons isolamentos térmicos para a envolvente que tenham níveis excecionais de estanquidade e o uso de ventilação mecânica em toda a habitação. [32]

Em 1991, foi construída a primeira habitação segundo as normas da Passivhaus em Darmstadt, Alemanha. O instituto Passivhaus (PHI) monitoriza cerca de 250 projetos Passivhaus em toda a Europa, como parte do projeto CEPHEUS Europeu. [32]

O objetivo do projeto CEPHEUS consiste na construção de cerca de 250 habitações de custo eficiente, em cinco países Europeus, que estejam em conformidade com as normas Passivhaus, incluindo processos científicos e avaliação do funcionamento dos edifícios, através de programas de medição.[33]

Os países onde já foram construídas estas habitações Passivhaus de custo eficiente são: Suécia (20 habitações), Alemanha (72 habitações), Áustria (84 habitações), Suíça (17 habitações) e França (40 habitações), estando a maioria das habitações já habitadas. [33]

O conceito Passivhaus já se encontra bastante divulgado por toda a Europa. Tendo sido criados alguns estabelecimentos focados neste conceito por toda a Europa, os mais importantes são Passivhausinstitut em Darmstadt, Alemanha (PHI) e o Building Research Establishment no Reino Unido (BRE).

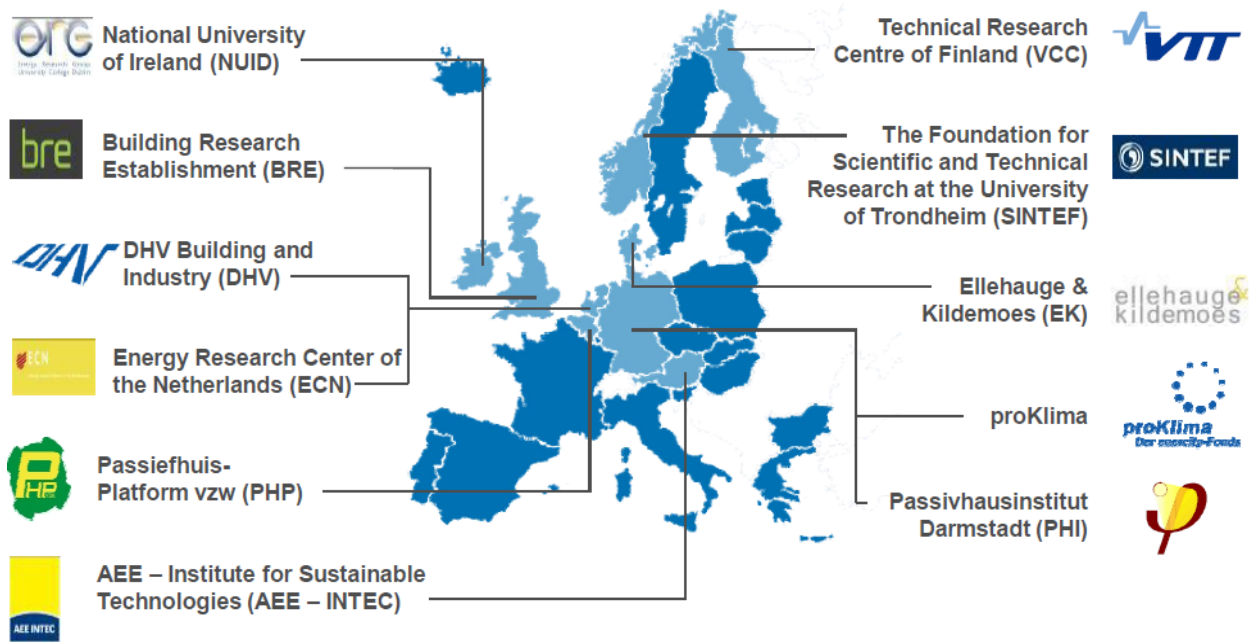


Figura 4.1 – Representação geográfica dos vários estabelecimentos focados no conceito Passivhaus[34]

Esta iniciativa Europeia de grande escala serve para demonstrar a viabilidade do conceito Passivhaus e desenvolver estratégias para a divulgação do mesmo, bem como criar os pré-requisitos para a introdução deste tipo de habitações no mercado. Este projeto definiu as seguintes metas[33]:

- Demonstrar a viabilidade técnica, ou seja perceber os índices de energia predefinidos de edifícios diferentes e de tipos de construção nos vários países da Europa;
- Examinar a aceitação por parte dos investidores e potenciais comparadores bem como o comportamento do usuário nas condições realistas através de uma apresentação de vários casos de estudo;
- Testar a aplicabilidade da qualidade das Normas Passivhaus em toda a Europa, em especial o aspeto de planeamento e construção de custo eficiente;
- Estimular ainda mais as atividades no domínio da energia e edifícios de custo eficiente e para avançar o desenvolvimento e comercialização de tecnologias inovadoras adequadas para habitações Passivhaus.

Desde a conclusão do projeto CEPHEUS, o conceito de Passivhaus obteve uma adoção generalizada inicialmente em torno da Europa e nos últimos anos em todo o Mundo. [32]

As normas Passivhaus pode ser aplicado não só em habitações residenciais, mas também em edifícios comerciais, industriais e públicos. Isto levou à seguinte definição funcional de Passivhaus – a Passivhaus é um edifício, para qual o conforto térmico pode ser alcançado apenas por pós-aquecimento ou pós-arrefecimento do ar fresco, que é o necessário para atingir as condições de qualidade de ar suficientes,

sem haver a necessidade de recorrer a recirculação de ar adicional. Isto significa que a exigência de aquecimento numa Passivhaus é tao reduzida que não é considerado essencial um sistema de aquecimento tradicional, o arrefecimento também é minimizado pelos mesmos princípios e através da utilização de sombreamento e em alguns casos por meio de pré-arrefecimento do fornecimento do ar.[32]

- Princípios base da Passivhaus

A Passivhaus é uma performance baseada na avaliação da energia, os seguintes critérios da Passivhaus são aquelas que devem ser cumpridas para que a certificação seja atingida.[32]

Tabela 4.1 – Metas da Passivhaus[32]

Critérios	Valores máximos
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
Necessidades nominais anuais globais de energia primária	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
Taxa de renovação do ar	$\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

As necessidades nominais anuais globais de energia primária deve incluir o aquecimento do espaço, a água quente doméstica, iluminação, ventiladores e bombas e o consumo dos equipamentos. O conforto térmico é também um ponto muito importante para a Passivhaus. Uma Passivhaus certificado não deve atingir temperatura inferior a 16 °C, mesmo sem aquecimento no inverno com os meses mais frios, isto é possível através de excelente desempenho térmico e taxas baixas de infiltração de ar.[32]

- Diretrizes alvo

Para atingir o requisito de aquecimento do espaço de 15 kWh/m².ano ou menos significa que as seguintes diretrizes alvo são alcançadas[32]:

- ✓ Envoltente da habitação recomendada com $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2.\text{°C}$
- ✓ Para janelas e portas (caixilharia e vidro) - $U \leq 0,8 \text{ W/m}^2.\text{°C}$ (0,85 W/m².°C instalado)

- ✓ Pontes térmicas idealmente deviam ser eliminadas, $\psi < 0,01 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ é considerado livre de pontes térmicas
- ✓ Ventilação mecânica com recuperador de calor com eficiência de 75% ou melhor, com baixa potência de ventilador

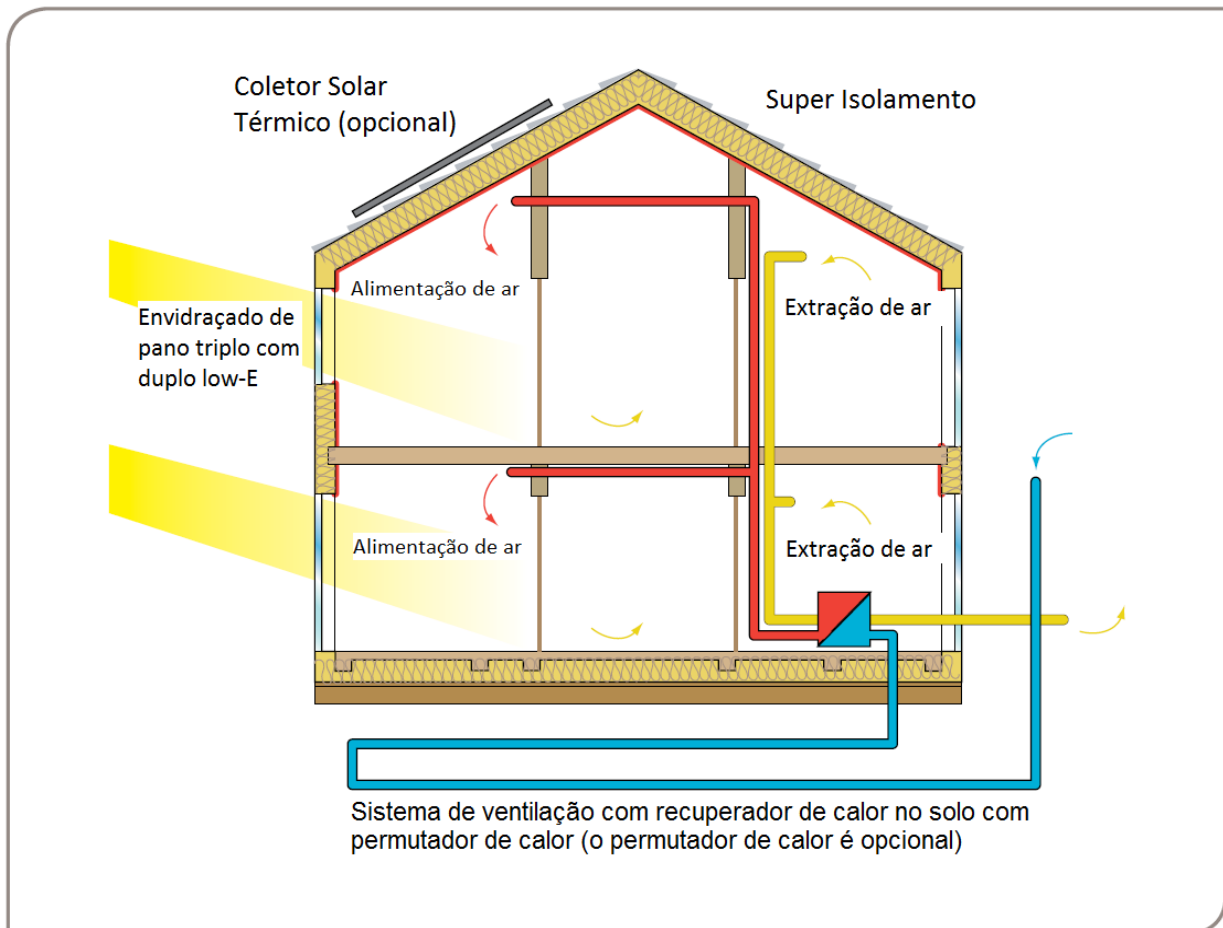


Figura 4.2 – Esquema exemplificativo de uma habitação Passivhaus padrão [32]

Embora seja possível alcançar as normas Passivhaus em edifícios novos, na reabilitação de um edifício existente e para estar totalmente certificado como “Qualidade Aprovado Passivhaus” é uma tarefa complicada de atingir sem envolver grandes trabalhos de construção e custos acentuados.

O EnerPHit foi desenvolvido como guia para boas práticas de reabilitação para as renovações Passivhaus. O padrão EnerPHit pode ser alcançado através de critérios menos exigentes que os da Passivhaus. Esses critérios são os seguintes:

Tabela 4.2 – Critérios de EnerPHit comparando com os da Passivhaus[32]

Critérios	Passivhaus	EnerPHit
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	$\leq 25 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
Necessidades nominais anuais globais de energia primária	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
Taxa de renovação do ar	$\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$	$\leq 1,0 \text{ h}^{-1}$

- Isolamento e pontes térmicas

Todos os elementos construtivos térmicos opacos (paredes exteriores, pavimentos e coberturas) devem ter valores de $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$. Além disso, todas as pontes térmicas significativas devem ser eliminadas – na Passivhaus isso é considerado ter um $\psi \leq 0,01 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$. [32]

O princípio mais importante da Passivhaus é o isolamento. Este deve ser aplicado continuamente em torno de toda a envolvente do edifício sem criar pontes térmicas. Este processo reduz significativamente as perdas de calor, tornando-as desprezáveis. Outra consequência deste processo é que todas as superfícies internas têm a mesma temperatura que o ar interior, o que leva a um clima interior confortável e evita danos na habitação pela humidade devido a condensações internas.

O isolamento térmico também protege contra o calor nos períodos mais quentes do verão. Para garantir um elevado conforto térmico no verão é importante ter o sombreamento bem projetado e ventilação suficiente.

A Passivhaus permite o uso de todos os métodos construtivos e estes foram testados com sucesso: alvenaria, madeira leve, elementos pré-fabricados, moldes isolante para betão (ICF), aço e todas as combinações destes métodos.

O sistema construtivo ICF (Insulated Concrete Forms) é constituído por blocos de EPS que apos a sua montagem são preenchidos com betão armado, formando as paredes dos edifícios. Esta combinação cria uma parede com propriedades de exceção, destacando o elevado isolamento térmico e acústico, superior segurança contra incêndios e elevada resistência estrutural.[35]

Este é um sistema de construção tecnicamente avançado, que não é pré-fabricado, permitindo uma poupança considerável de custos e energia em todas as habitações. Esta é uma tecnologia de rápida execução e excelentes índices de sustentabilidade ambiental. [35]

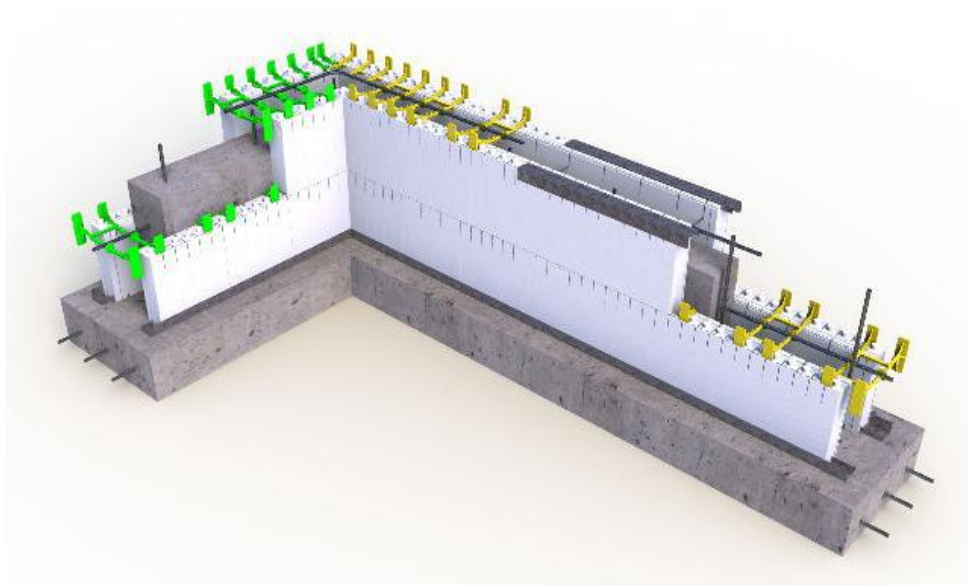


Figura 4.3 – Sistema Construtivo ICF

- Janelas e portas

Os envidraçados devem ser de pano triplo e tanto as portas como as janelas devem atingir o valor U de $0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ ($0,85 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ instalado). Idealmente o Instituto Passivhaus deve especificar unidades certificadas. A vantagem de ser pano triplo é que a superfície da janela é semelhante às da superfícies circundantes o que significa que os ocupantes não experienciam qualquer desconforto térmico devido às diferenças de temperatura. [32]

- Taxa de renovação do ar

A estanqueidade da habitação deve ser menor ou igual a 0,6 renovações de ar por hora, isto é a média de pressurização e despressurização.

Atingindo estes níveis de estanquidade de ar da Passivhaus pode eliminar problemas como fugas de ar indesejado o que pode levar a um aumento da exigência de aquecimento dos espaços interiores, causando desconforto com correntes de ar e possibilidade de provocar humidades no edifício que reduz a vida útil do mesmo. [32]

- Ventilação mecânica com recuperador de calor (VMRC)

Uma unidade VMRC deve ser especificada e a sua capacidade de recuperar calor deve ser superior a 75% e também um ventilador de baixa potência. Idealmente a unidade especificada deve ser certificada pelo PHI.

Devido à necessidade para um edifício extremamente hermético a VMRC é essencial para manter a qualidade do ar interior, através da substituição de odores indesejados, humidade e dióxido de carbono gerado na habitação por ar fresco rico em oxigénio. [32]

O Instituto Passivhaus criou um programa chamado Passive House Planning Package (PHPP) em 1998, este é uma das ferramentas de projeto mais eficazes para a conceção de edifícios com baixo consumo energético. Pode parecer complicado devido à extensão de folhas de cálculo interligadas que possui, folhas essas normalmente usadas pelo Microsoft Excel, contudo quando são analisadas folha a folha torna-se bastante simples de usar.

Os principais resultados obtidos por este programa são[36]:

- As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh / m².ano)
- Conforto térmico no verão com arrefecimento ativo: as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh / m².ano)
- Conforto térmico no verão com arrefecimento passivo: frequência de eventos de sobreaquecimento (%)
- As necessidades nominais anuais globais de energia primária para toda a habitação (kWh / m².a)

O PHPP está dividido em quatro categorias[37]:

- Verificação – contem 2 folhas de cálculo: verificação Passivhaus e lista PHPP
- Aquecimento – contem 12 folhas de cálculo: Clima; valores de U; Áreas; Terreno; Componentes dos Envidraçados; Sombreamento; Ventilação; Ventilação Adicional; Aquecimento Anual; Aquecimento e Carga de Aquecimento. Esta categoria é onde é introduzido grande parte do projeto arquitetónico da habitação.
- Arrefecimento – contem 5 folhas de cálculo: Ventilação no Verão, Verão; Arrefecimento; Sistemas de Arrefecimento; Carga de Arrefecimento.
- Energia Primária – contem 16 Folhas de cálculo: Água Quente Doméstica e Distribuição; Água Quente Doméstica Solar; Sistemas Fotovoltaicas; Eletricidade; Utilizações de Edifícios não Residências; Eletricidade Auxiliar; Ganhos de Calor Interno; Ganhos de Calor Interno de Edifícios

não Residências; Energia Primária Renovável; Bomba de Calor; Cilindro; Dados do Aquecimento nos Distritos. Esta categoria é onde é introduzido os detalhes dos sistemas utilizados no projeto, logo só as folhas relevantes é que são usadas.

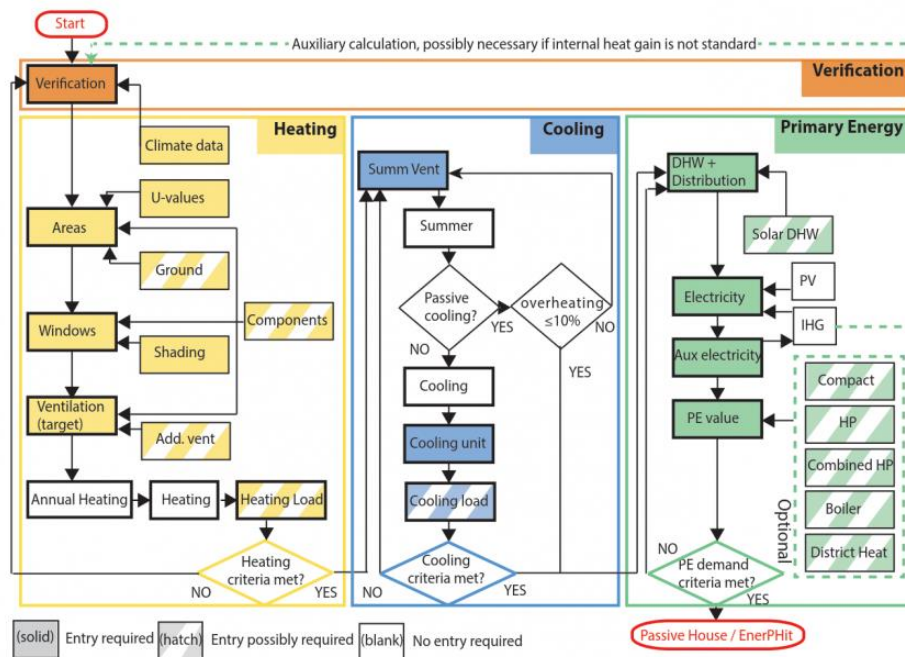


Figura 4.4 – Fluxograma onde mostra como o programa PHPP funciona[36]

4.2 CONCEITO DE EDIFÍCIO COM CONSUMO ENERGÉTICO QUASE NULO

A definição, a nível mundial, do conceito de Near Zero Energy Building (NZEB), Edifício com Consumo Energético Quase Nulo é algo que gera alguma polémica, pois existe uma carência de uma definição consensual que exponha com clareza e precisão este tema. Logo torna-se num conceito complexo, havendo diferentes abordagens possíveis na projeção e conceção deste tipo de edifícios.

Este conceito aparece pela primeira vez na legislação portuguesa em 2013, no DL nº 118/2013 de 20 de Agosto. Apesar das diversas dificuldades para chegar a um consenso sobre a sua definição, pode-se definir Edifício com Consumo Energético Quase Nulo como um edifício com um elevado desempenho e eficiência energética. Para um edifício tenha possibilidades de usufruir destas características é necessário que o mesmo seja autossustentável, ou seja, tem de conseguir atingir um balanço energético muito reduzido ou próximo de zero. Este pode ser alcançado com o recurso a fontes de energia renovável produzidas no local ou na proximidade do edifício.[1]

Como referido anteriormente, os edifícios representam cerca de 40% do consumo de energia de combustíveis fósseis a nível mundial, contribuindo assim para o aquecimento global. Assim o conceito NZEB surge como um meio para reduzir as emissões de CO² e também reduzir a dependência nos combustíveis fósseis e também para que as metas, anteriormente mencionadas, definidas pelos Estados Membros sejam atingidas.

Resumindo, para obter um edifício NZEB são necessárias duas etapas essenciais, primeiro a redução do consumos de energia do edifício, implementado varias estratégias para aumentar a eficiência energética do edifício. A segunda é a geração de energia no local ou nas suas proximidades para que seja atingido um equilíbrio entre a energia consumida e a energia produzida, esta energia é gerada através de diversificadas fontes de energia renováveis existentes.



Figura 4.5 – Estratégias para o melhoramento da eficiência energética de edifícios[2]

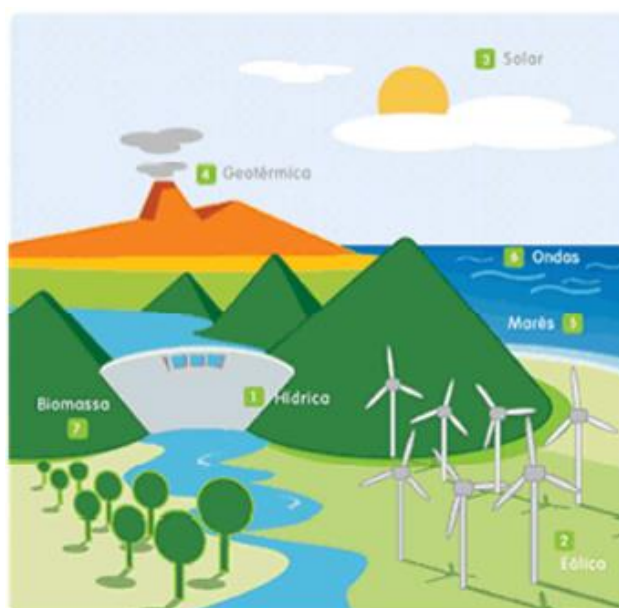


Figura 4.6 – Exemplos de fontes de energias renováveis[2]

As fontes de energia renováveis mais predominantes são a energia solar, energia eólica, energia geotérmica e biomassa, pois são mais fáceis de gerar com pequenos equipamentos.

- Desafios para a implementação de edifícios com consumo energético quase nulo

A implementação de edifícios NZEB apresenta como principais barreiras a necessidade de adaptação de técnicas construtivas e a integração de tecnologias em desenvolvimento no que diz respeito a projetar e conceber edifícios com maior eficiência.

Apesar de ser possível construir estes edifícios como se constroem atualmente, não é aconselhável pois implicaria um investimento maior em fontes de energias renováveis. Contudo nem sempre é possível esse investimento maior devido a limitação pelas condicionantes do local. Assim sendo, torna-se mais rentável investir na melhoria da envolvente do edifício e em equipamentos mais eficientes para que a necessidade de produção de energia renovável seja mais reduzida para se atingir um balanço energético nulo.

Uma das maiores barreiras é o investimento financeiro inicial associado a estes edifícios, tornando-se necessário elucidar o consumidor sobre os benefícios gerados a longo prazo e também ao período de retorno desse mesmo investimento, que pode ser recuperado através da redução na fatura energética mensal.

Resumindo, os obstáculos mencionados e também o problema do mercado não reconhecer o valor dos produtos, processos e sistemas sustentáveis, impedem a implementação dos edifícios NZEB a uma escala mais global tanto a nível de construção nova como de reabilitação.

- Caracterização do tipo de edifícios existentes

Um outro ponto importante é o conhecimento do parque edificado existente, facilitando o conhecimento real do comportamento dos edifícios no que diz respeito ao consumo de energia existente. Através deste conhecimento aprofundado é possível averiguar os principais pontos que são necessários intervir para garantir uma maior eficiência energética, para possibilitar a transformação de edifícios atuais em edifícios com balanço energético nulo.

Assim sendo, é necessário idealizar edifícios referência para cada região destinados a representar os edifícios já existentes.

- Níveis ótimos de rentabilidade

A partir da utilização de energia primária e dos custos globais associados às medidas de melhoria energética implementadas é possível elaborar um gráfico de referência onde relaciona-se o custo associado à eficiência obtida.

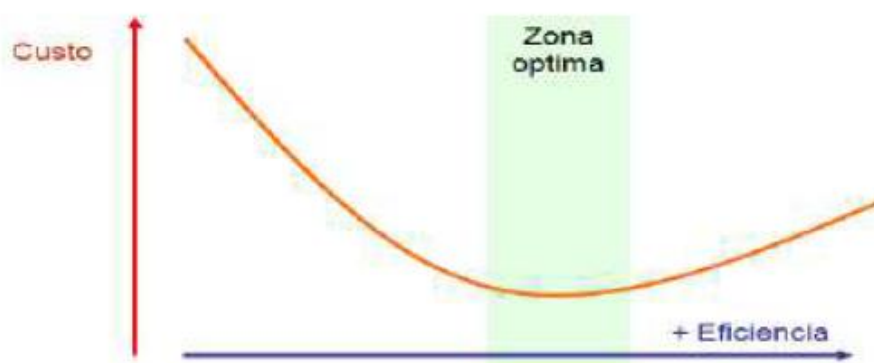


Figura 4.7 – Gráfico de referência do intervalo de rentabilidade ótima[2]

Na figura 4.7 esta representada uma curva que demonstra o nível ótimo de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético, também se verifica a existência de uma zona ótima para o investimento e a eficiência originada através desse mesmo investimento.

Este gráfico serve para compreender qual o investimento inicial que origina a zona ótima de eficiência, ou seja, quanto maior o investimento maior será a eficiência originada. Contudo ultrapassando essa zona ótima o investimento torna-se menos rentável, pois tem maior período de retorno e não difere muito em termos de rentabilidade energética.

Resumindo, é necessário avaliar bem quais as medidas de melhoria mais eficientes que sejam capazes de proporcionar um balanço energético nulo e que necessitem de um investimento inferior para o atingir. Essas medidas são, como mencionadas anteriormente, melhoria da envolvente do edifício e instalação de equipamentos eficientes que iram ser contrabalançados com a produção de energia renovável no local ou nas proximidades do edifício.

4.3 EXEMPLOS DE NZEB NO MUNDO

Até junho de 2014 existiam 32 exemplos práticos de edifícios NZEB espalhados por 20 países diferentes da Europa.



Figura 4.8 – Mapa europeu demonstrando os países com exemplos de edifícios NZEB

Dos trinta e dois exemplos, vinte e um são edifícios residenciais e os outros são não residenciais. E também vinte e cinco são exemplos de edifícios novos e os restantes são reabilitações. Estes edifícios também variam nos equipamentos usados e nos sistemas de energia renovável, e por isso tem valor de energia e de custos muito diferentes.[38]

De seguida iram ser apresentados dois desses exemplos, um na Alemanha e outro em Portugal.

- Efficiency House Plus with Electro Mobility em Berlim, Alemanha

Este projeto tem o intuito de gerar a sua própria energia e torna-a disponível para os moradores e os seus veículos, o excesso pode ser transferido de volta para a rede elétrica ou armazenado numa bateria da casa. É necessário um balanço energético positivo para ambos o consumo de energia primária como para a utilização final de energia.

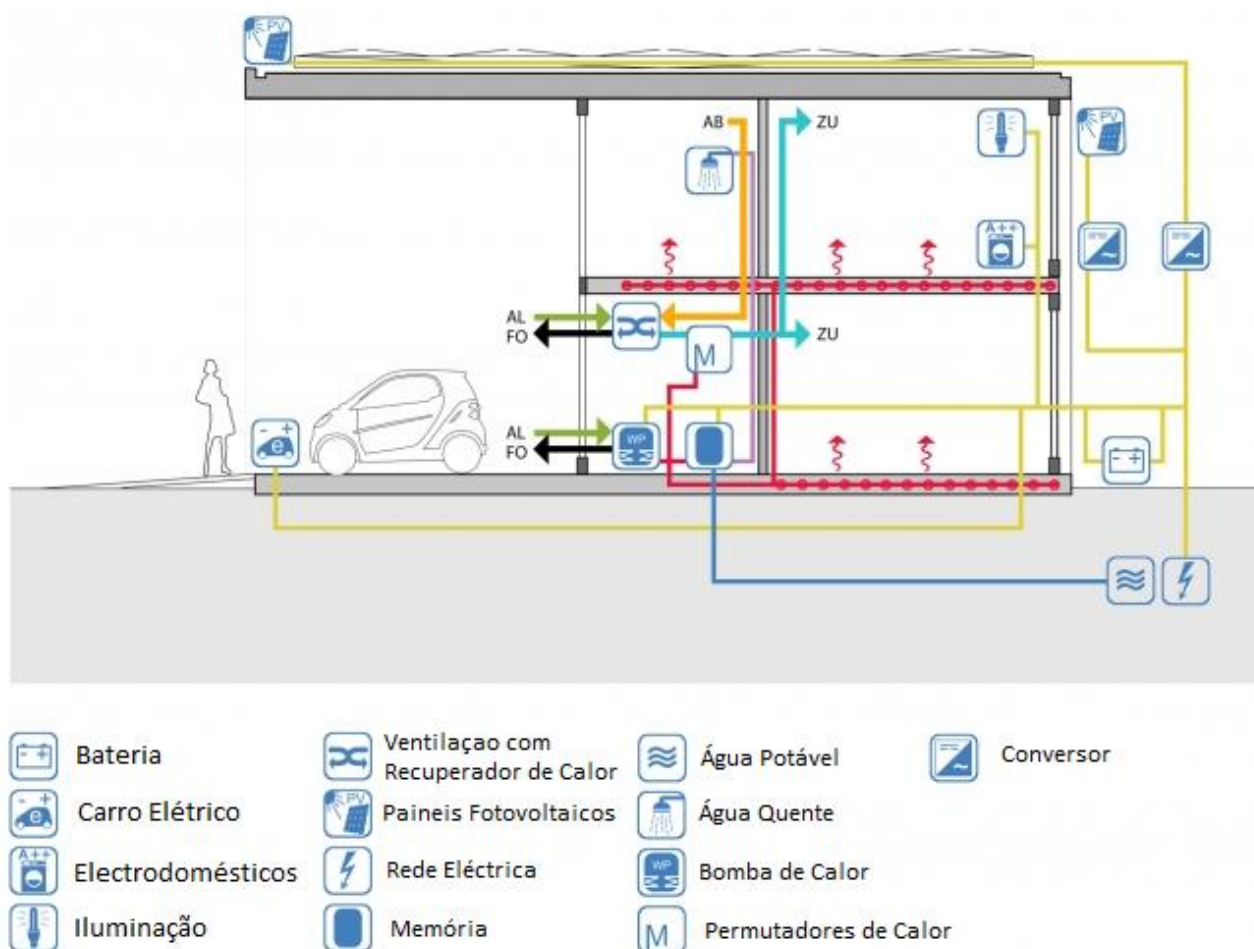


Figura 4.9 – Esquema do sistema de serviço do edifício[39]

Tabela 4.3 – Tabela síntese dos dados do edifício[38]

Efficiency House Plus with Electro Mobility em Berlim		
Tipo de edifício:	Edifício Residencial Novo – Habitação Unifamiliar com 2 pisos	
Área do edifício:	203 m ²	
Descrição da envolvente do edifício:	Chão, paredes e cobertura feitos de madeira com 52 cm de isolamento. Janelas de pano triplo com pontes térmicas minimizadas. Painéis fotovoltaicos na cobertura e fachada. Todos os elementos da habitação podem ser separados e movidos para outra localização ou deitados fora uma vez que a vida útil do edifício expire.	
Valores de U da envolvente do edifício:	Paredes:	0,11 W/m ² .°C
	Janelas:	0,70 W/m ² .°C
	Cobertura/laje do 1º Piso:	0,11 W/m ² .°C
Sistema de serviço do edifício:	A habitação é aquecida por um sistema de aquecimento central com bomba de calor e aquecimento do piso. Um sistema de ventilação mecânica com recuperador de calor de 80%. Os painéis fotovoltaicos situados na cobertura e fachada geram eletricidade que é usada para o edifício, alimenta a rede elétrica ou armazenada na bateria. Esta bateria tem uma capacidade de 40 KWh.	
Consumo energético final	- 4,5 kWh/ m ² .ano	
Contribuição da energia renovável:	107% da energia total final	
Custos:	Construção:	1 080 000 €
	Sistema de serviço do edifício:	566 000 €
Custo por m ² :	362 € / m ²	

- SOLAR XXI em Lisboa, Portugal

O edifício SOLAR XXI visa ter um desempenho energético dez vezes melhor que um edifício padrão de escritório em Portugal. Do ponto de vista dos objetivos NZEB, este é considerado como “plus (electric) energy building” e um NZEB em termos de consumo total de energia do edifício.



Figura 4.10 – Fachada sul do edifício SOLAR XXI

Tabela 4.4 – Tabela síntese dos dados do edifício[38]

SOLAR XXI em Lisboa		
Tipo de edifício:	Edifício de Serviços Novo – Edifício de escritórios	
Área do edifício:	1 200 m ²	
Descrição da envolvente do edifício:	Todo o edifício tem isolamento externo para minimizar as pontes térmicas e preservar a inercia térmica do edifício. As paredes exteriores são de alvenaria de 22 cm com o sistema ETICS de 6 cm, a cobertura e laje do 1º piso de betão com 10 cm de isolamento de poliestireno expandido e janelas de pano duplo.	
Valores de U da envolvente do edifício:	Paredes:	0,54 W/m ² .°C
	Janelas:	4,5 W/m ² .°C
	Cobertura/laje do 1º Piso:	0,80 W/m ² .°C
	Pontes Térmicas:	0,55 W/m ² .°C (nas áreas de pilares e vigas)
Sistema de serviço do edifício:	A fachada principal (orientada a sul) esta coberta de janelas e Painéis fotovoltaicos em proporções equivalentes. A área envidraçada interage diretamente com os escritórios permanentemente ocupados acumulando diretamente a energia solar para aquecimento e iluminação natural. O sistema de refrigeração térreo oferece ar pré-arrefecido ao edifício. A ventilação natural é fornecida através de ventos cruzados e efeito chaminé devido a aberturas na fachada e cobertura. O sistema de coletores solares térmicos na cobertura do edifício são usados para o aquecimento possuindo um sistema de armazenamento na cave. O sistema é ainda assistido com uma caldeira de gás natural nos períodos sem sol.	
Consumo energético final	- 2 kWh/ m ² .ano	
Contribuição da energia renovável:	88% da energia total final (106% de uso na eletricidade)	
Custo por m ² :	800 € / m ²	

5 ESTRATÉGIAS E TECNOLOGIAS PARA ATINGIR NZEB

Neste capítulo serão abordados as várias soluções que se pode implementar nos edifícios com o intuito de os tornar energeticamente mais eficientes. Essas soluções podem ser passivas ou ativas, e devem ser implementadas consoante as diferentes variáveis climáticas para que tenham um efeito positivo na construção do edifício.

Essas variações climáticas que vão interagir com o edifício são a temperatura, a velocidade e direção dos ventos predominantes, a humidade, a pressão, a insolação e a trajetória do sol. Para um dimensionamento eficiente é necessário conjugar estas variáveis com as soluções disponíveis para se obter a melhor eficiência energética possível para o edifício.

As estratégias a implementar vão influenciar o conforto do edifício e também os seus gastos energéticos, que são dois pontos essenciais para quem os habita.

5.1 SOLUÇÕES PASSIVAS

As soluções passivas são aquelas que se integram na construção do edifício, para controlar os fluxos naturais de energia, em forma de condução, radiação solar, convecção e ação do vento, com o intuito de reduzir as necessidades de iluminação artificial durante as horas de exposição solar e reduzir as necessidades de recorrer a sistemas para o aquecimento e arrefecimento.

5.1.1 Forma

A forma de um edifício é um fator importante na eficiência do mesmo, pois é através das superfícies que estão em contacto com o exterior que existem maiores transferências de energia. A compacidade de um edifício é dado pela razão entre a área da superfície externa (S) e o volume interno de um edifício (V).

Um fator de forma ($FF = S/V$) é considerado favorável quando é menor ou igual a $0,7 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Um fator de forma baixo garante mais eficiência num edifício, visto que quanto maior o volume e menor for a superfície pela qual existem perdas de energia, mais fácil será de manter a temperatura interior.[40]

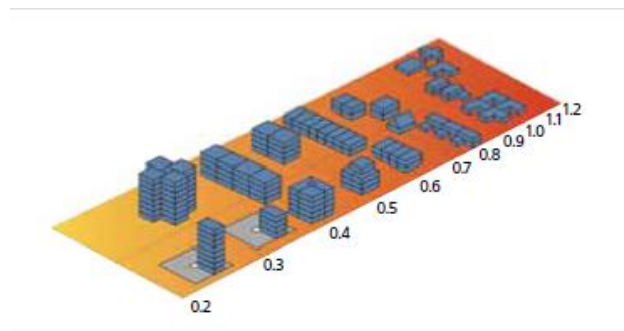


Figura 5.1 – Diferentes valores do fator de forma[40]

Tipo de edifício	S/V
Casa independente	Cerca de 0,80
Casa geminada	Cerca de 0,65
Edifício de um piso	Cerca de 0,50
Edifício de vários pisos	Cerca de 0,30

Figura 5.2 – Valores do fator forma para diferentes tipos de edifício. [41]

5.1.2 Localização

Tanto a localização como as variáveis climáticas vão influenciar diretamente as necessidades térmicas interiores do edifício.

Para uma melhor compreensão do clima nas estações de aquecimento (inverno) e arrefecimento (verão) devem ser consideradas as zonas climáticas correspondentes. Estas estão descritas no Despacho (extrato) nº 15793-F/2013.

O zonamento climático do País está baseado na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III. Para aplicar os requisitos de qualidade térmica da envolvente são definidas três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3).[42]

As zonas climáticas de inverno são definidas a partir do número de graus-dias (GD) na base de 18 °C, correspondente à estação de aquecimento. Graus-dias de aquecimento – é um número que caracteriza a

severidade de um clima durante a estação de aquecimento e que é igual ao somatório das diferenças positivas registadas entre uma dada temperatura de base (18°C) e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento. As diferenças são calculadas com base nos valores horários da temperatura do ar (termómetro seco).[13]

Tabela 5.1 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno[42]

Zona	Critério
I1	$GD \leq 1300$
I2	$1300 < GD \leq 1800$
I3	$GD > 1800$

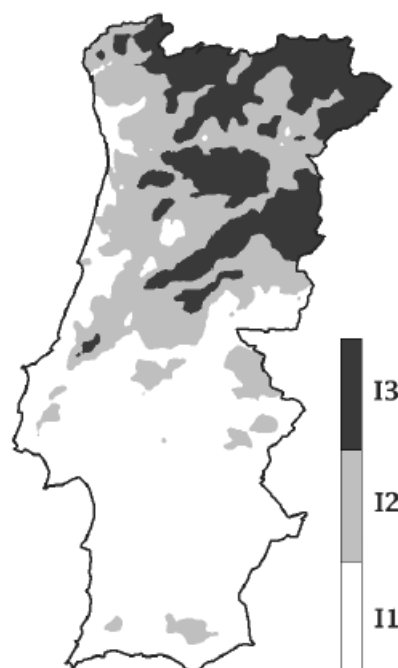


Figura 5.3 – Zonas climáticas de inverno no continente[42]

As zonas climáticas de verão são definidas a partir da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext, v}$). [42]

Tabela 5.2 – Critérios para a determinação da zona climática de verão[42]

Zona	Critério
V1	$\theta_{\text{ext}, v} \leq 20^{\circ}\text{C}$
V2	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{ext}, v} \leq 22^{\circ}\text{C}$
V3	$\theta_{\text{ext}, v} > 22^{\circ}\text{C}$

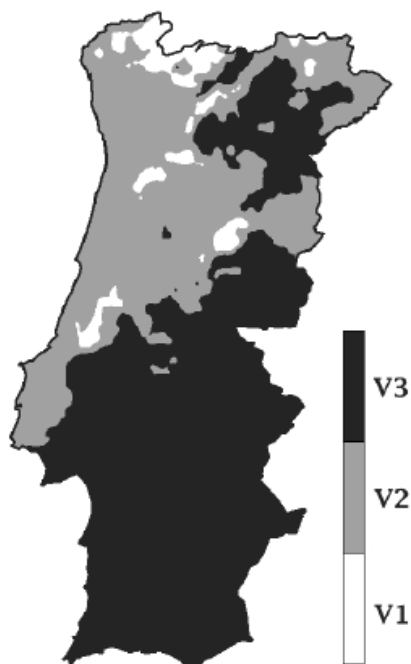


Figura 5.4 – Zonas climáticas de verão no continente[42]

5.1.3 Orientação do edifício

A necessidade de captação de energia solar quando as temperaturas são mais baixas e de dissipar o calor quando a temperatura é mais alta implicam consumos energéticos que podem variar consoante a eficiência energética dos edifícios.

Em Portugal devido ao clima mediterrânico é necessário haver um equilíbrio entre os extremos, ou seja, é necessário o edifício ser eficiente tanto no Inverno como no verão, pois o espectro de temperaturas é muito amplo.

Na região mediterrânea a orientação mais favorável para uma maior captação dos ganhos solares é a Sul. Devendo evitar a exposição solar das superfícies a Este e a Oeste, principalmente no verão, pois a entrada de radiação é difícil de controlar devido ao ângulo de incidência nas janelas ser perpendicular, o que pode levar ao sobreaquecimento da habitação no Verão. Para o Inverno a direção que se deve evitar é a Norte, pois esta não recebe radiação solar direta. Assim deve reduzir-se as paredes e vãos envidraçados a Norte para reduzir a influência do frio no Inverno e aumentar as que estão a Sul porque com sistemas de sombreamento pelo exterior estas são mais fáceis de proteger da radiação no Verão. [41]

O aproveitamento da radiação solar, visto esta ser gratuita, permite poupar energia com o uso de equipamentos para o arrefecimento e aquecimento do edifício. Por isso é bastante importante conhecer o percurso do sol ao longo do dia nas diferentes estações do ano.

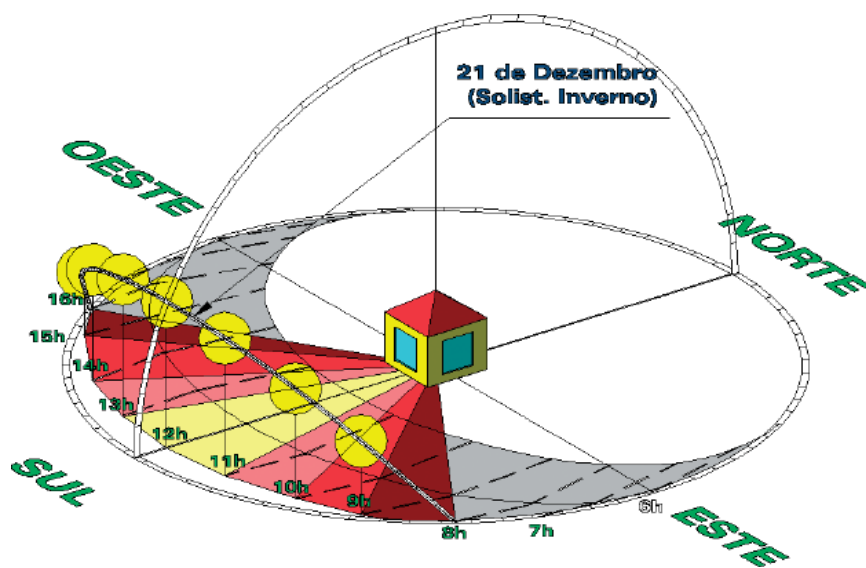


Figura 5.5 – Percurso do sol ao longo do dia no Inverno, em Portugal

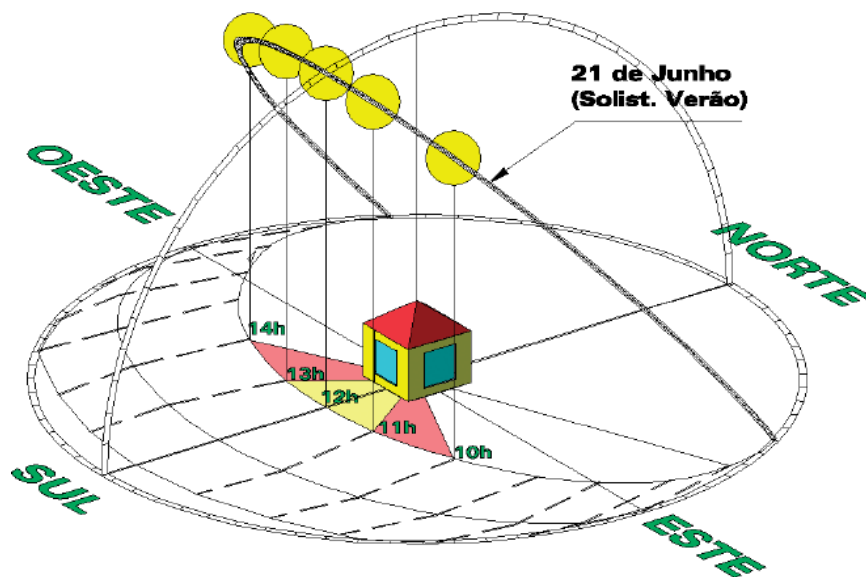


Figura 5.6 – Percurso do sol ao longo do dia no Verão, em Portugal

Através das figuras 5.5 e 5.6 e analisando o percurso do sol em Portugal, chega-se a conclusão que as fachadas a Sul devem ser as que devem conter maior percentagem de vãos envidraçados, comparando com as outras orientações solares. E a fachada a Norte deve ser a que contem maior percentagem de vãos opacos, devendo estar localizadas nessa zona divisões como casas de banho e arrumos pois necessitam de menos aberturas para o exterior.

5.1.4 Envolvente

De um ponto de vista energético, a qualidade de um edifício está relacionada com as características dos elementos que fazem fronteira entre a habitação e o ambiente exterior, ou seja a envolvente exterior do edifício.

De acordo com estudos realizados, as perdas de calor de um edifício podem ser distribuídos como mostra a imagem 5.7.



Figura 5.7 – Distribuição de perdas de calor numa Habitação. [43]

Como pode ser analisado pela imagem 5.7 as áreas que representam maiores perdas para o exterior são as paredes, o telhado e a ventilação. Logo o seu dimensionamento deve ser muito cuidadoso e bem estudado. No entanto, para ser obtido um edifício o mais eficiente possível deve-se ter cuidado com todos os fatores. [44]

A transferência de calor por condução, radiação ou convecção entre o exterior e o interior do edifício ocorre através das superfícies da envolvente opaca (telhado/coberturas, paredes exteriores e pavimentos). Estas superfícies têm como objetivo térmico minimizar essas transferências de calor, para

limitar no verão os ganhos de calor e no inverno as perdas de calor, para assim haver uma poupança energética no que diz respeito a equipamentos de arrefecimento e aquecimento.

As características principais a observar na envolvente são a inércia térmica e a capacidade de isolamento que estas possuem. [44]

5.1.4.1 Inercia térmica

A inércia térmica é um conceito que caracteriza a resistência oferecida de um material na mudança da sua temperatura interior.[44]

Um valor alto de inércia térmica de ser obtido usando materiais como o betão armado, alvenaria de tijolo ou blocos de betão de alta densidade. As estruturas pesadas têm uma elevada capacidade térmica e, por isso, funcionam como um reservatório de calor, contrariando os picos climáticos exteriores, devido à elevada capacidade de retenção de energia que é introduzida no interior do edifício por condução, radiação ou convecção. As habitações que são dimensionadas levando em consideração este fator podem ser arejadas de inverno pois a temperatura interior é estabelecida rapidamente. E no verão mantem a casa mais fresca pois absorve o calor tornando o ar interior mais fresco. [41]

Assim a inércia térmica pode ser quantificada do seguinte modo:

Tabela 5.3 – Classes de inércia térmica interior, I_t [45]

Classe de inércia térmica	I_t [kg/m ²]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

A massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento, I_t , é calculada através da seguinte expressão[45]:

$$I_t = \sum_i \frac{M_{S_i} \times r \times S_i}{A_p}, [kg/m^2]$$

Em que:

M_{S_i} – Massa superficial útil do elemento i , [kg/m²]

r – Fator de redução da massa superficial útil

S_i – Área da superfície interior do elemento i , [m²]

A_p – Área interior útil de pavimento, [m²]

5.1.4.2 Isolamento Térmico

O isolamento térmico que é aplicado na envolvente opaca do edifício têm a capacidade de construir uma barreira à transferência de energia que vem do exterior. Um edifício com um bom isolamento térmico possibilita grandes poupanças energéticas, pois é evitado o uso de equipamentos para o arrefecimento e aquecimento, como também eleva o nível de conforto no interior dos edifícios.[41]

Existem vários tipos de materiais e técnicas de isolamento, e essa escolha deve depender do clima da zona de implantação e do grau de isolamento que se pretende obter para o determinado edifício.

Outro aspeto importante a analisar para a escolha do isolamento térmico são as características térmicas do mesmo, sendo a mais importante a condutibilidade térmica do material. Este valor ajuda a perceber a quantidade de calor que é perdida pela envolvente porque quanto menor for o valor melhor será o isolamento. O valor da condutibilidade varia dentro do mesmo material dependendo da massa volúmica aparente seca do isolante. Na tabela seguinte é apresentado alguns dos isolamentos térmicos mais usados em habitações.[44]

Tabela 5.4 – Lista de isolantes térmicos mais usados.[46]

Material isolante	Condutibilidade térmica, λ [W/m.°C]
Lã de rocha (MW)	0,040
Lã de vidro (MW)	0,040
Aglomerado de cortiça expandida (ICB)	0,045
Poliestireno expandido moldado (EPS)	0,040
Poliestireno expandido extrudido (XPS)	0,037
Espuma rígida de poliuretano (PUR)	0,020

Os sistemas de isolamento podem ser aplicados de três formas pelo exterior, pelo interior ou na caixa-de-ar.

A solução mais eficaz é quando é aplicado pelo exterior, pois dessa maneira elimina as pontes térmicas. As pontes térmicas ocorrem no encontro de dois materiais de resistências térmicas diferentes, isso representa uma descontinuidade térmica provocando patologias de origem em fenómenos de condensações. A aplicação deste tipo de sistema necessita de mão-de-obra especializada o que traduz num maior custo, enquanto o sistema de isolamento pelo interior não requer mão-de-obra especializada, que é um dos fatores para que seja mais económico, por outro lado ao ser aplicado pelo interior está a ser reduzido o espaço interior da habitação.[44]

O sistema de isolamento pelo interior é melhor para paredes interiores simples, evitando as pontes térmicas nos pilares. Mas tem uma grande desvantagem este sistema que é o desaproveitamento da inércia térmica das paredes.

Em Portugal, a solução construtiva para as paredes exteriores mais aplicada é as paredes duplas com caixa-de-ar e parcialmente preenchida com isolamento térmico. Esta solução apresenta bons resultados com custos de execução aceitáveis quando é bem dimensionada.

5.1.4.3 Coberturas

As coberturas têm um papel bastante importante no que diz respeito a conforto e eficiência energética do edifício, devido a ser o elemento construtivo com maior exposição à radiação solar e todos os efeitos climáticos como chuva e neve.

Para uma cobertura ser energeticamente eficiente é necessário ter um bom isolamento que permita a limitação dos fluxos ascendentes (perdas de calor no inverno) e descendentes (ganhos de calor no verão).[44]

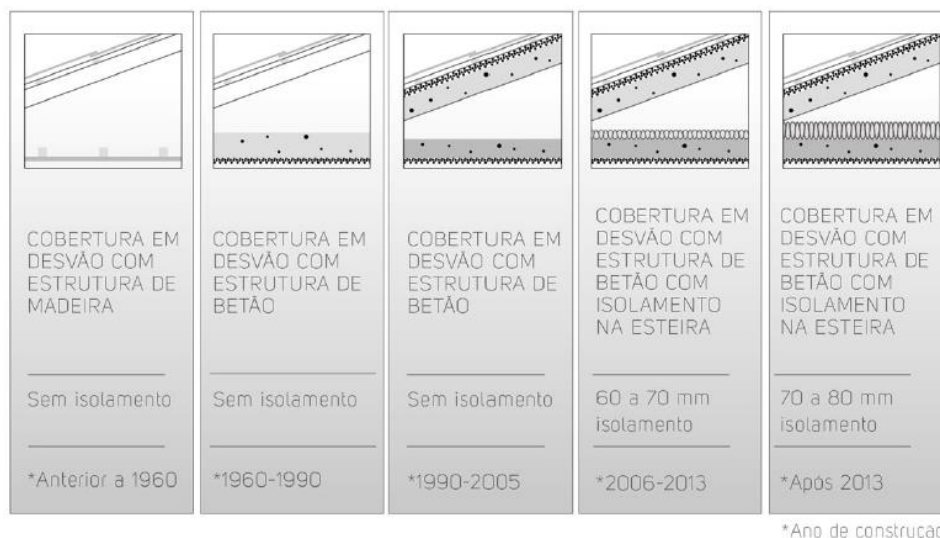


Figura 5.8 – Evolução do isolamento nas coberturas inclinadas ao longo dos anos. [47]

As perdas energéticas que ocorrem pela cobertura podem representar cerca de 30% a 35% do total de perdas num edifício (figura 5.7). Tanto as coberturas como as paredes exteriores são os elementos da envolvente mais importantes do ponto de vista de ganhos e perdas energéticas, sendo por isso necessário o correto dimensionamento dos mesmos. No que diz respeito a coberturas existem 2 tipos principais: inclinadas e horizontais.[41]



Figura 5.9 – Aplicação do isolamento nas diferentes soluções de coberturas. [47]

Nas coberturas inclinadas, quando têm um desvão não habitável o isolamento deve ser colocado na esteira horizontal. Por outro lado se o desvão for habitável o isolamento deve ser colocado sob o revestimento do telhado e sobre a laje, mas se o telhado não tiver laje este é colocado sob as telhas.[41]

Nas coberturas horizontais, o isolamento pode ser colocado de modo idêntico às paredes exteriores, pelo interior ou exterior, podendo ainda ser colocado a um nível intermédio.

Para além do isolamento existem outros processos e mecanismos disponíveis no mercado que têm como objetivo dissipar e bloquear a radiação solar nas coberturas.

- Coberturas verdes

Este tipo de cobertura é uma ótima solução que funciona tanto em coberturas planas como inclinadas, podendo desempenhar um papel fundamental no contributo para a sustentabilidade e eficiência energética nas cidades.

O objetivo destas coberturas é transformar as coberturas em “pequenos pulmões” nas grandes cidades para facilitar a circulação atmosférica, melhorar o microclima, reduzir o consumo energético e captar o dióxido de carbono, o que contribui para uma melhoria do clima urbano. [48]

Esta solução tem como vantagem o melhoramento do isolamento térmico, minimizando os fluxos energéticos entre o ambiente exterior e interior, levando assim a uma poupança energética ao reduzir o uso de sistemas de climatização mecânicos nos espaços interiores. Ao construir esta barreira às transferências de calor aumenta o tempo de vida útil da cobertura. A camada vegetal serve ainda como um sistema de absorção acústica, reduzindo os níveis de ruído ambiente e de impacto. [44]

Um outro aspeto destas soluções é a capacidade de retenção da água das chuvas principalmente em regiões de chuvas intensas, tendo a capacidade de reter grandes volumes de águas pluviais, prevenindo a ocorrência de enchentes ao reduzir o caudal nas redes e diminuir os ciclos de rega. [48]

Estas coberturas também reduzem os efeitos dos raios ultravioleta, as variações extremas de temperaturas e os efeitos do vento, com estas coberturas a temperatura no telhado não passa de 25°C enquanto nos telhados convencionais pode atingir 60°C. O outro ponto também bastante importante é os custos de aplicação deste sistema, eles conferem uma redução direta nos custos de construção pois reduzem a necessidade de isolamento bem como da potência de equipamentos de ar condicionado. Na tabela seguinte será apresentado esses custos, os valores dos preços usados são de 2002 nos Estados Unidos. [49]

Tabela 5.5 – Análise de custos das diferentes coberturas.

Tipo de Cobertura	Preço (dólares)	Tempo de vida útil (anos)
Cobertura Tradicional	43 a 90	15 a 20 (preço mais baixo)
		30 a 50 (preço mais elevado)
Cobertura Ajardinada Extensiva	100 a 200	50 a 100
Cobertura Ajardinada Intensiva	200 a 400	50 a 100

Existem dois tipos de classificação das coberturas ajardinadas: coberturas intensivas e extensivas. As coberturas intensivas são coberturas que as pessoas podem utilizar como um jardim convencional, ou seja acessível para as pessoas o usufruírem. As plantas são mantidas de forma individual, a espessura de terra vegetal ou húmus é de pelo menos 15 cm, atualmente são utilizados substratos mais leves de modo a minimizar a carga sobre a estrutura do edifício.

As coberturas extensivas não são executadas para uso regular de pessoas, e muitas das vezes nem são visíveis. As plantas são tratadas em massa, sendo a operação de manutenção executada em toda a área (por exemplo o corte da relva). A profundidade do solo varia entre 2 e 15 cm.

Existem ainda dois conceitos que estão a ser desenvolvidos de momento: Coberturas castanhas e coberturas ajardinadas semi-extensivas. As coberturas castanhas são coberturas onde foram aplicadas apenas um substrato sem qualquer tipo de material vegetal, é apenas criado o espaço para que a biodiversidade espontânea se desenvolva naturalmente.

As coberturas semi-extensivas respeitam a filosofia do mínimo input ecológico, utilizando substratos de 10 a 20 cm que permite uma escolha mais vasta de espécies a usar. Este conceito pretende demonstrar que as coberturas extensíveis também podem se visitáveis e utilizáveis desde que sejam projetadas para isso.

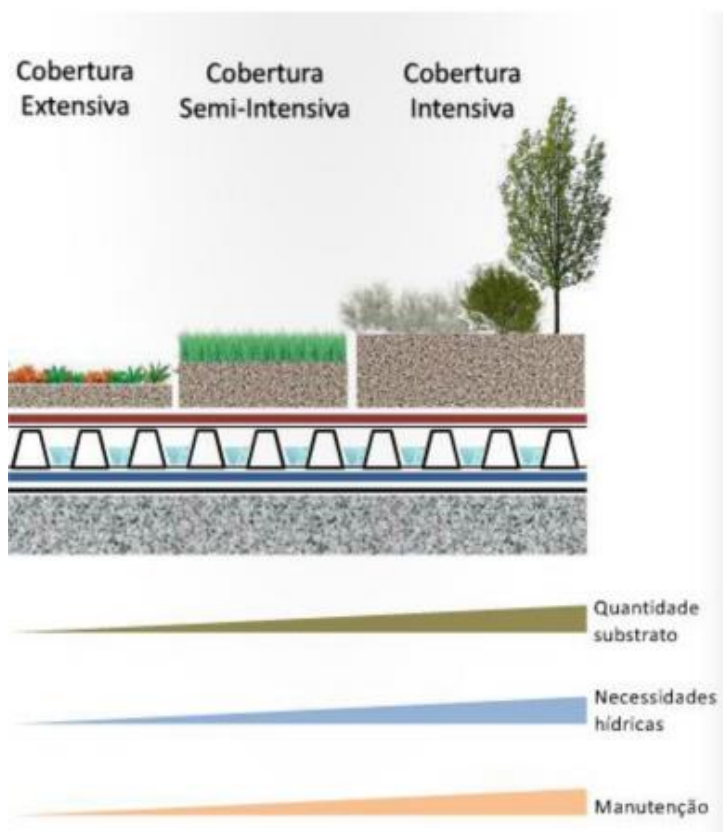


Figura 5.10 – Esquema comparativo entre coberturas ajardinadas extensivas e intensivas, a nível de substrato, necessidades hídricas e manutenção.

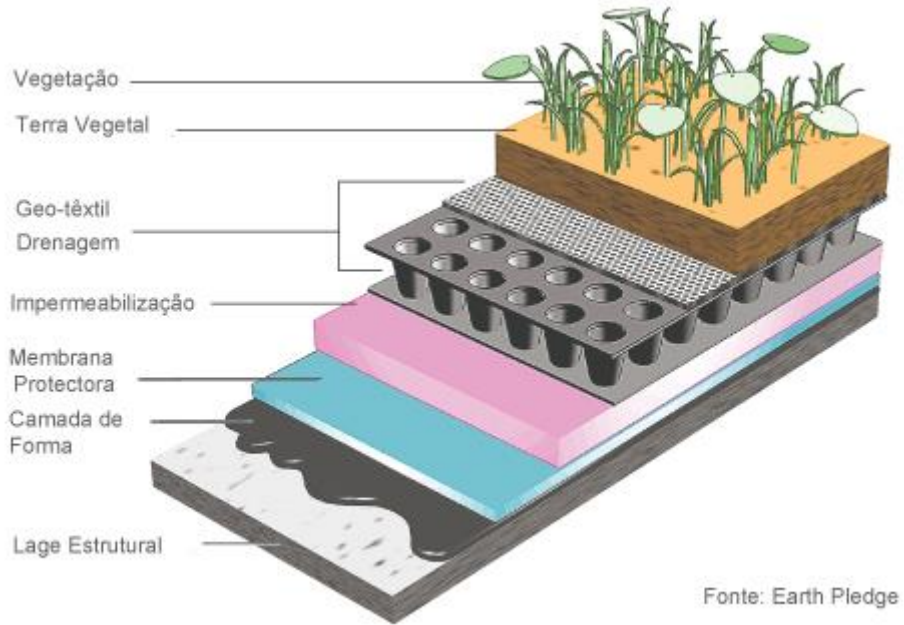


Figura 5.11 – Esquema das diferentes camadas de uma cobertura verde. [50]

Apesar de haver diferentes sistemas a divisão das camadas é igual em todos as diferentes soluções.

Devido às cargas devido a este sistema de coberturas, os edifícios em que são implementados deverão estar preparados estruturalmente.



Figura 5.12 – Cobertura verde do City Hall em Chicago, EUA. [48]

Uma das coberturas verdes mais famosa dos Estados Unidos está localizado em Chicago no edifício City Hall onde estão instalados sistemas intensivos e extensivos.

Resumindo estas coberturas verdes têm como vantagens[49]:

- ✓ Aumento da eficiência energética e redução dos custos com energia;
- ✓ Melhoramento do isolamento térmico: exemplo de medições feitas na membrana de isolamento em Toronto, Canadá
 - Zona sem cobertura ecológica – 70 °C
 - Zona com cobertura ecológica – 25 °C
- ✓ Redução de 90% da ação térmica dos raios solares;
- ✓ Redução de 25% das necessidades de ar condicionado no edifício;
- ✓ Melhoramento do microclima;
- ✓ Aumento da atividade fotossintética que implica: aumento de produção de oxigénio, maior reciclagem de dióxido de carbono, diminuição do efeito de estufa;
- ✓ Redução do efeito de ilha de calor;
- ✓ Aumento da proteção contra o ruído;
- ✓ Oferece um habitat natural;
- ✓ Aumento da biodiversidade e nichos ecológicos;
- ✓ Aumento significativo da área verde em contexto urbano e diminuição do impacto negativo da massificação das estruturas construídas em meio urbano;
- ✓ Absorção / filtração de gases poluentes e partículas em suspensão da atmosfera (poeiras tóxicas);
- ✓ Prevenção do risco de incêndio;
- ✓ Redução dos custos de manutenção do edifício;
- ✓ Aumento do espaço útil;
- ✓ Importante papel de integridade e sustentabilidade dos sistema de drenagem urbanos com capacidade de retenção de água em 10 cm de substrato de: 90% de precipitação de Verão e 75% no inverno;
- ✓ Diminuição do risco de inundações: 50% a 80% da água da chuva é maioritariamente absorvida pelas plantas, outra é evaporada e a restante é conduzida para os coletores.

- Tintas refletoras

As tintas refletoras tem como objetivo melhorar o conforto térmico reduzindo as transferências de calor por condução para o interior do edifício, para permitir diminuir o uso de sistemas mecânicos de climatização levando a uma redução do consumo energético.

A aplicação destas tintas maximiza a propriedade de refletividade solar e emissividade térmica, prolongando a vida útil da cobertura. Ao introduzir um material com estas características permite reduzir a temperatura superficial. Estas tintas estão disponíveis em varias cores e podem ser aplicadas em coberturas planas ou coberturas inclinadas com telhas.[44]

Falando agora de um produto específico chamado Nanothermic 1 desenvolvido no Brasil, este é um revestimento térmico em formato de tinta térmica que atua por reflexão da radiação solar. Este material depois de seco funciona como uma película protetora, tendo a capacidade de refletir cerca de 99% dos raios solares, reduzindo até 35% a temperatura interna do edifício.[51]

Tabela 5.6 – Resumo das principais propriedades do Nanothermic 1. [51]

Principais Propriedades	
➤ Reduz até 35% a temperatura interna da habitação	➤ Rendimento de 38 m ² /balde
➤ Reduz até 50% a temperatura na superfície aplicada	➤ Eficiência energética: diminui o consumo de energia elétrica (ar condicionado)
➤ Proteção contra corrosão, bacterias e fungos	➤ Baixo teor de composto orgânico volátil
➤ Durabilidade até 20 anos	➤ Atóxico
➤ Secagem rápida (até 4 horas)	➤ Garantia de 5 anos
➤ Sem qualquer odor	➤ Certificado LEED, SRI = 99%
➤ Diminui a dilatação	➤ Auxilia a troca térmica

É um material que pode ser aplicado sobre: coberturas em cimento, fibrocimento, coberturas metálicas, de fibra, cerâmicas e plástico. Este deve ser aplicado depois de o espaço ter sido limpo e deve ter de espessura final depois de seco de 250 µm (0,25 mm) e pode ser aplicado com pincel, rolo ou pistola de tinta. Cada balde de 14 litros tem um preço que ronda 39 reais (cerca de 11 euros).



Figura 5.13 – Aplicação e aspeto do produto Nanothermic 1[51]

5.1.4.4 Paredes Exteriores

As paredes exteriores são os elementos construtivos com maior área em contacto com o exterior em quase todos os edifícios, sendo por isso uma das superfícies mais importantes a analisar no que diz respeito às trocas de calor entre o exterior e o interior. Estas perdas geradas pelas paredes exteriores podem representar 25% a 30% das perdas total de uma habitação (figura 5.7). Por isso é importante definir como se pode isolar as paredes exteriores. O isolamento pode ser colocado pelo exterior ou pelo interior da parede.

Quando é colocado pelo interior a massa térmica da parede fica isolada, evitando assim as pontes térmicas nos pilares mas não nas lajes e vigas do edifício. O principal inconveniente, tal como foi dito anteriormente, é o facto de não aproveitar a inercia térmica das paredes. Uma outra desvantagem desta técnica é o facto de reduzir o espaço interior, diminuindo a área útil do espaço, fazendo com que a espessura do isolamento esteja limitada. [41]

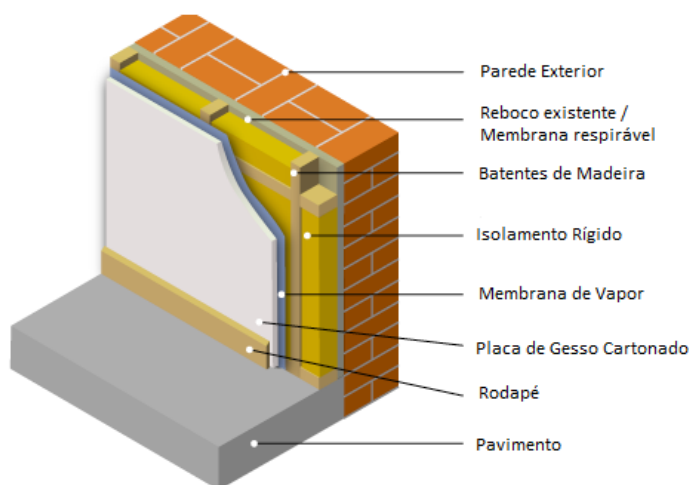


Figura 5.14 – Exemplo de parede com isolamento pelo interior. [52]

Por outro lado existe a hipótese de colar o isolamento pelo exterior, e assim a inércia da parede já é aproveitada. A parede funciona como um reservatório térmico, absorvendo calor durante o dia e libertando-o durante a noite, reduzindo as flutuações de temperatura da habitação durante o dia.

Esta técnica tem algumas vantagens tal como, o aproveitamento da inercia térmica, a redução das pontes térmicas e também a possibilidade de usar maiores espessuras de isolamento, sendo assim possível atingir valores mais baixos de transmissão de calor. [41]

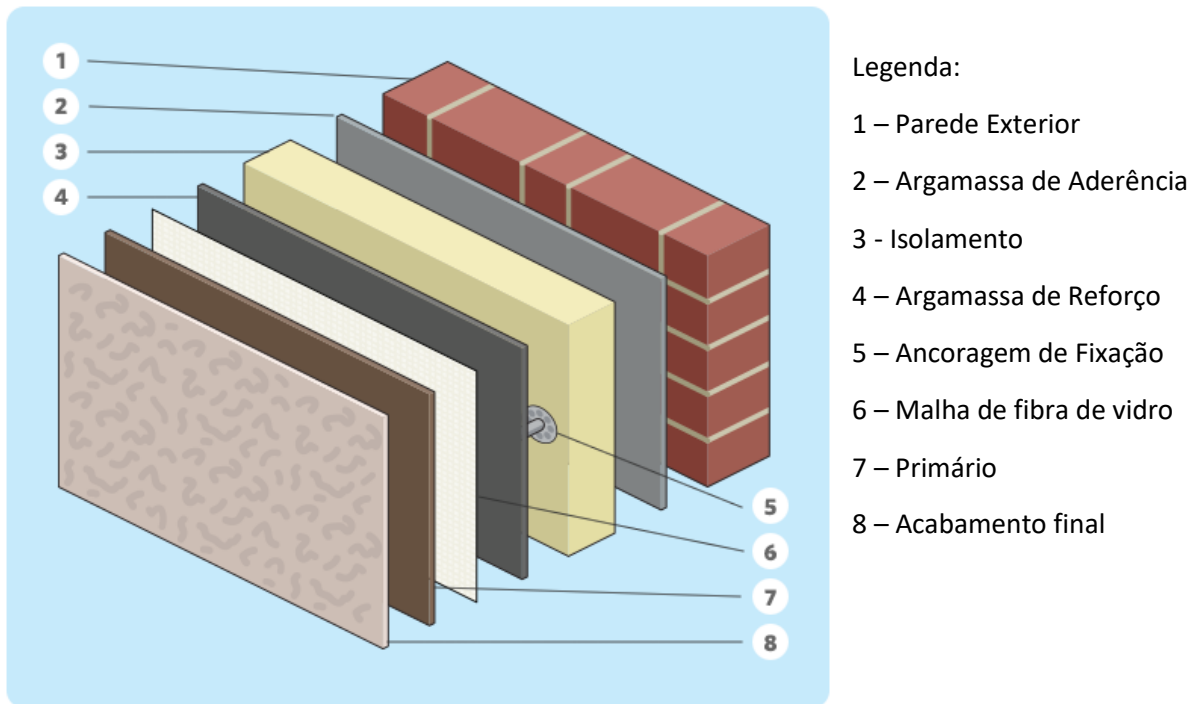


Figura 5.15 – Exemplo de parede com isolamento pelo exterior. [68]

Um outro ponto importante a estudar para além do isolamento é a o revestimento de um edifício. A aplicação de um revestimento reflexivo pode traduzir numa maior eficiência energética. Ao escolher uma cor mais clara o edifício irá refletir uma maior percentagem de radiação solar do que se tivesse uma cor mais escura. [44]

Tabela 5.7 – Coeficiente de absorção da radiação solar, α . [45]

Cor	α
Clara (branco, creme, amarelo, laranja, vermelho-claro)	0,4
Média (vermelho-escuro, verde-claro, azul-claro)	0,5
Escura (castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro)	0,8

O revestimento ao refletir mais radiação, absorve menos radiação, transmitindo menos energia ao interior do edifício. Assim deve-se escolher uma cor clara para evitar o aumento de temperatura interior.

Em relação ao interior do edifício, ao usar cores claras nas paredes interiores, elas vão refletir maior radiação reduzindo a necessidade de iluminação artificial. [44]

Apesar do isolamento térmico utilizado em paredes exteriores mais convencionais, paredes duplas, permitirem controlar os fluxos de transferência de energia, existem outros sistemas a aplicar nas paredes exteriores com o objetivo de maximizar o isolamento térmico. Alguns desses sistemas são: o ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems), as fachadas ventiladas e as fachadas verdes.

- ETICS

O sistema ETICS é uma solução bastante eficiente como forma de isolamento de paredes exteriores. Devido à implementação das diretivas europeias relativas à eficiência energética nos edifícios foi necessário criar soluções novas e mais eficientes. Este sistema é bastante versátil, de fácil aplicação e permite inúmeros acabamento exteriores.

Este sistema pode ser aplicado em todo o tipo de construção, em paredes de alvenaria (tijolo ou blocos de betão), em paredes de betão pré-fabricado ou betonadas *in situ*, em argamassa projetada, barras de metal ou barrotes de madeira e ainda em revestimentos de madeira quando a superfície é estruturalmente resistente, esteja limpa, seca e uniformemente plana.[44]



Legenda:

- 1 – Base / Parede exterior
- 2 – Perfil de arranque
- 3 – Isolamento térmico
- 4 – Argamassa de colagem
- 5 – Fixação mecânica
- 6 – Argamassa de revestimento
- 7 – Rede de Reforço
- 8 – Perfil de canto
- 9 – Argamassa de revestimento
- 10 - Primário de regularização
- 11 – Acabamento final

Figura 5.16 – Composição do sistema ETICS. [44]

Os isolantes térmicos que podem ser aplicados neste sistema são o poliestireno expandido (EPS), o aglomerado negro de cortiça expandida (ICB), o poliestireno extrudido (XPS), o polisocianurato (PIR) e a

lã de rocha, todos eles em formato de placa e com espessuras que variam entre os 40 e os 100 milímetros, sendo fixados à parede só com produtos de colagem ou usando também os fixadores mecânicos.

O acabamento final pode ser feito por diferentes materiais: por tintas, revestimentos plásticos espessos (RPE), revestimentos descontínuos de ladrilhos cerâmicos, placas de pedra ou de outra natureza. [44]

Como todos os sistemas este apresenta vantagens e desvantagens que vão ser inumeradas de seguida.

Tabela 5.8 – Resumo das vantagens e desvantagens do sistema ETICS. [44]

Vantagens		Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> Melhoria do desempenho térmico interior, permitindo economizar energia no uso de sistemas de climatização 	<ul style="list-style-type: none"> Ganho na área da habitação, pois este sistema permite a utilização de paredes simples que com o sistema têm menor espessura que uma parede dupla convencional 	<ul style="list-style-type: none"> Maior custo de produção, comparando às paredes duplas convencionais
<ul style="list-style-type: none"> Minimização das pontes térmicas, reduzindo as condensações no interior 	<ul style="list-style-type: none"> Redução das cargas permanentes na estrutura, pois as paredes tornam-se mais leves 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de mão-de-obra especializada para o bom funcionamento do sistema
<ul style="list-style-type: none"> Contribuição para o aumento de inércia térmica interior, aumentando assim o conforto térmico 	<ul style="list-style-type: none"> Maior proteção contra a água da chuva, pois todos os elementos estão protegidos e o sistema é impermeável à água e permeável ao vapor de água 	<ul style="list-style-type: none"> Limitação na utilização de cores escuras, apenas podem ser aplicadas nas áreas protegidas aos raios solares pois o aquecimento pode causar fissuração no sistema
<ul style="list-style-type: none"> Aumento da durabilidade dos elementos estruturais, devido a estarem protegidos aos choques térmicos 	<ul style="list-style-type: none"> Ótima solução para reabilitação, pois é de aplicação fácil e feita pelo exterior 	<ul style="list-style-type: none"> Inadequação na aplicação em fachadas históricas devido ao seu aspeto estético exterior e em paredes antigas com água de capilaridade ascendente devido ao bloqueio da evaporação da água interior

- Fachadas ventiladas

As fachadas ventiladas são um sistema para revestimento exterior que se têm tornado cada vez mais importantes na construção moderna, devido a serem bons isolantes térmicos e ainda possibilitarem a conceção de projetos de elevada qualidade estética e funcional. [44]

Este sistema consiste em criar uma câmara-de-ar, com pelo menos 20 milímetros, entre o revestimento exterior e a parede interior onde é aplicado o isolamento térmico. Esta câmara-de-ar permite a ventilação natural e contínua da parede através do efeito de chaminé, ou seja o ar frio entra na pela parte inferior e sai a uma temperatura superior pela parte superior da parede.

Tal como o sistema anterior apresentado, este também melhora o comportamento térmico e reduz as pontes térmicas do edifício, permitindo reduzir a utilização de sistemas de climatização mecânicos e evitando o aparecimento de humidades e condensações, aumentando assim o conforto térmico interior. Como o revestimento é feito pelo exterior este protege a estrutura da radiação solar aumentando o seu tempo útil de vida. Este sistema também aumenta o espaço interior habitacional pois só necessita de um pano de alvenaria para suportar a estrutura.[44]

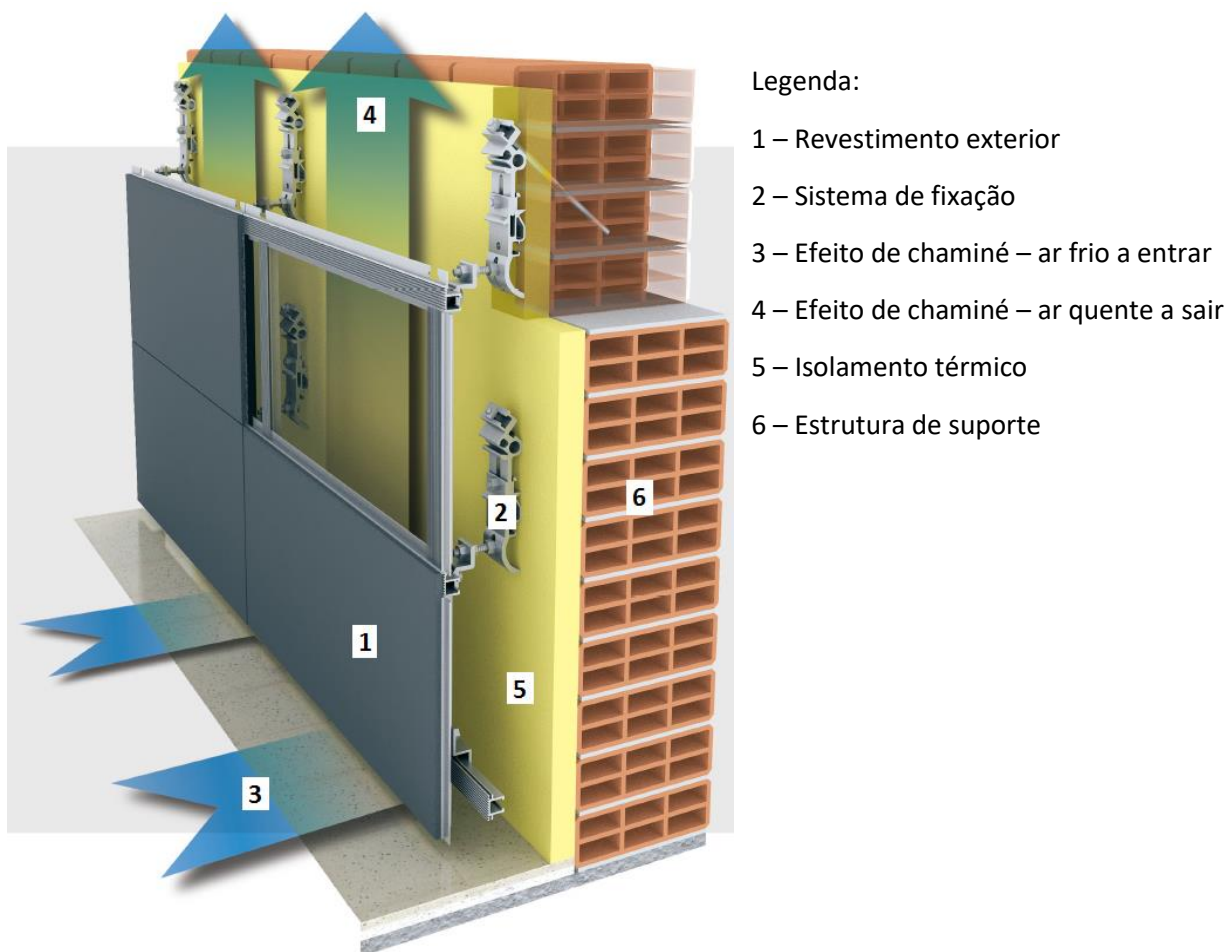


Figura 5.17 – Composição de um sistema de fachada ventilada. [69]

Algumas das vantagens deste sistema são: a rápida implantação do sistema, permitindo desmontar e substituir pequenas área com facilidade; pode ser aplicado em diferentes tipos de estrutura de suporte tornando-se uma boa solução para a reabilitação.

Em relação ao revestimento exterior, este pode ser de diferentes materiais tais como, betão polímero, alumínio, vidro, cerâmica, pedra e madeira modificada. Como cada material tem caraterísticas diferentes, estes devem ser utilizados de forma a aumentas a eficiência energética do edifício e deve se ter em consideração o local de implantação.[44]

- Sistemas verticais ecológicos (VGS)

Os sistemas verticais ecológicos são também conhecidos como tecnologia de paredes verdes, jardins verticais. Estes sistemas consistem em estruturas verticais que dispersão a vegetação, que pode ou não estar agarrada à fachada do edifício ou a uma parede interior. Devido à elevada complexidade destes sistemas existem diversas tipologias de paredes verdes que variam desde de modelos mais simplistas até conceitos de alta tecnologia e complexidade.[53]

Estes sistemas têm como objetivo criar barreira à incidência da radiação solar reduzindo a temperatura superficial das fachadas significativamente (em média 7,1 °C nos meses mais quentes). [44]

Com base no tipo de vegetação e estrutura de suporte usados, estes sistemas dividem-se em dois grandes grupos fachadas verdes e paredes vivas.[53]

Nos sistemas de fachadas verdes a vegetação utilizada são plantas trepadeiras, ou seja crescem de baixo para cima, e plantas em cascata, que crescem de cima para baixo.



Figura 5.18 – À esquerda planta trepadeira, à direita planta em cascata.

Podem ser usados estruturas especialmente concebidos para forçar o desenvolvimento da vegetação pela fachada do edifício, servindo também de suporte para as plantas trepadeira desenvolver mais facilmente.

Nas fachadas verdes as raízes das plantas encontram-se normalmente plantadas na base da parede no solo ou em caixas próprias para as plantas colocadas a diferentes alturas e fixas à parede ou ainda nas coberturas para as plantas em cascata. Devido à pouca diversidade e densidade das plantas existentes, estes sistemas não necessitam de manutenção intensiva e proteção ao contrario das paredes vivas.[53]

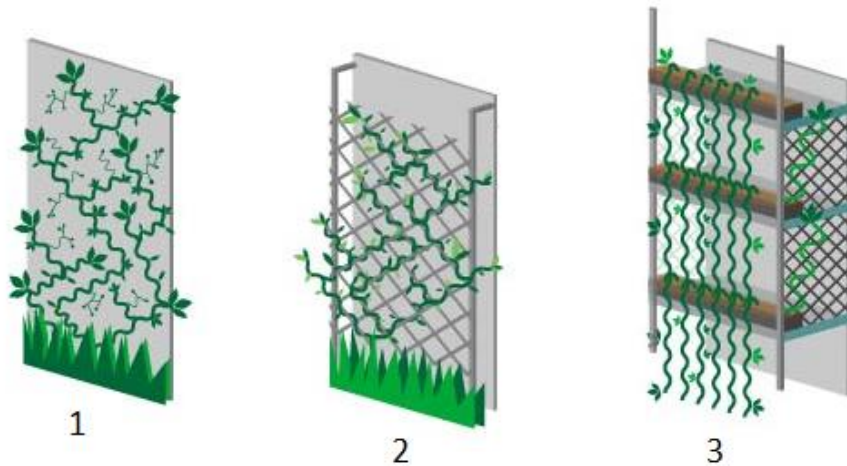


Figura 5.19 – Diferentes tipologias de fachadas verdes

Na figura 5.19 pode ser observado alguns dos tipos de sistemas que estão disponíveis nas fachadas verdes. No número 1 estão representadas as plantas que têm a capacidade de se agarrar diretamente à fachada sem necessitarem de qualquer estrutura de suporte; no número 2 estão representadas as plantas entrelaçadas para cobrir a fachada dum edifício através de uma estrutura com cabos ou treliças; no número 3 representa o sistema de usar caixas a diferentes alturas da fachada para plantar a vegetação.



Figura 5.20 – Exemplo real de uma fachada verde, Hotel Babylon no Vietnam

Os sistemas de paredes vivas são geralmente infraestruturas mais complexas que envolvem estruturas de suporte com diferentes métodos de fixação. Neste sistemas é necessário criar uma barreira impermeável entre a parede viva e a fachada do edifício para evitar problemas de humidades. Este sistema requer também uma rede de irrigação para as plantas, podendo ainda ser aplicados sistemas de fertirrigação, monitorização e iluminação, não sendo obrigatórios. [53]

Os métodos de suporte de fixação das plantas à estrutura de suporte são o pano ou feltro e os painéis ou caixas. Nos sistemas de painéis existe a possibilidade de plantar no local a vegetação uma vez que a estrutura está ligada à parede ou utilizar painéis onde a vegetação já se encontra pré-plantadas e dispostas em estruturas especialmente concebidas. No caso do sistema de pano, as plantas são alocadas no interior da bolsa. Ambos os sistemas suportam uma grande variedade de espécies de plantas ao contrário das fachadas verdes. [53]

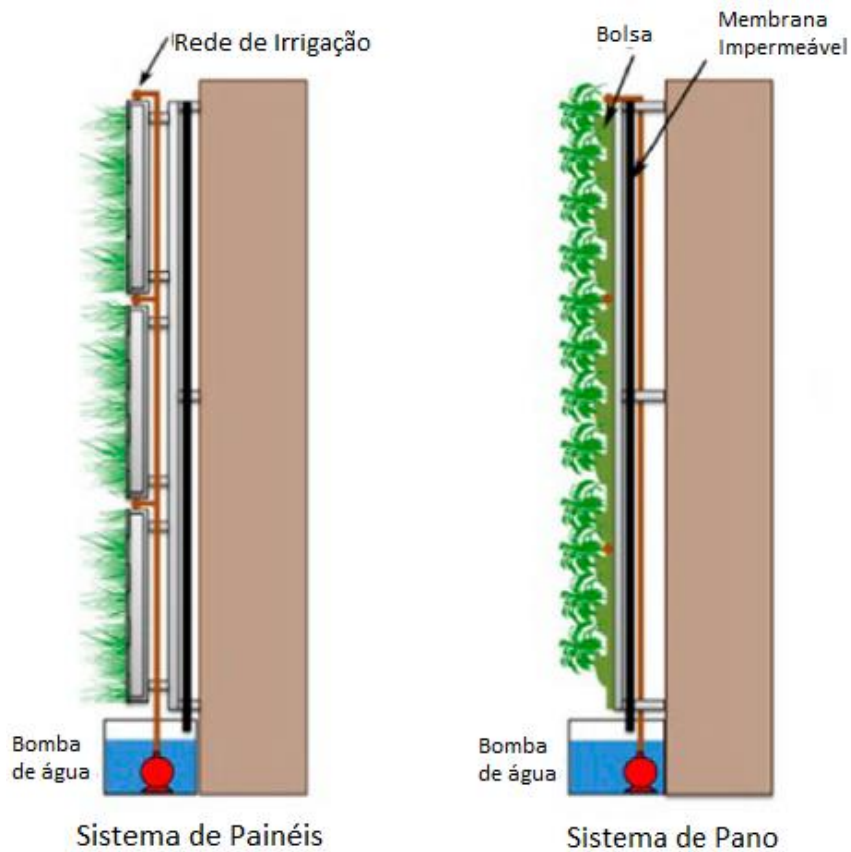


Figura 5.21 – Esquema dos sistemas de painéis (à esquerda) e de pano (à direita). [53]

Os sistemas apresentados anteriormente atuam como um filtro biológico passivo, mas devido a novas abordagens e tecnologias em desenvolvimento é possível evoluir estes sistemas para uma integração de paredes vivas, no interior e exterior, dentro do ar condicionado e sistema de ventilação do edifício. Resultando assim num sistema chamado paredes vivas ativas, onde uma corrente de ar é forçada a passar pela parede viva reciclando o ar, tornando-o fresco, e posteriormente é fornecido ao interior do edifício. Esse ar está arrefecido, filtrado e humidificado pelas plantas da parede viva. [53]

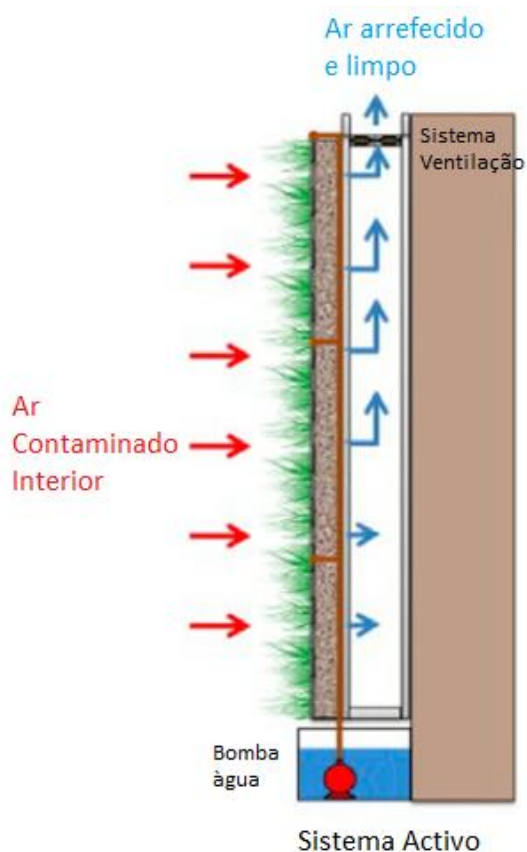


Figura 5.22 – Esquema do sistema ativo. [53]

Resumindo, os sistemas verticais ecológicos são uma boa opção para uma solução sustentável tanto a nível de eficiência energética para os edifícios como para o ambiente urbano. Estes sistemas melhoram o nível ambiental urbano através da produção de oxigénio e consumindo o dióxido de carbono, retendo ainda poeiras, purifica o ar respirável, potenciando a biodiversidade e diminuindo o efeito de ilha de calor.

5.1.4.5 Pavimentos

Os pavimentos tal como toda a zona da envolvente da habitação, também estão sujeitos a fluxos de energia, devido a separarem zonas com diferenciais de temperatura. As perdas de calor pelos pavimentos varai entre 7% a 10% das perdas totais (figura 5.7), devendo, tal como todos os outros elementos construtivos da envolvente, serem devidamente isolados termicamente, tanto nos pavimentos em contacto com o solo como os pavimentos que dividem zonas habitacionais uteis ou não.

Os pavimentos que requerem maior isolamento térmico são aqueles em contacto com o solo, pois é onde existem maiores diferenças de temperaturas podendo causar condensações e desconforto na habitação. Neste tipo de pavimentos o isolamento deve ser colocado sob a laje de forma a maximizar a inércia térmica do edifício e evitar o fenómeno de condensações e pontes térmicas.

A condutibilidade térmica do pavimento vai depender do tipo de solução adotado, do tipo de isolamento térmico e das espessuras das suas camadas.

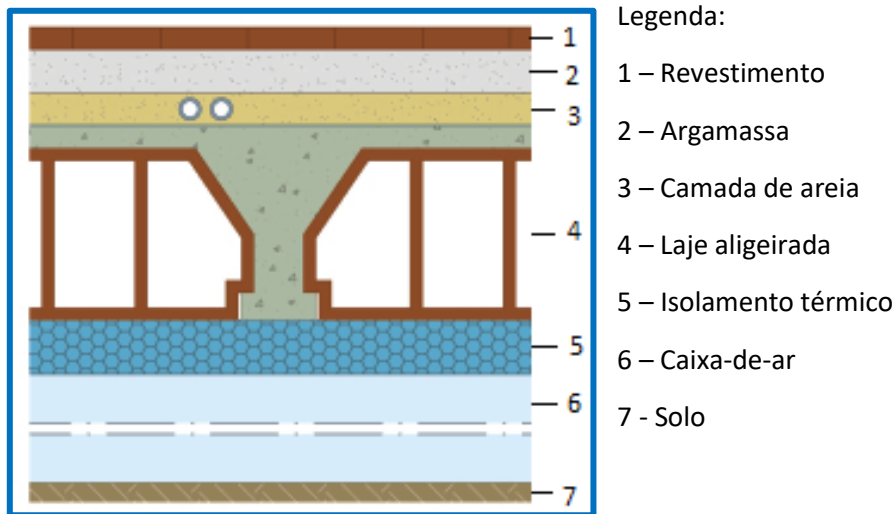


Figura 5.23 – Pormenor da composição de um pavimento em contacto com o exterior

5.1.4.6 Vãos envidraçados (vidros e caixilharia)

Os vãos envidraçados representam uma parte significativa da envolvente do edifício que se encontra em contacto com o exterior, representando cerca de 15% das perdas totais do edifício (figura 5.7). Os vãos envidraçados são elementos mais sensíveis aos fatores ambientais, como a radiação solar e o vento, e estes influenciam o conforto e eficiência energética do edifício. [44]

Os vãos envidraçados são constituídos pelos vidros e os caixilhos e a principal característica que deve ser analisada para obter uma boa eficiência energética é o coeficiente de transmissão térmica do conjunto (U_w). Este coeficiente representa a energia térmica que é transmitida através do envidraçado, por isso, quanto menor este valor mais eficiente será o vão envidraçado. [44]

O fluxo de calor que acontece através dos vãos envidraçados ocorre de três formas distintas: por condução, convecção e radiação.

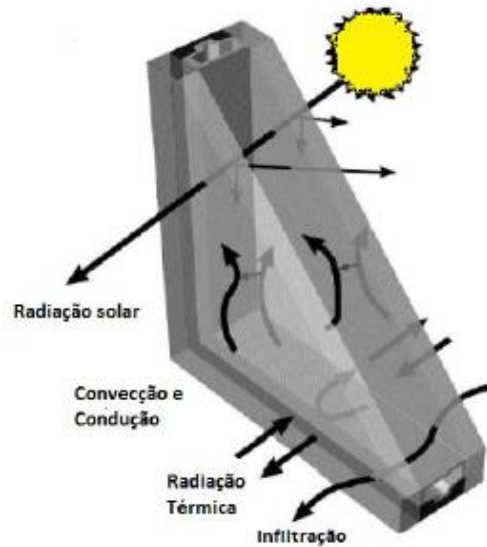


Figura 5.24 – Fluxo de energia de um envidraçado.[44]

Como pode ser observado na figura 5.24, o fluxo de energia de um envidraçado pode ocorrer de várias formas: ganhos de calor solar por radiação, ganhos e perdas de calor por condução, convecção e radiação, e ainda trocas de ar, ou seja, arrefecimento por ventilação e infiltrações.

- Vidro

O vidro é um material que confere um fraco isolamento térmico aos edifícios, e por isso é necessário desenvolver formas de melhorar o coeficiente térmico dos vãos envidraçados. De seguida serão apresentadas algumas tecnologias disponíveis para melhorar esse coeficiente.

- Utilização de vidros constituídos por panos múltiplos

A introdução de um segundo pano num vão envidraçado tem a capacidade de aumentar a resistência térmica do vidro em cerca do dobro, ou seja, reduz o valor de U_w para metade. É possível introduzir um terceiro ou quarto pano, mas a diminuição do coeficiente é feita numa proporção cada vez menor. Quando são aplicados vidros triplos ou quádruplos está a ser reduzido a radiação solar e a luz visível que os atravessa e também tem um custo superior aos vidros simples e duplos.

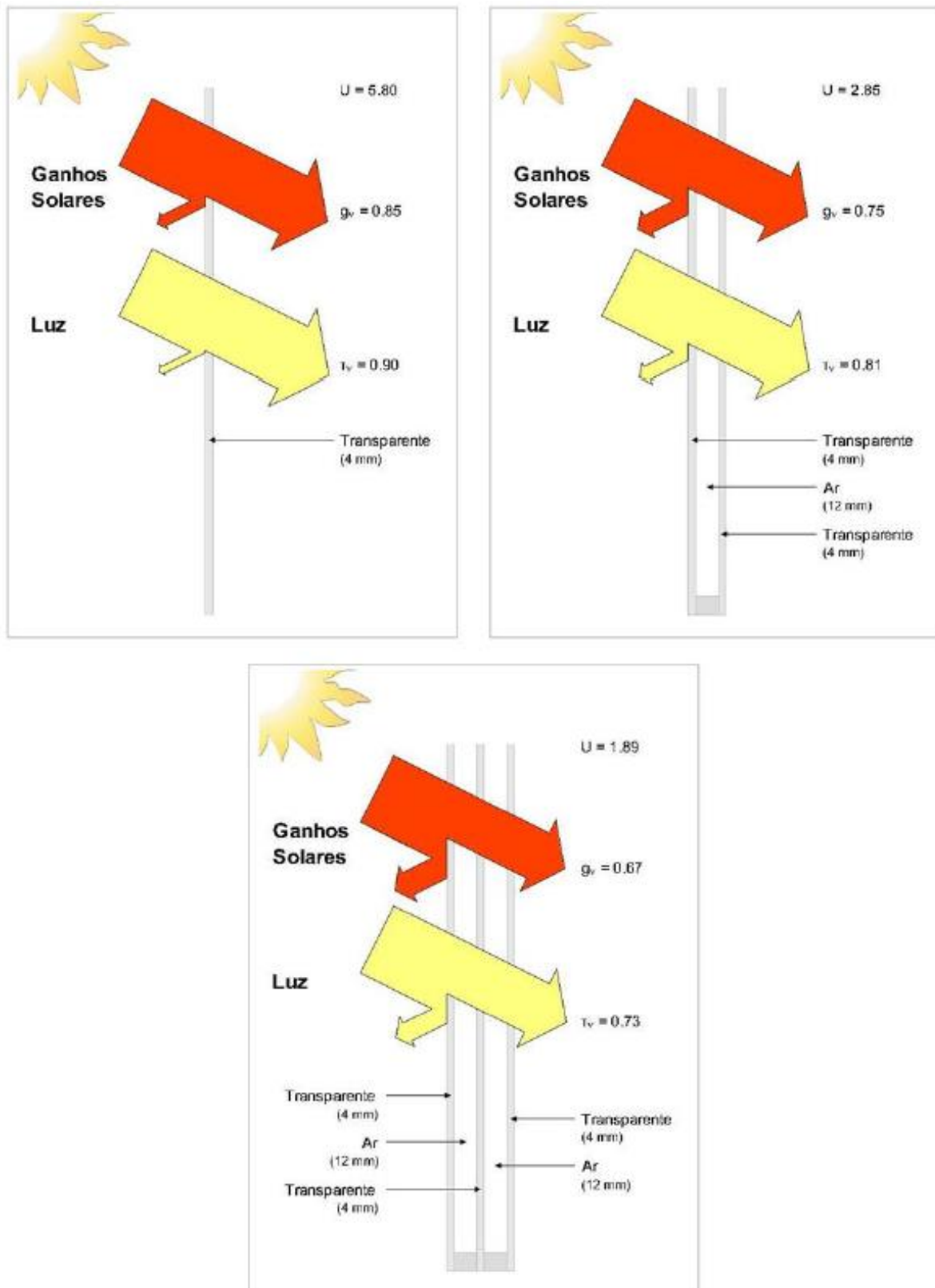


Figura 5.25 – Comparação dos valores de U, g_v e T_v entre um vidro simples, duplo e triplo. [54]

- Introdução de películas plásticas

A introdução de panos numa janela tem um limite não são em termos físicos como monetárias, pelo que uma das soluções para este problema é substituir os panos do meio por películas de plástico. Esta solução reduz ainda mais o coeficiente de transmissão térmica e o fator solar do vidro sem necessitar de uma espessura excessiva na janela.

- Utilização de espaçadores metálicos

Os espaçadores metálicos, normalmente de alumínio, servem para manter os panos de vidro separados a uma distância adequada e acomodarem as tensões devido às variações térmicas. Para além destas funções, os espaçadores também servem como barreiras ao vapor de água, evitando a formação de condensações interiores que levam ao embaciamento do vidro.

- Utilização de gases de baixa condutividade

Inicialmente os panos de vidro eram preenchidos com ar, mas devido a necessidade de diminuir as perdas de calor, os panos passaram a ser preenchidos com gases menos condutores e mais viscosos, tornando mais lentas as correntes de convecção que ocorrem no interior de cada espaço entre panos.

Os gases mais usados para este efeito são o argón e o cripton, podendo ainda serem usados mistura destes gases com ar. Estes gases são utilizados pois encontram-se naturalmente na atmosfera e são inertes, não tóxicos, não reativos, incolores e sem cheiro. O cripton tem um desempenho térmico melhor que o argón, mas também tem um custo maior de produção. O espaçamento ideal entre vidros para o argón é de 12 a 13 mm o mesmo que para o ar. Pode ainda ser usado um outro gás, o xénon.

A introdução destes gases não influencia o fator solar e a transmitância visível do vidro, estes fatores são independentes do tipo de gás utilizado.

Tabela 5.9 – Comparação dos valores de U para vidros duplos e triplos utilizando gases nos espaços entre eles[54]

Gás	Vidro duplo U (W/m ² .°C)	Vidro triplo U (W/m ² .°C)
Ar	2,85	1,89
Árgon	2,67	1,74
Crípton	2,54	1,60
Xénon	2,52	1,58
Ar (5%) / Árgon (95%)	2,67	1,75
Ar (5%) / Crípton (95%)	2,55	1,61
Ar (12%) / Árgon (22%) / Crípton (66%)	2,58	1,65

○ Vidro com controlo solar

Os vidros de controlo solar são os chamados vidros coloridos. Este tipo de vidro está disponível em diversas cores, sendo as mais comuns: cinza, bronze, azul e verde, pois são aqueles que menos alteram a cor da vista para o exterior. Estes vidros tem a capacidade de reduzir o brilho da vista para o exterior, confinando ainda uma maior privacidade às habitações durante o dia, pois durante a noite acontece o oposto devido a iluminação que existe no interior da habitação.[54]

Estes vidros apresentam um menor fator solar devido à sua reduzida transmitância solar, diminuindo a radiação solar que passa instantaneamente através deste para o interior da habitação.

No ponto de vista térmico, estes vidros são bons para a estação de arrefecimento pois é benéfico reduzir os ganhos solares, mas durante a estação de aquecimento já não são aconselháveis pois vão introduzir uma necessidade maior de utilizar sistemas de aquecimento.[54]

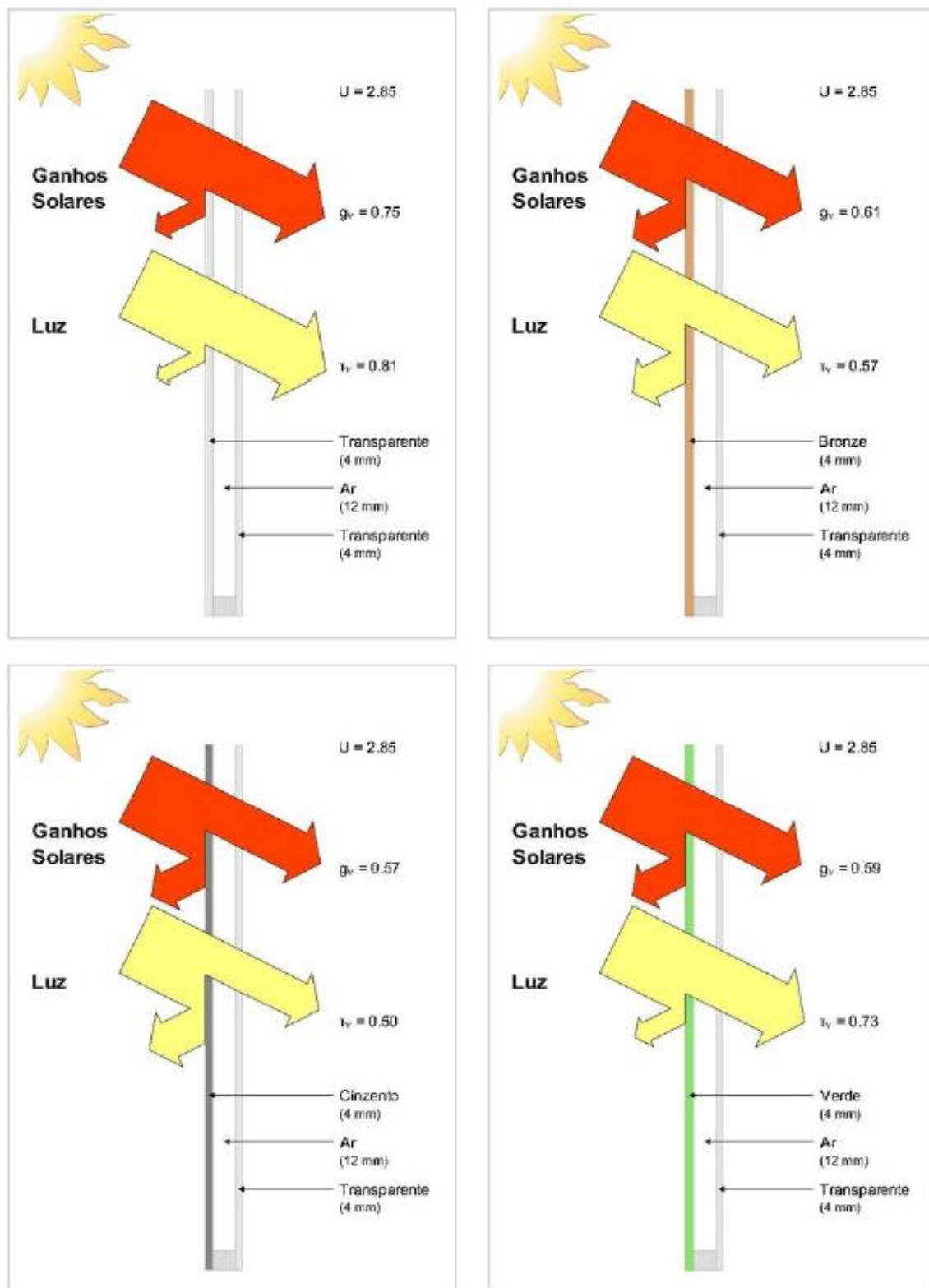


Figura 5.26 – Comparação dos valores de U, g_v e T_v entre um vidro duplo normal e três vidros duplos com controlo solar de diferentes cores. [54]

- Vidro com película de baixa emissividade

O vidro com película de baixa emissividade é um vidro que apresenta uma emissividade mais reduzida em relação a um vidro transparente normal. A emissividade é a aptidão que um dado material tem para emitir radiação em função da temperatura a que se encontra. A introdução de uma película destas num vidro convencional é capaz de reduzir a sua emissividade de 0,84 até valores na ordem dos 0,04. [54]

Este tipo de vidro permite a passagem de radiação com pequeno comprimento de onda (radiação solar penetra nos compartimentos da habitação, aquecendo as superfícies) e impede a passagem de radiação com grande comprimento (radiação de baixa temperatura é impedida de sair para o exterior). Logo a utilização destas películas no inverno é bastante útil pois retém o calor que está dentro da habitação impedindo-o de sair para o exterior, enquanto no verão em algumas regiões pode levar ao sobreaquecimento devido a radiação de baixa temperatura emitida pelas pessoas que estão no interior da habitação, visto que no verão é bastante superior essa radiação.

Existe ainda uma outra possibilidade de atingir estes desempenhos conjugando as películas de baixa emissividade com um vidro colorido.

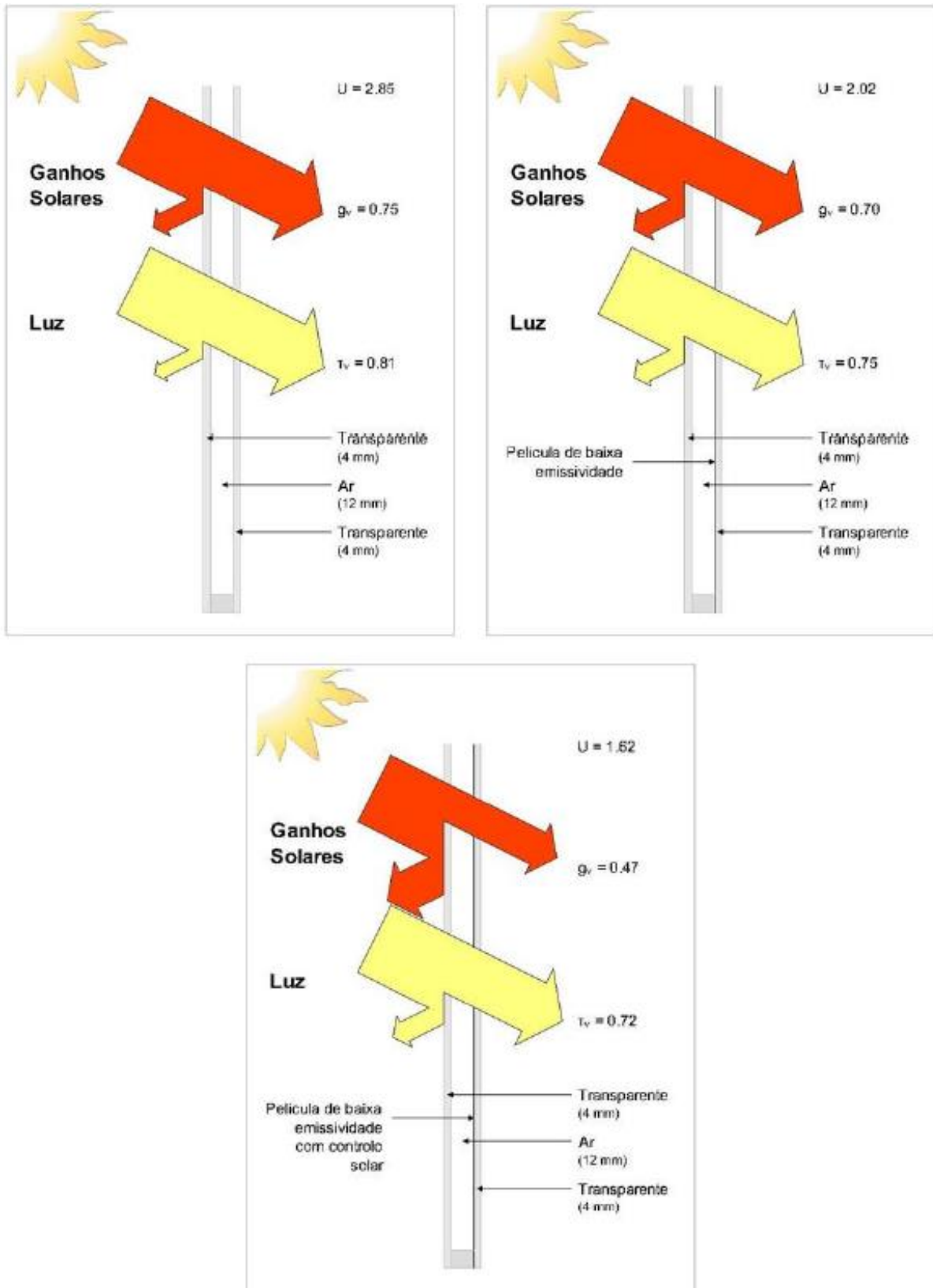


Figura 5.27 – Comparação dos valores de U, g_v e τ_v entre um vidro duplo normal e dois vidros duplos com películas de baixa emissividade, uma convencional e outra com controlo solar. [54]

- Caixilharia

As caixilharias tem como principal objetivo garantir a estanquidade e a operacionalidade dos vãos. O material mais utilizado é o alumínio, embora a madeira continua a ser utilizada para reabilitação de edifícios antigos e o PVC cada vez mais utilizado em construções novas.[54]

As caixilharias tem de ter uma boa capacidade de isolamento térmico e para isso são produzidos caixilhos híbridos, onde são conjugados dois ou mais materiais.

Quando o material usado é o alumínio, devido a elevada condutibilidade térmica, é necessário utilizar caixilharia com corte térmico para melhorar o desempenho térmico e assim evitar problemas de condensações no interior do caixilho. A utilização destes perfis com corte térmico tem a capacidade de reduzir em metade o coeficiente de transmissão térmica.[54]

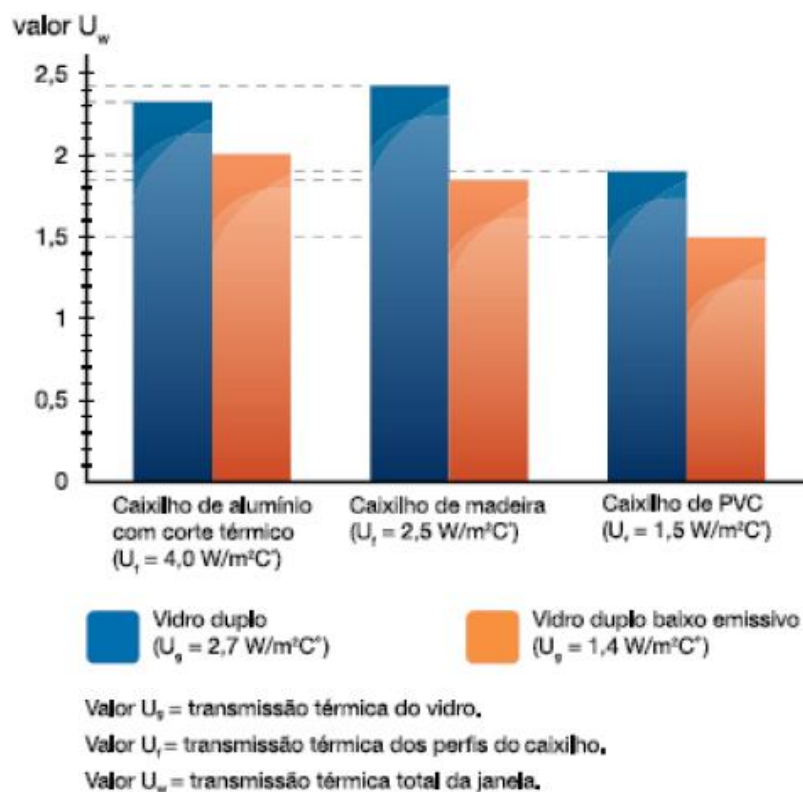


Figura 5.28 – Comparação de coeficientes de transmissão térmica (U_w) de várias soluções de caixilharia, para dimensão de 1 m^2 [44]

Analisando a figura 5.28 pode ser verificado que o material mais eficiente é o PVC, este é um material que é comercializado em diferentes cores, e constitui a melhor opção sempre que for viável o seu uso.

5.1.5 Sistema de sombreamento

Os sistemas de sombreamento de um edifício tem um papel fundamental na eficiência energético do mesmo. Para estes sistemas serem bem dimensionados, é necessário conhecer o percurso do sol ao longo do dia e das diferentes estações do ano, devido ao ângulo de incidência da radiação solar nos vãos envidraçados variar com a latitude e orientação das fachadas.

Estes sistemas têm como objetivo fundamental a permissão ou bloqueio da radiação solar através das fachadas envidraçadas. No Inverno, as fachadas não devem estar obstruídas para permitir a entrada da radiação solar para assim aquecer o interior do edifício, tendo assim ganhos térmicos gratuitos. No Verão, estes devem bloquear a entrada da radiação, minimizando os ganhos solares e evitando o sobreaquecimento para que não seja necessário o uso de equipamentos auxiliares para arrefecer o ar interior do edifício.[44]

Um outro fator importante é a permissividade de luz natural no interior do edifício. Deve haver um equilíbrio entre a proteção solar e a iluminação natural para que não seja necessário o uso de iluminação artificial.

Os sistemas de sombreamento podem ser classificados de diferentes maneiras como descritos no esquema seguinte. [44]

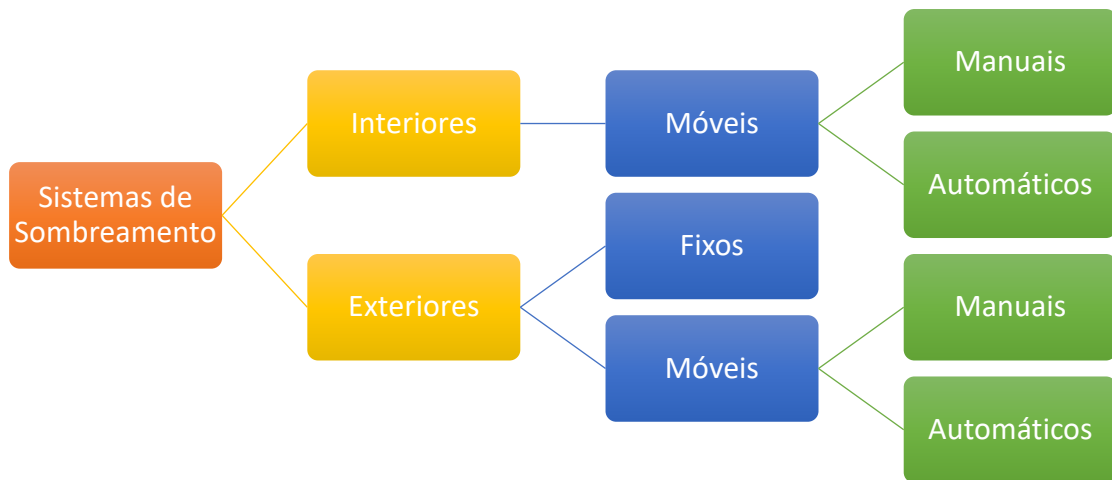


Figura 5.29 – Tipos de sistemas de sombreamento existentes. [44]

Para escolher entre sistemas de sombreamento pelo interior ou pelo exterior é preciso avaliar as vantagens e desvantagens para o fim que se pretende.

No que diz respeito aos ganhos térmicos, um sistema exterior é mais vantajoso, pois bloqueia a entrada de radiação solar para o interior do edifício através dos vãos envidraçados permitindo uma redução de ganhos de calor até 80%. Outra vantagem é que estes sistemas pelo exterior ao provarem sombreamento

na fachada do edifício evitam também ganhos térmicos por condução através das fachadas, e ainda permitem a ventilação pelo exterior de forma a arrefecer as fachadas. Em termos de desvantagens, os sistemas exteriores são mais dispendiosos que os interiores, mas a longo prazo traduzem numa maior eficiência energética. Uma outra desvantagem dos sistemas exteriores é o impacto que estes provocam na estética da fachada do edifício, o que não acontece com os interiores.[55]

Os sistemas interiores também tem vantagens, sendo a principal o controlo da iluminação natural no interior do edificio, este controlo acontece devido a estes sistemas serem moveis e podem ser adaptados facilmente ao uso pretendido pelo utilizador, contribuindo assim para uma maior privacidade na habitação.

Como foi dito anteriormente os sistemas de sombreamento exteriores podem ser fixos ou moveis. Quando estes são fixos tem de haver um compromisso no dimensionamento de modo a que a solução escolhida seja vantajosa em todas as estações, tendo em conta o fator de iluminação natural.[44]



Figura 5.30 – Sistemas de sombreamento exteriores fixos, palas horizontais e verticais. [56]

Os sistemas de sombreamento exterior móveis são mais dispendiosos, mas tem a vantagem de se adaptarem a todas as estações do ano, permitem também controlar a entrada de luz natural quando necessário. Ou seja estes sistemas são bastante flexíveis e depende apenas da boa gestão do utilizador para garantir maior eficiência energética do edificio. [44]



Figura 5.31 – Sistemas de sombreamento exteriores moveis. [57]

Os sistemas de sombreamento móveis podem ser manuais ou automáticos. Como seria de esperar os sistemas manuais são menos dispendiosos, mas exigem uma participação ativa por parte do utilizador para os adaptar para as diferentes estações. Enquanto os sistemas automáticos são regulados e controlados através de células fotoelétricas ou vários sensores que regem mediante as variações da inclinação do sol, níveis de temperatura e níveis de luminosidade, no entanto devido a estes mecanismos de controlo estes tornam-se bastante dispendiosos. [55]

Existe uma ampla variedade de sistemas de sombreamento neste momento no mercado, podendo serem compostos por vários materiais e apresentarem varias cores. Como exemplo de sistemas de sombreamento exterior fixos, temos as palas fixas de betão (fazendo parte da estrutura), as lamelas em vidro, metálicas ou madeira (são acopladas a estruturas por vários mecanismos e podem ser fixas ou móveis) e as malhas metálicas. Os sistemas móveis podem ser: portadas de alumínio, PVC ou madeira (exterior), as venezianas em alumínio ou madeira (interior ou exterior), os estores de bandas horizontais (interior), as telas de rolo ou estores verticais em PVC, poliéster, fibra de vidro ou tecido metálico (interior ou exterior), poliéster ou PVC (interior) e os toldos (exteriores). [44]

5.1.6 Iluminação natural

Na EU a iluminação representa, no setor residencial, cerca de 10% do consumo de eletricidade, sendo a terceira maior parcela no que diz respeito ao consumo de eletricidade a seguir aos equipamentos de aquecimento e aos aparelhos de climatização. Assim sendo, para reduzir o uso de iluminação artificial é necessário garantir sempre que possível a iluminação natural nos edifícios para ter uma boa eficiência

energética. Como foi anteriormente referido, a entrada de luz solar pode gerar aquecimento durante o verão, logo é necessário desenvolver sistemas que sejam benéficos tanto no verão como no inverno. [44]

O melhoramento da iluminação natural é obtido através da aplicação de sistemas que são desenvolvidos no sentido de proporcionar níveis mais elevados de luz natural e, em simultâneo, obter um maior controlo da entrada de radiação solar direta.[58]

Os principais objetivos destes sistemas avançados de iluminação natural são[58]:

- Redirecionar a luz natural para as zonas pouco iluminadas;
- Melhorar a iluminação natural nas zonas de trabalho;
- Evitar ou reduzir a ocorrência de encadeamento e melhorar o conforto visual dos utilizadores;
- Obter sombreamento solar e conforto térmico.

Existem várias formas de classificar estes sistemas, mas a classificação mais usada baseia-se nas características geométricas dos sistemas, sendo assim agrupados em três grupos: sistemas refletores, elementos integrados em envidraçados e sistemas de transporte de luz.

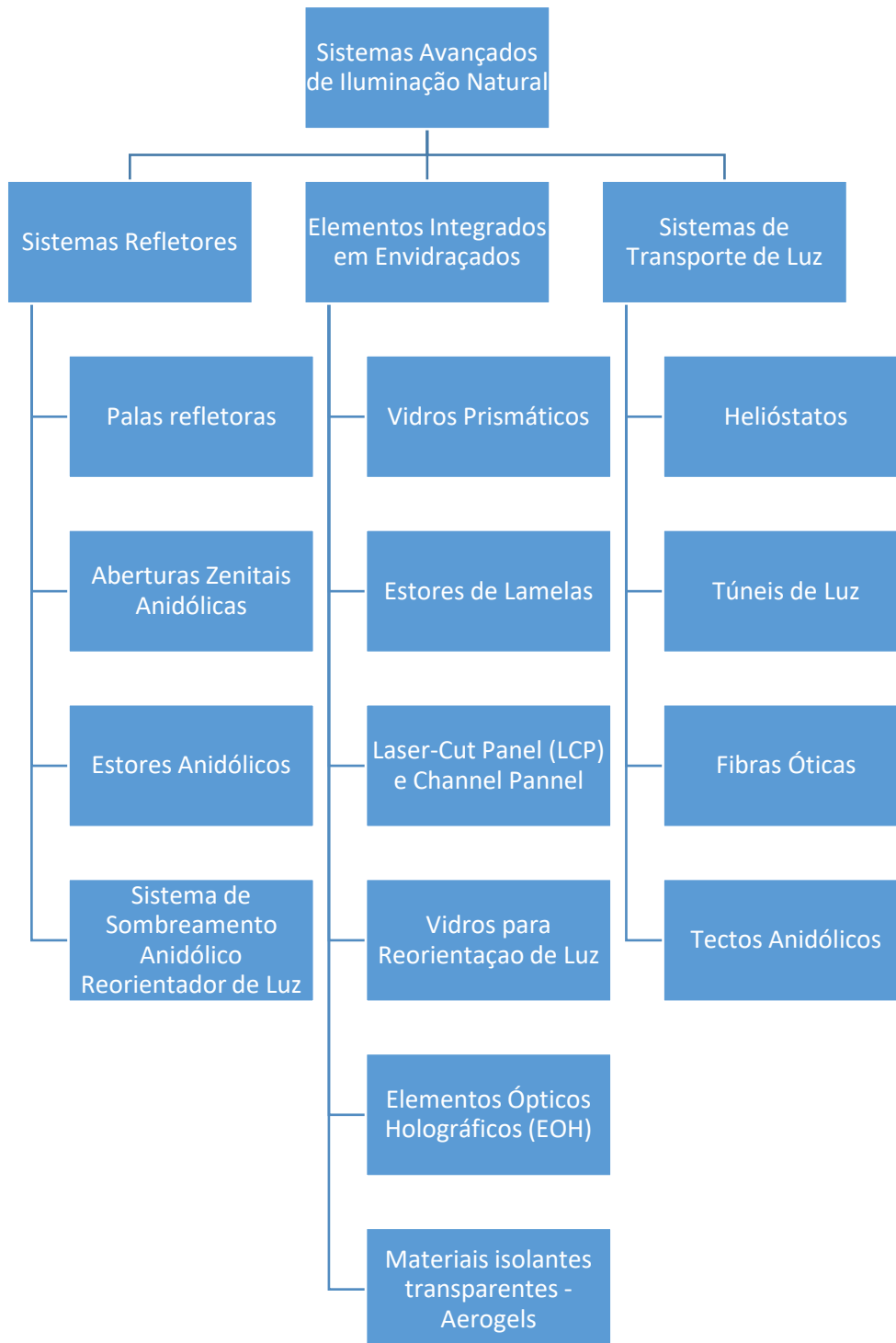


Figura 5.32 – Tipos de sistemas avançados de iluminação natural[58]

- **Sistemas refletores**

Os sistemas refletores, tal como o nome indica, são refletores posicionados exteriormente ou interiormente em relação ao pano do envidraçado. Estes tem um grande impacto na arquitetura do edifício. [58]

- Elementos integrados em envidraçados

Os elementos integrados em envidraçados são constituídos por dispositivos em miniatura ou em micro escala, posicionados num plano paralelo a poucos milímetros de um vidro simples ou entre panos de um vidro duplo. [58]

- Sistemas de transporte de luz

Os sistemas de transporte de luz concentram e transportam a luz natural durante longas distâncias para zonas interiores do edifício, através de fibras óticas ou túneis de luz. [58]

5.1.7 Equipamentos eficientes

É cada vez mais frequente o uso de diversos equipamentos nas habitações (aparelhos de refrigeração, máquinas de lavar roupa e louça, televisores), por isso é bastante importante ter em atenção o seu desempenho energético, escolhendo equipamentos eficientes. [41]

Na EU foi criada uma etiqueta energética que tem como objetivo fornecer ao consumidor informações sobre o desempenho e outras características essenciais do produto. Esta etiqueta permite conhecer o nível de eficiência energética de um produto e avaliar assim a possível redução de gastos energéticos que este proporciona. [41]

Esta etiqueta também possibilita a fácil comparação de produtos com o mesmo fim tendo em conta o seu consumo de água, energia ou capacidade, pois esta é uniforme para todos os produtos da mesma categoria. [41]

Estes equipamentos são classificados de acordo com uma classe de 7 classes, de A+++ (mais eficiente) a D (menos eficiente). A etiqueta dos televisores tem uma classificação de A a G, migrando para A+++ a D, de forma faseada até 2020, de três em três anos será introduzida uma nova classe de eficiência energética e eliminada a classe menos eficiente. [59]



Figura 5.33 – Esquema da alteração faseada das classes energéticas dos televisores[59]

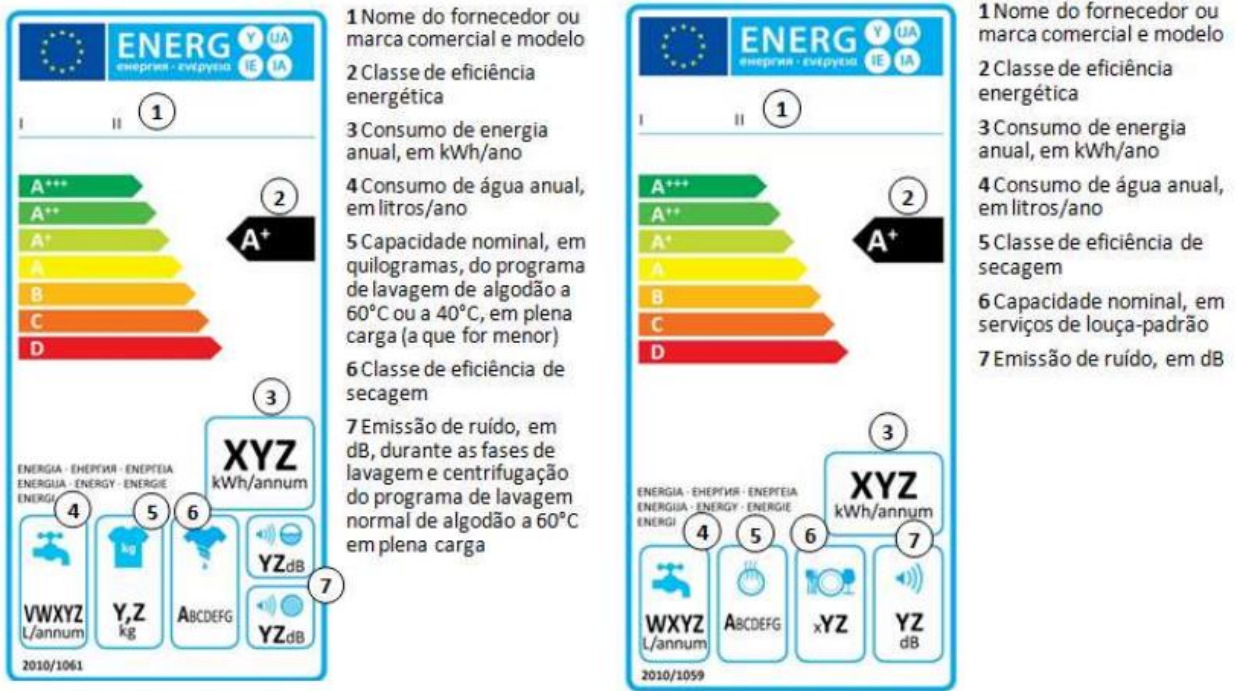


Figura 5.34 – Exemplo da etiqueta energética das máquinas de lavar roupa (à esquerda) e das máquinas de lavar louça (à direita)[59]

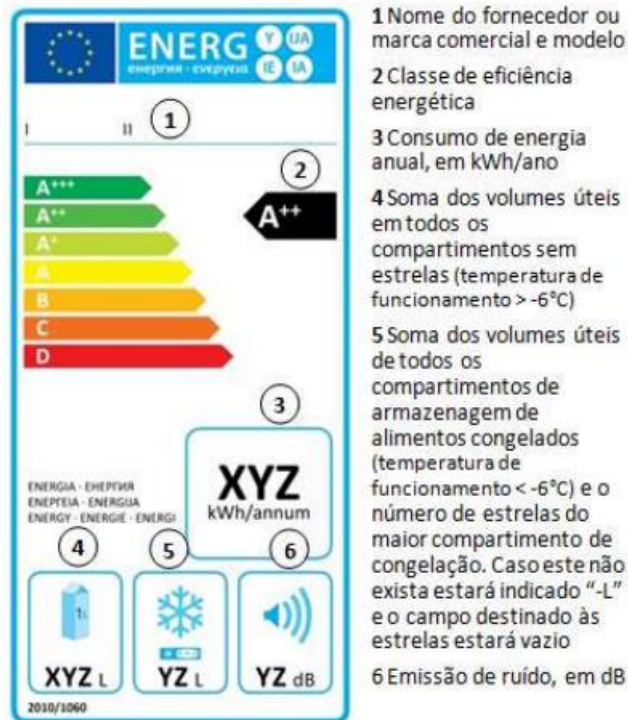


Figura 5.35 – Exemplo da etiqueta energética dos aparelhos de refrigeração (tecnologia de compressão)[59]

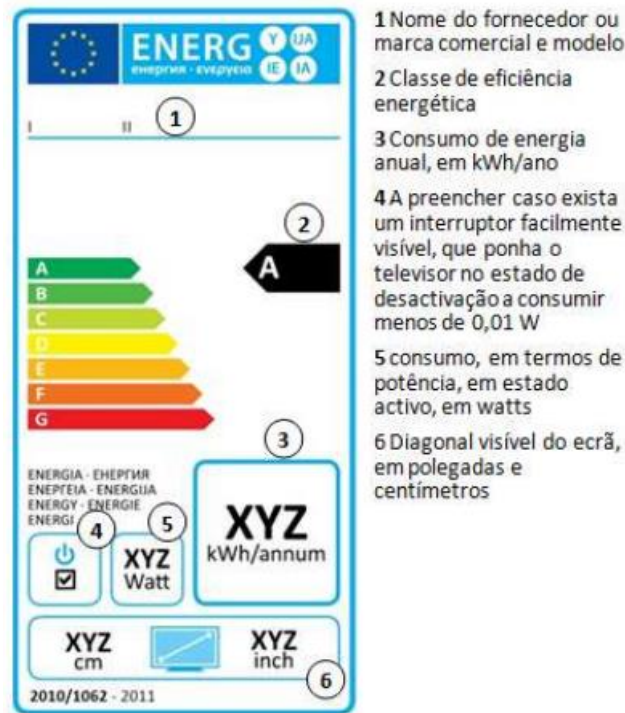


Figura 5.36 – Exemplo da etiqueta energética dos televisores de 2011 [59]

5.1.8 Sistemas de arrefecimento

Os sistemas passivos de arrefecimento são dispositivos que fazem parte da estrutura do edifício, ou estratégias que utilizam o vento e a circulação de ar com a intenção de arrefecer o ambiente interior do edifício, permitindo assim a poupança de energia ao não usar aparelhos mecânicos de climatização.

A adoção de soluções que conduzam à prevenção e atenuação dos ganhos de calor e de estratégias que deem origem a processos de dissipação de calor provocam uma redução das necessidades de arrefecimento e na melhoria das condições de conforto térmico.[44]

- Ventilação natural

A ventilação natural é um processo pelo qual é possível arrefecer os edifícios tirando partido da diferença de temperaturas existente entre o interior e o exterior em determinados períodos. Devido às diferentes temperaturas que ocorrem entre o dia e a noite, é possível e desejável implementar a ventilação noturna como estratégia de evacuação dos ganhos no interior do edifício, principalmente em edifícios habitacionais. [60]

A ventilação natural é um processo promovido pelas diferenças de pressão de um lado e outro das janelas, portas, chaminés e frinchas, quer por origem das diferenças de temperaturas interior e exterior, quer por ação direta do vento sobre o edifício. [60]

Um dos pontos importantes da ventilação é o correto posicionamento e dimensionamento das aberturas, podendo estar divididas em duas grandes categorias: ventilação transversal e a ventilação unilateral.

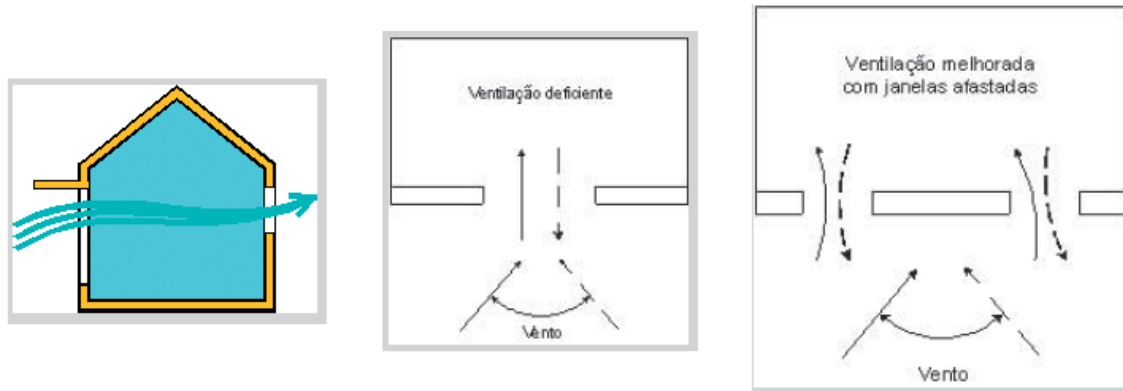


Figura 5.37 – Exemplos de ventilação transversal (primeira imagem), ventilação simples com uma abertura (segunda imagem) e ventilação simples de duas aberturas (terceira imagem)[60]

Uma outra maneira de fazer a ventilação é através do sistema chamando chaminé solar. Este sistema consiste numa camara com um captador de cor escura e protegido com um vidro. O ar que esta dentro da camara é aquecido, diminuindo a sua densidade e produzindo um efeito de sucção nas aberturas inferiores que estão em contacto com o ambiente interior, fazendo assim a extração do ar interior. Estas chaminés solares devem estar orientadas a sul para obter a maior intensidade de radiação solar. Este é um sistema que não cria uma ventilação muito alta. [61]

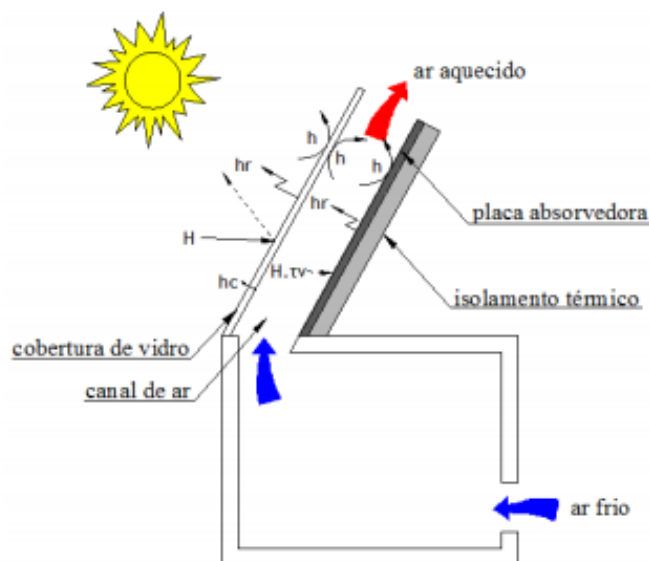


Figura 5.38 – Corte esquemático de ma chaminé solar inclinada. [62]

A grande vantagem deste sistema é o facto de obter o máximo rendimento quando este é mais necessário, ou seja, a obtenção da maior ventilação quando a radiação solar é elevada.[61]

O aspirador estático é outro sistema para gerar movimentação de ar no interior do edifício. Este sistema é instalado na cobertura, o ar quente interior é retirado através da criação de baixas pressões a jusante do aspirador estático. Para o bom funcionamento do sistema, este deve estar exposto a fluxos de vento constantes. [44]

Este é um sistema bastante flexível, pois pode ter várias formas, secções e pode ser constituído por diversos materiais, podendo-se adaptar a qualquer tipo de cobertura. Tendo sido chegado a conclusão, atreves de estudos experimentais, que a secção mais eficiente é a quadrada. [44]



Figura 5.39 – Exemplos de aspiradores estáticos de diferentes secções [63]

É possível tornar estes sistemas mais eficientes incorporando outras tecnologias. A figura 5.40 mostra um aspirador estático que lhe foi incorporado uma ventoinha na parte inferior do sistema, sendo esta alimentada por um painel fotovoltaico situado no topo do aspirador. Esta ventoinha força a entrada de ar fresco ou a saída de ar viciado quando necessário, através de um sistema de controlo auxiliado por sensores de temperatura e de dióxido de carbono. [63]

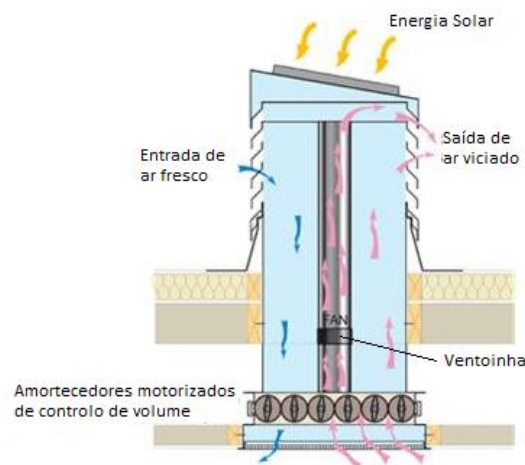


Figura 5.40 – Corte esquemático de um aspirador estático com ventoinha e painéis solares incorporados.[63]



Figura 5.41 – Exemplos reais de aspiradores estáticos com ventoinha e painéis solares incorporados.[63]

- Arrefecimento pelo solo

No verão o solo apresenta temperaturas inferiores à temperatura exterior, sendo assim uma importante fonte fria que pode ser como fonte de dissipação de calor que pode ocorrer por processos diretos ou indiretos. [60]

No arrefecimento por contacto direto com solo, é utilizada a envolvente do edifício, paredes e pavimento, que está em contato com o solo para arrefecer o ar interior através de condução. No arrefecimento por contato indireto com o solo, existe condutas criadas a profundidade de 1 a 3 metros para facilitar a permuta de ar do interior do edifício com o solo. O desempenho vai depender das dimensões das condutas e da profundidade a que se encontram, ou seja, da temperatura a que se encontra o solo, da temperatura e velocidade do ar interior e das propriedades térmicas das condutas e do solo. [60]

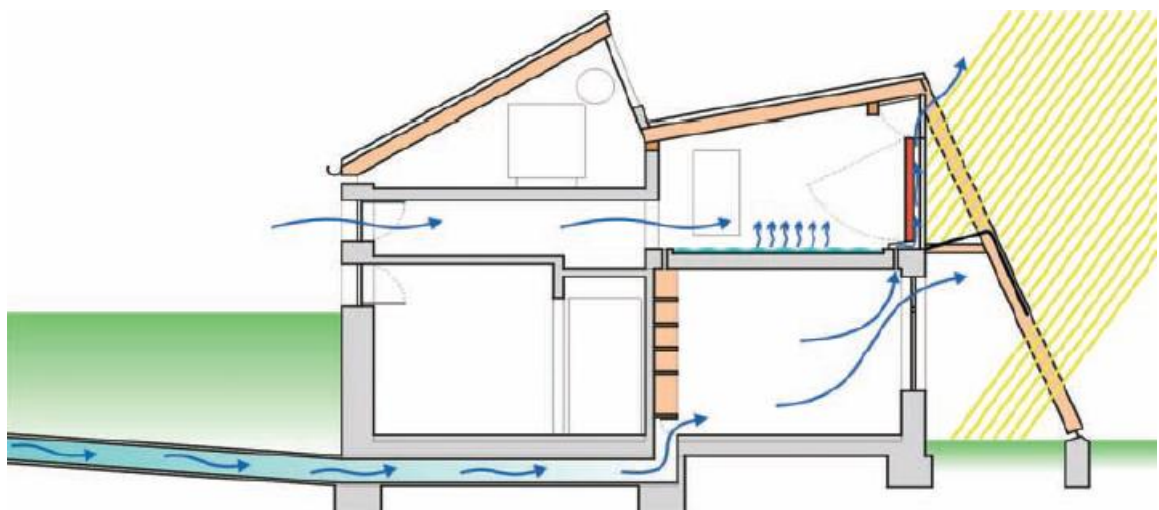


Figura 5.42 – Arrefecimento do interior através de tubos enterrados no solo. [60]

- Arrefecimento evaporativo

O arrefecimento evaporativo consiste na diminuição de temperatura utilizando a mudança de fase da água do estado líquido para o estado de vapor. O arrefecimento evaporativo direto é quando o decréscimo de temperatura é acompanhado de um aumento de vapor de água, o ar exterior é arrefecido por evaporação de água antes de entrar no edifício. Este arrefecimento direto promove a integração de vegetação para promover a evapotranspiração, piscinas ou lagos artificiais no exterior da habitação.[60]

Quando o arrefecimento é feito através da evaporação nas superfícies exteriores expostas à radiação solar ou ao ar quente interior, trata-se de um arrefecimento evaporativo indireto, pois existe a diminuição da temperatura sem o aumento do conteúdo de vapor de água. [60]

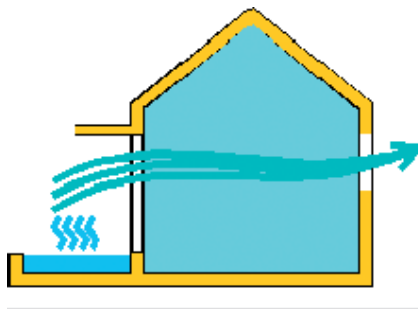


Figura 5.43 – Esquema representativo do arrefecimento evaporativo. [60]

- Arrefecimento radiativo

O arrefecimento radiativo ocorre quando existe a emissão da radiação por parte dos elementos da envolvente exterior de um edifício para o arrefecimento do interior. As perdas por radiação são um processo contínuo, ou seja, ocorre durante períodos diurnos e noturnos. No entanto é durante o período noturno que se sentem mais os efeitos devido à ausência de radiação solar direta. As coberturas, devido à sua maior exposição à radiação solar, são os elementos que mais influenciam as trocas radiativas.

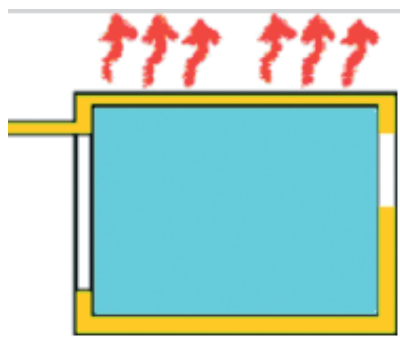


Figura 5.44 – Esquema representativo do arrefecimento radiativo. [60]

5.1.9 Sistemas de aquecimento

Os sistemas passivos de aquecimento são dispositivos construtivos integrados na arquitetura do edifício, com o intuito de contribuir para o aquecimento dos espaços interiores ser recorrer a dispositivos mecânicos. O objetivo destes dispositivos é maximizar a captação solar no inverno, através de vãos envidraçados bem orientados e dimensionados, aos quais se podem associar elementos massivos que possuem a capacidade de armazenar a energia solar captada e a sua utilização em horas posteriores. Estes dispositivos podem ser classificados da seguinte forma [60]:

- Ganho direto – consiste no aquecimento do espaço interior através da incidência de radiação solar que passa pelos vãos envidraçados bem orientados.
- Ganho indireto ou desfasado – baseia-se na materialização de uma massa térmica entre a superfície exposta a radiação e o espaço a aquecer, em que a massa térmica absorve a energia solar e posteriormente transfere-a para o espaço de modo imediato ou desfasado, conforme a estratégia de circulação de ar adotada. Os sistemas utilizados são a parede de trombe, a parede massiva e as colunas de água.
- Ganho isolado – nestes sistemas a captação dos ganhos solares e o armazenamento da energia captada não se encontram nas áreas ocupadas dos edifícios, estas operam independentemente do edifício e combinam as características dos dois sistemas anteriores, os efeitos do ganho direto e indireto. Os sistemas utilizados são o espaço estufa ou o coletor de ar.

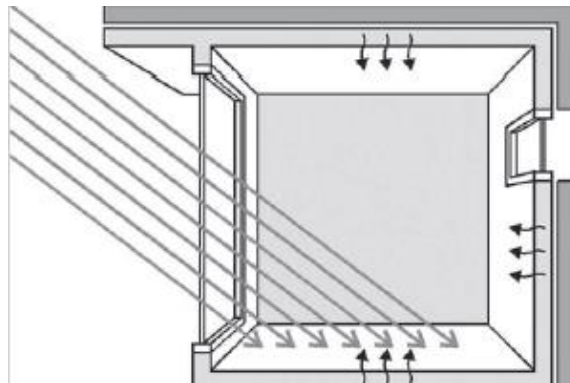


Figura 5.45 – Sistema de ganho direto. [60]

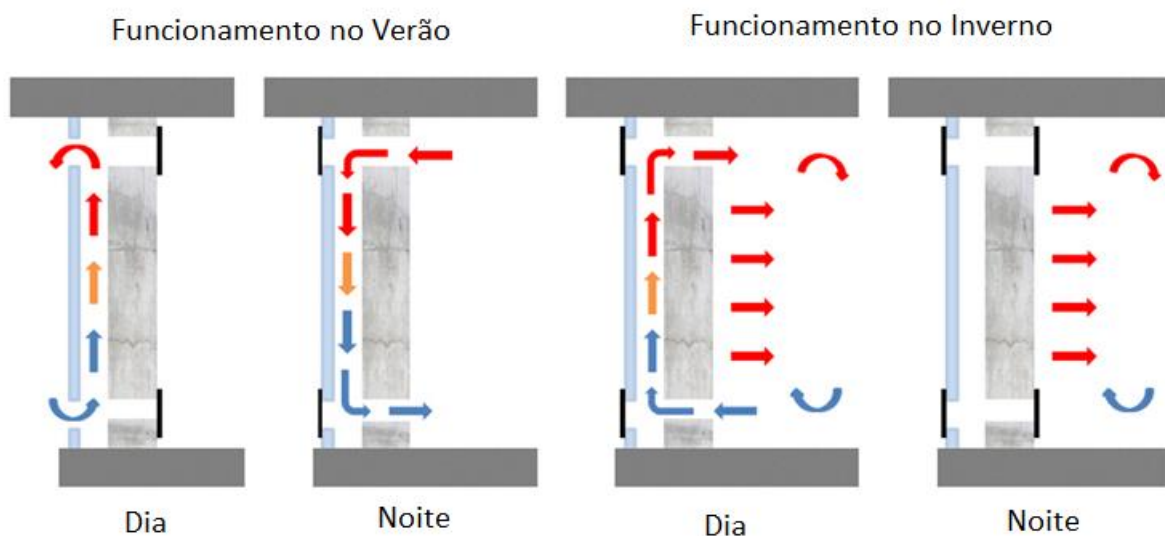


Figura 5.46 – Funcionamento das Paredes de Trombe no Verão e no Inverno. [64]



Figura 5.47 – Exemplo real de uma Parede de Trombe. [65]

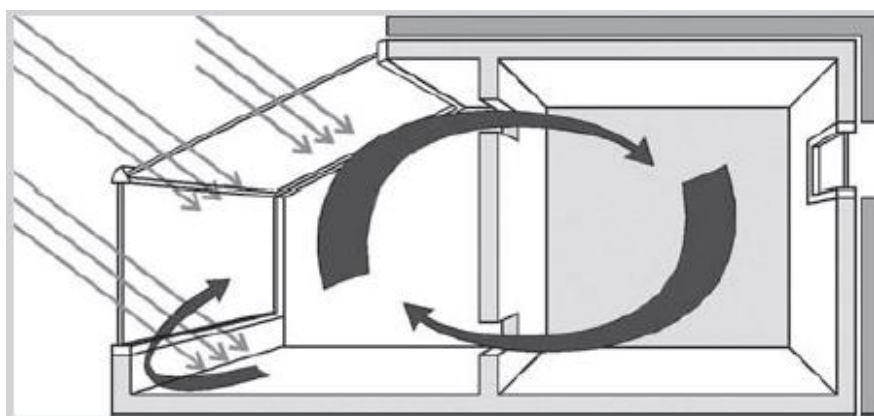


Figura 5.48 – Sistema de ganho isolado - espaço estufa. [60]

5.2 SOLUÇÕES ATIVAS

As soluções ativas são soluções ou mecanismos que permitem reduzir as necessidades energéticas do edifício mas que possuem um custo inerente na sua aquisição, manutenção e utilização. Estas soluções só são uma boa aquisição quando o seu período de retorno for inferior a 8 anos, o que significa que, num período de funcionamento de 8 anos do mecanismos implementado, o custo da energia poupada com esta solução tem de ser superior ao seu preço de aquisição.

5.2.1 Iluminação artificial

A iluminação, tal como foi analisado no subcapítulo 3.2, é a terceira parcela que consome mais energia no sector residencial, por isso é importante avaliar as varias soluções disponíveis no mercado no que diz respeito a iluminação artificial, para poder fazer escolhas que beneficiem a eficiência energética da habitação.

Atualmente existem disponíveis no mercado três gamas de lâmpadas: halogénio, fluorescentes e LED. Em algumas habitações antigas ainda se pode encontrar instaladas lâmpadas incandescentes, apesar de estas terem sido retiradas do mercado da EU em 2013.

Para que não exista desperdício de energia, a escolha do tipo de lâmpada, da sua potência e tonalidade deve ser avaliada de acordo com o espaço que esta vai iluminar.

Tabela 5.10 – Comparação da potência equivalente das diferentes lâmpadas

Incandescentes	Halogéneas	LFC	LED
12 – 15 W	–	–	1 W
25 W	18 W	5 – 6 W	3 W
30 W	25 W	7 – 9 W	4 W
40 W	35 W	9 – 13 W	6 – 9 W
60 W	42 W	13 – 15 W	8 – 12 W
75 W	–	18 – 23 W	13 – 15 W
100 W	70 W	25 – 30 W	16 – 20 W
150 W	–	30 – 52 W	25 – 28 W

Tabela 5.11 – Avaliação do tempo de vida útil dependendo do tipo de lâmpadas[66]

Tipo de lâmpada	Tempo de vida útil
Lâmpadas incandescentes	1 000 horas
Lâmpadas de halogénio	5 000 horas
Lâmpadas fluorescentes compactas (LFC)	6 000 – 15 000 horas
Lâmpadas fluorescentes tubulares	6 000 – 15 000 horas
Díodos Emissores de Luz (LED)	20 000 – 45 000 horas

Tal como os outros equipamentos usados em edifícios, as lâmpadas também tem uma etiqueta energética, onde se encontra a informação acerca de eficiência energética e o consumo de energia.

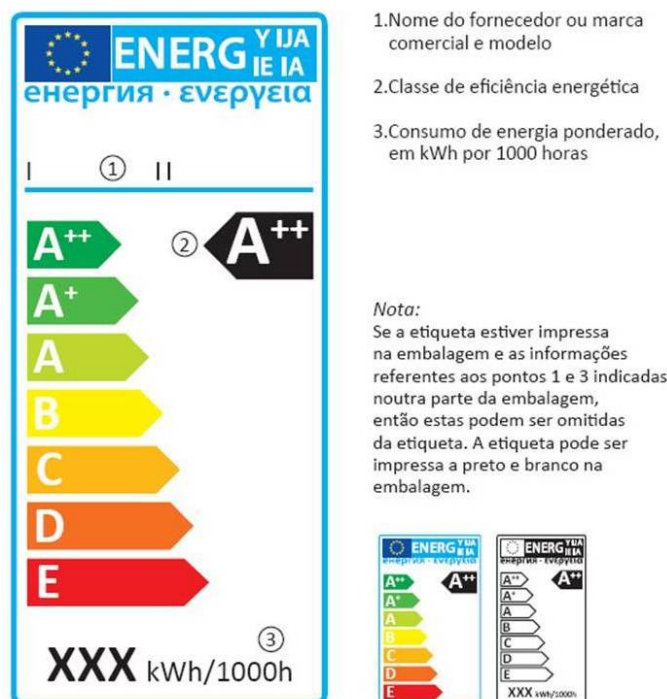


Figura 5.49 – Exemplo da etiqueta energética das lâmpadas. [66]

Na escolha das lâmpadas, um dos fatores mais importante é a quantidade de luz que a lâmpada tem capacidade de produzir, ou seja o fluxo luminoso da lâmpada que é avaliado em lumens. Na tabela 5.12 será comparada o fluxo luminoso das diferentes lâmpadas.

Tabela 5.12 – Comparação do fluxo luminoso para diferentes tipos de lâmpadas. [66]

Potência da lâmpada incandescente (Watts)	Fluxo luminoso da lâmpada (lumens)		
	Lâmpada fluorescente compacta	Halogénio	LED
15	125	119	136
25	229	217	249
40	432	410	470
60	741	702	806
75	970	920	1 055
100	1 398	1 326	1 521
150	2 253	2 137	2 452
200	3 172	3 009	3 452

Através da tabela 5.12 pode ser verificado que para a mesma potência, as lâmpadas LED têm sempre maior fluxo luminoso.

Um outro fator que deve ser tomado em consideração é a temperatura de cor, nas lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas LED a luz é emitida em diferentes temperaturas de cor, ao contrario das lâmpadas incandescentes que são sempre luz quente (2 700 Kelvin). Por isso é necessário avaliar o local e para que tipo de utilização vai ser utilizado o espaço, quando são zonas de repouso para relaxar deve ser optado por “branco quente” (2 700 Kelvin), e para zonas de trabalho devem ser brancos neutros/frios (mais de 4 000 Kelvin)[66].



Figura 5.50 – Gama de temperatura de cor das lâmpadas. [66]

- Lâmpadas incandescentes

Estas lâmpadas são as mais antigas no mercado e, apesar de ainda estarem presentes em muitas habitações, estão em desuso. Estas são as menos eficientes em termos de luminosidade (15 lm/W) e com o menor tempo de vida médio (cerca de 1 000 horas).[66]

A baixa eficiência destas lâmpadas está relacionado com o facto de converterem a maior parte da electricidade em calor (90 a 95 %) e apenas uma percentagem muito reduzida é transformada em luz (5 a 10 %). Devido a sua elevada ineficiência a EU aprovou a Diretiva 2005/32/CE para que estas lâmpadas fossem retiradas do mercado, este foi um processo gradual por potência (Watt) que começou a 1 de Setembro de 2009 foi concluído três anos depois.[66]

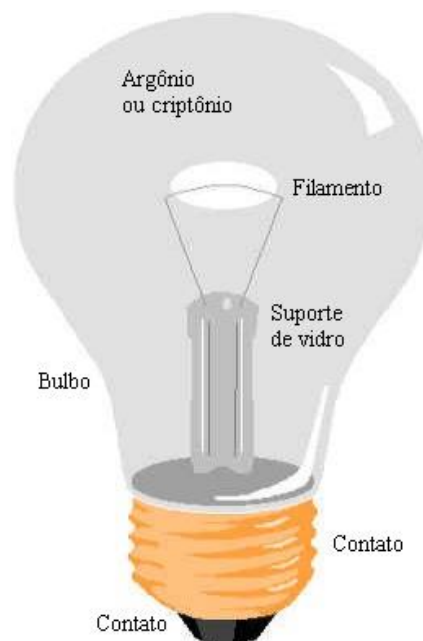


Figura 5.51 – Composição de uma lâmpada incandescente



Figura 5.52 – Exemplos de diferentes lâmpadas incandescentes

- Lâmpadas de halogénio

As lâmpadas de halogénio têm um funcionamento semelhante ao das lâmpadas incandescentes, mas são mais eficientes pois não desperdiçam tanta eletricidade na produção de calor, garantindo assim a mesma luminosidade com menos eletricidade. Uma outra vantagem em relação às incandescentes é a capacidade de orientar a emissão de luz segundo diversos ângulos de abertura. [66]



Figura 5.53 – Exemplos de diferentes lâmpadas de halogéneo

- Lâmpadas fluorescentes tubulares

Estas lâmpadas são muito utilizadas pois proporcionam uma boa iluminação com pouca potência e baixo consumo energético, sendo mais apropriadas para zonas de atividade com grandes áreas e para períodos de longa duração de funcionamento, como por exemplo cozinhas, ginásios e pavilhões. [66]



Figura 5.54 – Diferentes tamanhos de lâmpadas fluorescentes circulares e lineares

As lâmpadas fluorescentes tubulares necessitam de um balastro para dar início à sua ligação e para mantê-la ligada, este balastro pode ser ferromagnético ou eletrônico.

Nos aparelhos instalados nos últimos 5 anos, os balastros são eletrônicos, devido às perdas de energia nos balastros ferromagnéticos.

Os balastros eletrônicos só têm vantagens em relação aos ferromagnéticos [44] :

- Redução do consumo de energia até 30%;
- Aumento da vida útil da lâmpada cerca de 50%;
- Luz constante, sem interferências e sem efeito estroboscópico;
- Menor aquecimento da lâmpada.

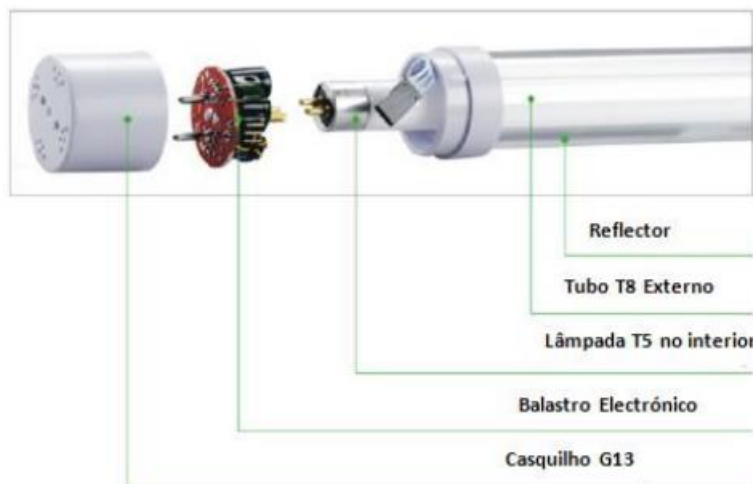


Figura 5.55 – Constituição de uma lâmpada fluorescente tubular linear

- Lâmpadas fluorescentes compactas

As lâmpadas fluorescentes compactas vieram substituir as lâmpadas incandescentes. Estas lâmpadas apresentam as mesmas vantagens que as tubulares sendo recomendadas quando para períodos de utilização contínuos superiores a uma hora.

Para ilustrar as vantagens de substituir as lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas será feita a comparação entre as duas lâmpadas na tabela 5.13, num período de 5 anos.

Tabela 5.13 – Comparação entre as lâmpadas incandescentes e lâmpadas fluorescentes, num período de 5 anos. [66]

	Incandescente	Fluorescente Compacta
Potência	50 W	11 W
Fluxo Luminoso	590 lm	
Tempo de vida	1 000 h	10 000 h
Horas de utilização diária	4	
Preço de lâmpada	1,15 €	6,8 €
Consumo de eletricidade em 5 anos	365 kWh	80,3 kWh
Custo (0,1631 € / kWh)	59,5 €	13,1 €
Número de lâmpadas necessárias nos 5 anos	8	1
Custo com preço das lâmpadas	68,7 €	19,9 €

Como pode ser verificado a longo prazo as lâmpadas fluorescentes são muito mais económicas e eficientes.

A desvantagem destas lâmpadas são o facto de usarem mercúrio, que é um elemento tóxico, perigoso para a saúde e difícil de tratar quando a lâmpada chega ao fim de vida.[44]

- Diodos Emissores de Luz (LED)

As lâmpadas LED são a tecnologia mais recente no que diz respeito a iluminação e é uma iluminação que tem vários campos onde pode ser aplicada, tal como computadores, relógios digitais e comandos de televisão.

O LED é o tipo de lâmpada mais eficiente no mercado, devido à sua reduzida perda de energia em forma de calor, produzindo assim mais luminosidade com menos potência o que provoca um tempo de vida útil muito extenso.

A grande desvantagem destas lâmpadas é o seu custo bastante superior aos outros tipos, mas é um investimento inicial que a longo prazo é compensado devido ao seu tempo de vida útil ser cerca de quatro vezes superior às restantes lâmpadas.



Figura 5.56 – Exemplos de lâmpadas LED

5.2.2 Tecnologias para otimização da iluminação artificial (sensores de movimento, temporizador crepuscular e dimmer)

Atualmente existem diversas tecnologias que permitem poupar energia nos sistemas de iluminação. A possibilidade de controlar a luminosidade e potência destes sistemas consoante aquilo que é necessário representa uma poupança de energia significativa. O desperdício de energia resulta do esquecimento ou falta de atenção que o ser humano tem para desligar o interruptor da luz. Este desperdício pode ser minimizado com tecnologias que se encontram presentes no mercado, tecnologias como: sensores de movimento, temporizador crepuscular, dimmer.

- Sensores de movimento

Esta tecnologia é ideal para minimizar o desperdício de energia nos sistemas de iluminação, e estão cada vez mais a ser utilizados devido a ter um custo que é recuperado em poucos anos.

Os sensores de movimento tem como função ligar automaticamente as luzes caso detete movimento no seu raio de ação, posteriormente a iluminação é desligada automaticamente atreves de um temporizador que pode ser regulado manualmente.

Atualmente existem no mercado sensores que podem ser aplicados em diferentes sítios (teto, parede, interior, exterior), com vários ângulos de ação e alcances diferentes. Este sistema é bastante comodo pois dispensa a utilização de interruptores e são ideais para zonas de passagem ou zonas onde não estejam constantemente ocupadas.

Apesar de ser uma tecnologia eficiente não deve ser aplicado em lâmpadas LED pois não compensam, visto que mesmo que estejam ligadas 100% do tempo, as lâmpadas têm uns consumos energéticos muito baixos, mais baixos que se fosse aplicar os sensores de movimento.



Figura 5.57 – Exemplos de sensores de movimento

- Temporizador crepuscular

Este é um sistema que pode ser aplicado com outros sistemas tal como os sensores de movimento, ou pode funcionar sozinho. Este é ideal para a iluminação de terrenos e montras. Este funciona ligando e desligando a iluminação quando este deteta luz exterior.



Figura 5.58 – Exemplo de um temporizador crepuscular

- Dimmer

O dimmer é um controlador de luminosidade permitindo variar a intensidade luminosa através de um potenciômetro. Este dispositivo pode ser aplicado em interruptores, ou entre a fonte de alimentação e a lâmpada. Este controlo de luminosidade é feito manualmente dependendo da luminosidade que o utilizador precisar no momento.

Como vantagem, este dispositivo diminui o consumo elétrico das lâmpadas e assim consegue aumentar a vida útil destas. Apesar de ser bastante eficiente, este não pode ser aplicado em lâmpadas fluorescentes.



Figura 5.59 – Exemplos de interruptores com dimmer

5.2.3 Tecnologias para produção de energia

As tecnologias para produção de energia em edifícios, são aquelas provenientes de energias renováveis. O uso das energias renováveis conduz a uma redução dos impactos ambientais e a um aumento de eficiência energética do edifício.

Nos edifícios, estas tecnologias tem diversas aplicações: aquecimento de águas sanitárias para banhos e máquinas de lavar, aquecimento e arrefecimento do espaço interior e produção de eletricidade. As tecnologias para a produção de energia térmica e energia elétrica a partir de fontes renováveis devem ser consideradas desde início, na fase de projeto do edifício para que estas sejam integradas da forma mais eficiente possível.

Os edifícios licenciados depois de 1 de julho de 2008 são obrigados a fazer o aquecimento das águas sanitárias através da instalação de sistemas solares térmicos, devem também fazer uso deste sistema para as máquinas de lavar loiça pois é a tarefa que mais consome energia nesse tipo de máquinas. A forma mais vantajosa para aquecer uma habitação é considerando a utilização de um sistema misto solar térmico e biomassa, pois é a forma mais eficiente devido à ineficácia do sistema solar térmico durante o período noturno com a ausência de energia solar.

As formas de energia renovável que podem ser usadas em edifício são: energia solar térmica, energia solar fotovoltaica, energia eólica, energia geotérmica e a energia da biomassa.

5.2.3.1 Energia Solar

5.2.3.1.1 Energia solar térmica

Num sistema solar térmico, a energia da radiação solar é captada por intermedio de coletores e transferida através de um fluido (fluido térmico) para um local de consumo, ou um depósito onde será armazenada ate ser precisa no futuro. Estes coletores solares são chamados de painéis solares térmicos.

Os painéis solares térmicos podem ser divididos em duas categorias[67]:

- Alta temperatura – são painéis equipados com espelhos para concentrarem os raios solares, devido ao seu custo elevado estes são usados apenas para edifícios com exigências específicas e bastante limitadas.
- Baixa temperatura – são usados principalmente para produção de agua quente e aquecimento do ambiente, sendo painéis mais simples constituídos por placas absorventes que distinguem-se em dois tipos: painéis de líquido (com ou sem proteção) e painéis de tubos de vácuo.

Os painéis de líquido sem proteção são constituídos por uma placa absorvente fabricada em material plástico. Visto não possuírem qualquer tipo de cobertura não atingem temperaturas superiores a 40 °C – 45 °C, sendo mais utilizados para aquecer piscinas de pequenas dimensões. A sua principal vantagem é o baixo custo que estes têm, e como desvantagem os problemas de desgaste e envelhecimento relacionados com o tipo de material e tecnologia utilizada na sua produção[67].

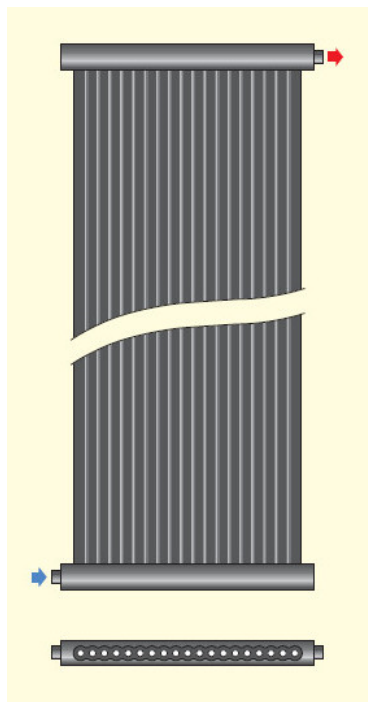


Figura 5.60 – Exemplo de um painel de líquido sem proteção

Os painéis de líquido com proteção são constituídos por uma placa absorvente metálica (em cobre, alumínio ou aço) que inclui os tubos de passagem do líquido solar, tendo como proteção uma placa de vidro ou de plástico com boa transparência à radiação solar e elevada opacidade. Possuem ainda um material isolante por baixo da placa absorvente e um invólucro de contenção para proteger e limitar as dispersões térmicas do painel. Estes têm a capacidade de produzir água quente até 90 °C – 95 °C, e devido aos seus custos relativamente baixos são os painéis mais utilizados nas instalações domésticas[67].



Figura 5.61 – Exemplo de um painel de líquido com proteção

A eficiência média anual de um sistema completo com coletores planos é de 35% – 40%, ou seja, para um montante anual de 1 000 kWh/m² de radiação solar, a produção de energia corresponde a 350 – 400 kWh/m² anuais[67].

Os painéis de tubos de vácuo são constituídos por uma serie de tubos de vidro sob vácuo, estando colocados nos seus interiores placas absorventes em tiras. Esta técnica de construção permite limitar as dispersões térmicas dos painéis e assegurar rendimentos mais elevados. Estes têm a capacidade de produzir água quente até uma temperatura de 115 °C – 120 °C, podendo ser aplicados em setores industriais, alimentares e agrícolas. A sua principal desvantagem é o custo bastante elevado[67].

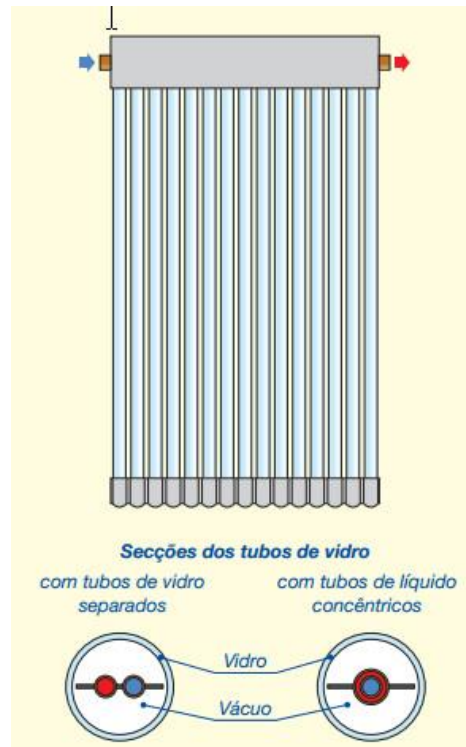


Figura 5.62 – Exemplo de um painel de tubo de vácuo

No que diz respeito ao tipo de funcionamento de um sistema solar térmico, existem dois distintos: o de termossifão e o de circulação forçada.

No sistema de circulação por termossifão os principais componentes são o coletor solar, o depósito de acumulação de água quente sanitária, e os elementos de segurança. O seu princípio de funcionamento consiste na circulação natural do fluido térmico através da alteração de densidade do fluido, causada pela variação da sua temperatura.

No sistema de circulação forçada, os elementos base são praticamente os mesmos que no caso do termossifão e em termos de funcionamento, ocorre uma circulação de fluido térmico no sistema por intermédio do grupo circulador, que é controlado através de sondas de temperatura e um controlador solar[67].

Em termos de integração de painéis solares em edifícios, esta pode ser feita de diversas formas dependendo das características do edifício, do espaço disponível e necessidades térmicas do sistema. Os coletores podem ser instalados sobre o telhado inclinado, integrados no próprio telhado, montados em fachada ou colocados em suportes num telhado plano ou numa superfície livre.

Cada solução tens as suas vantagens e desvantagens, quando os coletores são colocados nos telhados inclinados e fachadas, a sua inclinação e orientação já esta pré-definidas, nos outros casos de suporte a orientação pode ser feita exata para Sul e a um angulo favorável (podem variar de 20 a 45 graus).

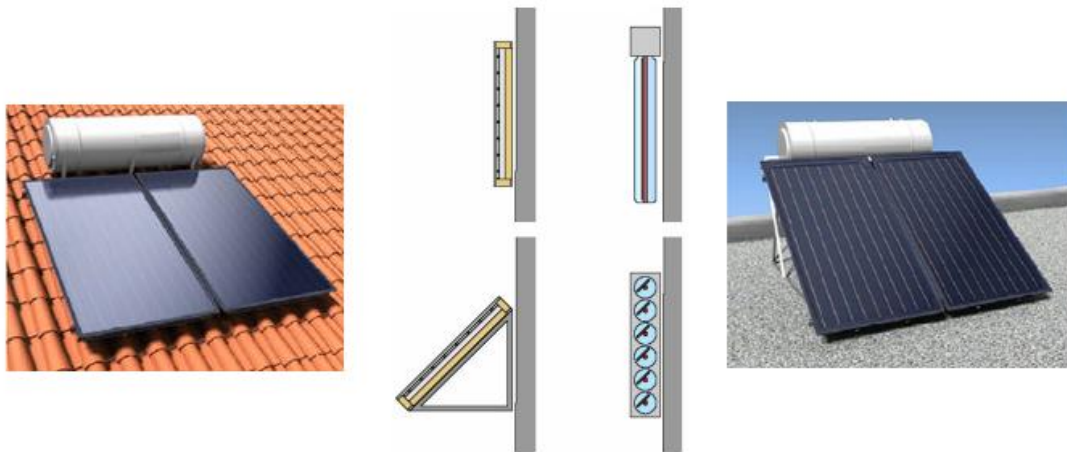


Figura 5.63 – Possíveis formas de integração de coletores solares, telhado inclinado (à esquerda), em fachada (ao centro), telhado plano (à direita)

5.2.3.1.2 Arrefecimento solar

A elevada procura de equipamentos de ar condicionado, devido à exigência de maior conforto dentro das habitações e elevadas temperaturas na estação de verão, levou a um aumento do consumo de energia elétrica nos últimos anos. O uso de eficientes técnicas solares passivas não são suficientes para arrefecer a habitação.

A utilização de energia solar para o arrefecimento é uma solução muito interessante e apelativa, pois as necessidades de arrefecimento coincidem com a disponibilidade de radiação solar. Estes sistemas possuem consumos de energia elétrica muito inferiores aos sistemas clássicos de compressão e também são inofensivos em termos de uso de fluidos de refrigeração, pois usam normalmente água e soluções salinas.

Os sistemas de arrefecimento que usam o solar térmico para produção de frio são classificados em dois grupos: sistemas fechados e sistemas abertos.

Nos sistemas fechados, os *chillers* térmicos produzem água refrigerada (absorção e adsorção) para a alimentação de unidades de tratamento de ar (arrefecimento e desumidificação) ou para uma rede de água refrigerada de alimentação de sistemas descentralizados (por exemplo ventilador-convetores). Os sistemas mais comuns usam uma roda exsicante giratória.

Nos sistemas abertos o ar é diretamente tratado em função das condições de conforto desejadas. O refrigerante é a água visto que está em contato direto com o ar a arrefecer.

5.2.3.1.3 Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da luz solar em eletricidade, chamado efeito fotovoltaico. É uma fonte de energia limpa e inesgotável, de produção silenciosa, fiável e de manutenção dos componentes de produção mínima. O desempenho energéticos dos painéis fotovoltaicos varia consoante a luz solar disponível e a inclinação dos módulos, tendo uma eficiência de conversão na ordem dos 15%[67].

Em termos de painéis existem três grandes tipos, que se distinguem pelo tipo de células de silício que estão presentes no painel. Os tipos de células mais usados são: células de silício monocristalino, células de silício policristalino e células de silício amorfo.

As células de silício monocristalino são as mais usadas e comercializadas como conversor direto de energia solar em energia. As células fotovoltaicas com este material são as que apresentam maior eficiência (15% feitas em fornos especiais, 23% feitas em laboratório)[67].



Figura 5.64 – Célula de silício monocristalino

As células de silício policristalino são produzidas a partir de blocos de silício por fusão de silício puro em moldes especiais. Neste processo os átomos não se organizam num único cristal formando assim uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais. Estas células são mais baratas que as de silício monocristalino, pois o seu custo de produção é inferior. No entanto tem uma eficiência mais baixa[67].

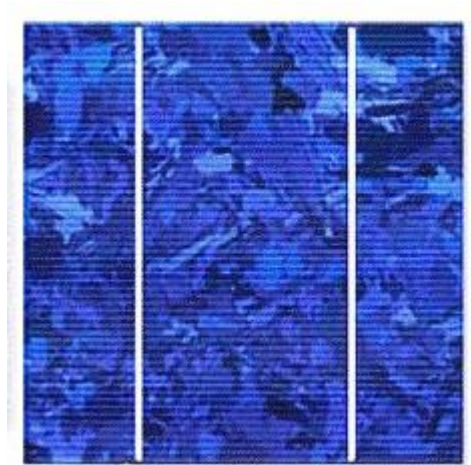


Figura 5.65 – Célula de silício policristalina

As células de silício amorfo são diferentes de todas as outras estruturas cristalinas pois apresentam um alto grau de desordem na estrutura dos átomos e um rendimento elétrico mais reduzido (cerca de 8% a 10%, ou 13% em laboratório). Apesar do seu baixo custo de fabricação e a possibilidade de fabricar células com grandes áreas, esta tem duas desvantagens: baixa eficiência de conversão, e a degradação das células logo nos primeiros meses de operação, reduzindo a sua eficiência ao longo da sua vida útil[67].



Figura 5.66 – Células de silício amorfo

A tecnologia fotovoltaica pode ser integrada de várias formas nos edifícios. Existem soluções padronizadas que são as mais frequentemente usadas em edifícios residenciais ou em centrais solares, porém em grandes edifícios é possível integrar estes sistemas de uma outra maneira mais arquitetónica, esta integração é designada por *Building integrated photovoltaics* (BIPV).

O BIPV faculta novas possibilidades de incorporar a tecnologia solar nos edifícios, combinando os sistemas fotovoltaicos e a arquitetura, numa mistura harmoniosa de design, ecologia e economia, podendo ser integrado em sistemas de fachadas, coberturas e átrios.

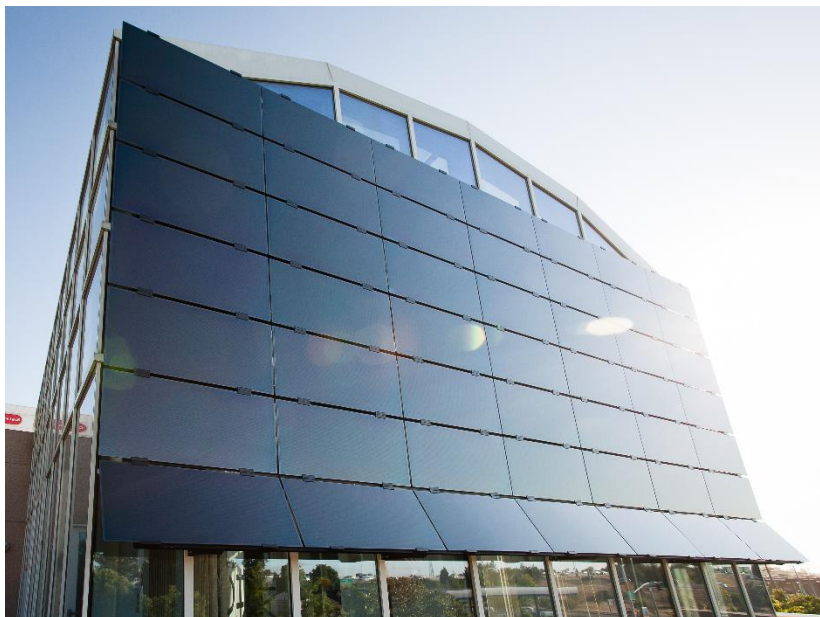


Figura 5.67 – Exemplo de um edição com uma parede cortina com tecnologia BIPV

5.2.3.2 Energia eólica

O vento é resultante da deslocação de massas de ar originadas por diferenças de pressão atmosférica, que resultam dos diferentes níveis de absorção da energia solar na atmosfera.

A conversão da energia em eletricidade é feita de um modo muito simples, a energia do vento (energia cinética) faz girar as pás da turbina que por sua vez fazem rodar um eixo (energia mecânica). Este eixo põe em funcionamento o gerador, no qual os campos magnéticos convertem a energia rotacional em eletricidade.

Existem dois tipos de turbinas[67]:

- Eixo horizontal – utilizam-se em sistemas de maior potencia e funcionam melhor em zonas abertas, com uma direção dominante de vento, tendo maior aproveitamento de ventos fortes, e diminuindo o seu desempenho em regimes de vento turbulentos
- Eixo vertical – utilizam-se em sistemas de menor potencia e têm a principal característica a adaptabilidade para zonas urbanas, de maior densidade. Funcionam bem em ventos turbulentos e são mais silenciosas, tendo um rendimento inferior aos de eixo horizontal.

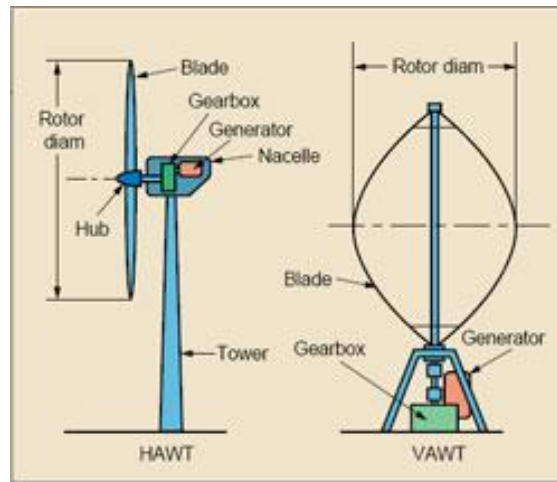


Figura 5.68 – Representação dos dois tipos de configurações de turbinas eólicas

Existem turbinas de vários tamanhos e de várias potências. As pequenas turbinas com potência inferior a 5 kW podem servir para alimentar edifícios, desde que existam condições favoráveis à sua aplicação. A instalação destas máquinas é indicada para vivendas isoladas e que se encontrem em zonas ventosas. Para pequenas instalações de uso doméstico os aerogeradores mais adequados são capazes de produzir de 400 W a 3,2 kW[67].

5.2.3.3 Energia geotérmica

A terra possui uma elevada inércia térmica, constituindo um enorme acumulador de energia solar sob a forma térmica. A uma profundidade de cerca de 5 metros a temperatura é de aproximadamente 15 °C, sendo estável todo o ano. Esta quantidade de energia disponível pode ser aproveitada para a satisfação das necessidades térmicas, quer para a produção de água quente sanitária, quer para a climatização de espaços.

Para os edifícios residenciais, os sistemas geotérmicos em desenvolvimento envolvem a tecnologia de bombas de calor com aproveitamento da energia geotérmica chamados de bombas de calor geotérmicas. A captação dessa energia é realizada através de circuitos de tubagens enterradas onde circula um fluido de transferência, geralmente água e um aditivo anticongelante.

No Inverno essa energia é libertada para o espaço a aquecer através de uma bomba de calor. No verão inverte-se o processo, sendo o excesso de calor do espaço a arrefecer transferido para o solo. Quanto maior for o gradiente entre a temperatura do fluido e o meio exterior, maior será a eficiência do sistema.

Este é um sistema muito pouco utilizado em Portugal devido ao elevado custo de instalação.

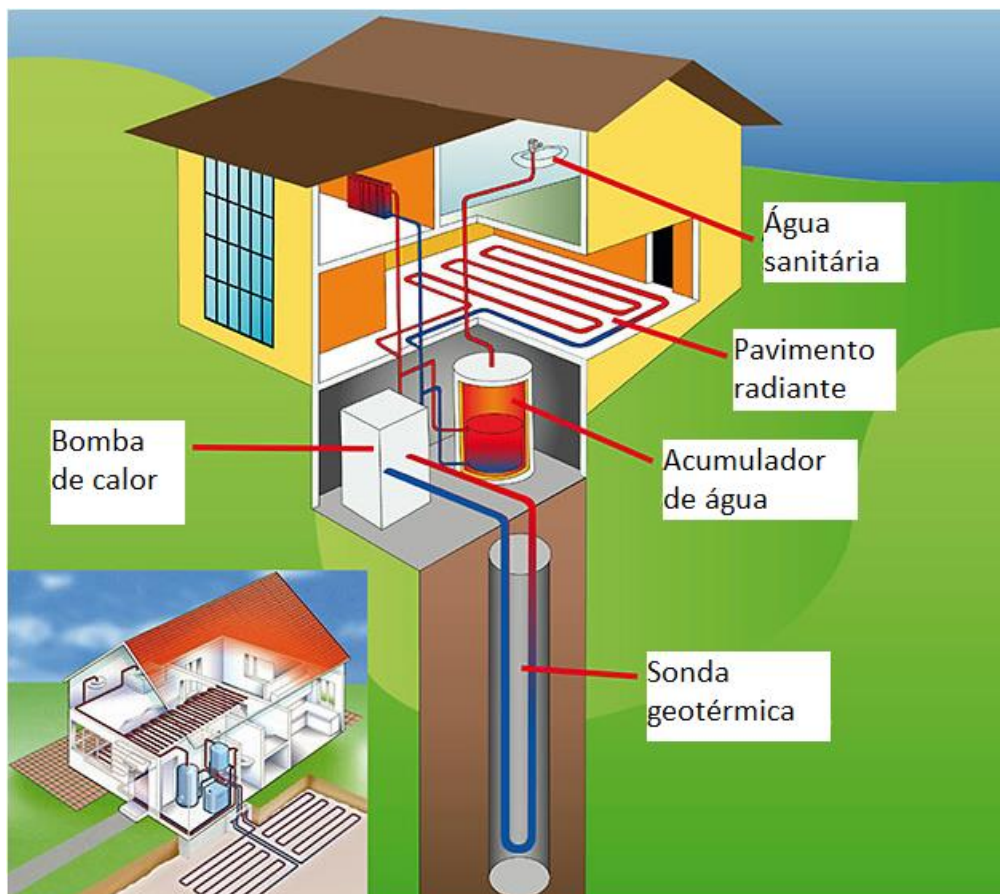


Figura 5.69 – Representação esquemática de uma captação de energia geotérmica

5.2.3.4 Biomassa

A biomassa é a fração biodegradável de produtos e resíduos da agricultura, da floresta e das indústrias conexas, bem como a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos suscetíveis de aproveitamento energético.

A tecnologia em caldeiras a biomassa têm vindo a evoluir na última década atingindo o mesmo nível de eficiência de caldeiras a gás ou a fuelóleo.

Os *pellets*, ou grânulos de combustíveis formados por resíduos de serrações processados de maneira correta e reduzidos a pequenos grânulos comprimidos, permitem que o equipamento de aquecimento a biomassa seja aplicado em qualquer tipologia de edifício. Esta solução é também vantajosa do ponto de vista económico, em relação a outras formas de energia[67].

Figura 5.70 – *Pellets*

Os recuperadores de calor a *pellets* apresentam elevados rendimentos na produção de calor, dispendo de funcionalidades como o controle de temperatura, alimentação automática, compactação automática das cinzas, ausência de produção de fumos, colocando-os como uma solução muito atrativa de aquecimento. Para além disso, a biomassa é um combustível mais barato e ecológico que os combustíveis convencionais.

A instalação de aquecimento a biomassa também garante maior segurança de utilização, tendo a desvantagem de necessitar de uma remoção periódica das cinzas produzidas e de um local de armazenamento para a biomassa[67].

Figura 5.71 – Recuperador de calor a *pellets*

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

A presente dissertação permitiu adquirir um conhecimento mais profundo relativo às estratégias e tecnologias existentes que permitem a diminuição das necessidades energéticas de um edifício, e também as técnicas de produção de energia renovável, de modo a que se consiga atingir o conceito NZEB.

Para que a realização desta dissertação fosse mais completa, foi de extrema importância conhecer e perceber a legislação, quer nacional quer internacional, que vigoram no âmbito da eficiência energética dos edifícios para assim perceber quais as imposições e incentivos na área da reabilitação e construção de edifícios energeticamente mais eficientes, dando a possibilidade de conhecer as limitações que cada projeto compreende. As diretivas europeias desenvolvidas têm vindo a conceber critérios cada vez mais rigorosos para que seja possível que a partir do ano 2020 todos os edifícios satisfaçam este novo paradigma – NZEB.

Muitos esforços e desenvolvimentos ocorreram durante vários anos para que fossem implementados os altos níveis de desempenho da EPBD. A Diretiva 2010/31/EU gerou novos desafios para a legislação Portuguesa, o que conduziu a uma melhoria e evolução das lacunas identificadas durante o seu desenvolvimento.

Esta nova legislação, publicada em 2013, abriu o caminho para os edifícios com consumo energético quase nulo (NZEB) e definiu a rota para restringir progressivamente os requisitos de desempenho energético. Porém, quando somente aplicada, a legislação portuguesa torna-se insuficiente para atingir os objetivos da EPBD. Portanto, o conceito dos edifícios NZEB assume uma particular relevância para que consiga ser garantida a diminuição gradual do consumo energético nos edifícios e assim baixar a percentagem elevadíssima que o consumo de energia nos edifícios representa nos países europeus.

Foi possível verificar também que na legislação portuguesa não existe um valor de referência para o consumo energético anual por metro quadrado (kWh/m².ano) nem a contribuição das energias renováveis, ao contrário de outros países da EU que têm estes valores bem definidos. Esta apenas apresenta o método de cálculo não impõe quaisquer limitações, o que induz a uma maior dificuldade de acertar quando um determinado edifício é NZEB.

Foi também importante apresentar o enquadramento histórico das preocupações ambientais, e do consumo energético a uma escala global, avaliando os maiores produtores de energia, os maiores consumidores de energia e os maiores emissores de gases de efeito de estufa, bem como avaliar a dependência energética e a utilização das energias provenientes de fontes renováveis. Foi através deste estudo que se pode constatar a importância do sector da energia no âmbito da economia mundial e daí inferir a necessidade de incrementar a eficiência energética dos edifícios, sendo estes responsáveis por cerca de 40% da energia consumida globalmente. Consequentemente, o conceito dos edifícios NZEB assume uma particular relevância no que concerne à definição de um objetivo a atingir com a crescente exigência à eficiência energética dos edifícios.

Foi essencial estudar o conceito Passivhaus visto que, ao contrário do conceito NZEB, este encontra-se perfeitamente definido, definição essa que apresenta todos os limites e metas que têm de ser cumpridos para que o edifício em questão possa ser qualificado como Passivhaus. A qualificação é obtida através de um certificado Passivhaus. Esses limites estão relacionados com o coeficiente de transmissão térmica da envolvente e dos envidraçados, as pontes térmicas do edifício, a taxa de renovação de ar e as necessidades energéticas do edifício.

Este conceito encontrar-se melhor desenvolvido, existindo uma série de representações nacionais deste instituto dispersas por toda a Europa dedicadas a este tema. Um dos institutos mais aclamados, o Instituto Passivhaus criou um programa chamado Passive House Planning Package (PHPP) em 1998, sendo uma das ferramentas de projeto mais eficazes para a conceção de edifícios com baixo consumo energético.

A definição do conceito NZEB é algo que gera alguma discordância a nível mundial, pois existe uma carência de uma definição consensual que exponha com clareza e precisão este tema. Logo torna-se num conceito complexo, havendo diferentes abordagens possíveis na projeção e conceção deste tipo de edifícios.

Porem apesar da inexistência uma definição padronizada mundialmente, este conceito está assente sobre duas etapas muito claras para obter um edifício com consumo energético quase nulo, numa primeira fase existe a necessidade de reduzir as necessidades energéticas dos edifícios. Como não é praticável para o conforto dos utilizadores, não consumir energia para arrefecimento, aquecimento, AQS, iluminação e eletrodomésticos, o conceito NZEB incidirá então no desígnio de edifícios de balanço energético quase nulo. Os edifícios de balanço energético quase nulo tem como objetivo reduzir as necessidades energéticas para níveis que sejam possíveis colmatar com produção de energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas proximidades do edifício. Sendo essa a segunda fase, a geração de energia recorrendo a fontes de energia renovável.

Uma das possíveis abordagens será fazer uma união entre o conceito Passivhaus e NZEB, impondo no edifício em estudo os limites da Passivhaus para que assim o edifício tenha necessidades energéticas mais reduzidas e com isso não seja necessária uma produção tão grande de energia renovável.

Para edifícios novos, estes baixos valores de necessidades energéticas são provenientes principalmente do dimensionamento da envolvente, dos envidraçados e o posicionamento das diferentes zonas do edifício, devendo ser encontrado um equilíbrio para tentar otimizar os ganhos energéticos de inverno e verão de modo a reduzir as necessidades de aquecimento e arrefecimento.

Por outro lado existem fatores que por muito eficiente que o edifício seja, vão sempre prejudicar a performance energética do mesmo, como é o caso da ventilação natural na estação de aquecimento e a permeabilidade ao ar.

A integração de sistemas de produção de energia é algo que tem de ser devidamente estudado para que sejam implementados os sistemas mais adequados para cada edifício. Podendo ser implementados diferentes tipos de sistemas no mesmo edifício para que eles se complementem uns aos outros e assim seja mais fácil de atingir os valores necessários de produção de energia que o edifício requer. A implementação de tecnologias de produção de energia requer um investimento inicial acentuado criando assim um dos obstáculos mais difíceis de ultrapassar, sendo que alguns sistemas são mais economicamente viáveis que outros, dependendo do tempo de retorno de cada um.

Como anteriormente mencionado devido à carência de limites para os valores máximos de consumo energético anuais em Portugal, a maneira de avaliar se um edifício pode ser chamado NZEB é analisar dois fatores que são as necessidades energéticas e a produção de energia renovável, se estes forem quase equivalentes então pode-se aferir que se trata de um edifício NZEB.

Finalmente, apesar de este conceito ser bastante benéfico para o futuro e obrigatório de implementar a partir de 2020, este ainda é difícil de ser alcançado devido aos vários problemas aferidos anteriormente. Foi também observado que existem inúmeras estratégias que podem ser implementadas nos edifícios, devendo ser consideradas logo na fase inicial de conceção do edifício. A implementação destas estratégias torna-se ainda mais complicada em edifícios já existentes onde existem limitações sobre as estratégias possíveis a implementar, principalmente em termos de orientações do edifício visto estas estarem previamente definidas e nem sempre serem as mais indicadas. Um outro obstáculo deve-se à crise económica que se atravessa onde a dificuldade para obter fundos para investir é muito adversa.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Um dos desenvolvimentos futuros mais pertinentes seria a aplicação de todo o conhecimento adquirido sobre os edifícios NZEB e sobre as estratégias e tecnologias a aplicar em edifícios num caso prático para avaliar o seu desempenho e consumos energéticos.

Para o desenvolvimento desta temática deverão ser efetuados estudos futuros que analisem as soluções e tecnologias que vão surgindo no mercado, com o objetivo de tornar os edifícios mais eficientes.

Para compreender melhor os impactos destas soluções novas é sugerido que sejam analisados em diferentes tipos de edifícios, fazendo simulações através de programas informáticos adequados, o comportamento de cada um desses edifícios face à implementação das diversas medidas de eficiência energética.

Em termos arquitetónicos poderão ser analisados edifícios com diferentes formas, relações de vãos envidraçados e envolventes opacas, com as várias orientações solares possíveis.

É importante desenvolver mais estudos em torno das soluções passivas, em vés das soluções ativas, pois são soluções mais económicas que devem ser previstas em projeto e que garantem bons resultados de eficiência energética, sendo a sua implementação na fase de exploração mais dispendiosa.

Para qualquer estudo que seja feito é essencial uma perspetiva económica, para que seja possível prever a viabilidade do investimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Alexandre, F. Duarte, D. Pedro, M. Matos, S. Especialista, J. António, A. Hormigo, J. : Presidente, M. Soares, R. Da, S. Vogais, : Doutora, M. Dulce, S. Franco, e H. Especialista, «Reabilitação de Edifícios com Novas Tendências NZEB – Caso De Estudo – Edifício de Serviços em Setúbal», 2014.
- [2] M. Pereira, «Edifícios com necessidades energéticas quase nulas (Análise da viabilidade técnica-económica da sua implementação em Portugal)», 2013.
- [3] U. Europeia, «Directiva 2010/31/UE», *J. Of. da União Eur.*, pp. 13–35, 2010.
- [4] «Energy Strategy - European Commission.» [Em linha]. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy>. [Acedido: 17-Mai-2016].
- [5] Directiva 2002/91/CE, «Desempenho energético dos edifícios», *J. Of. das Comunidades Eur. L 1*, n. 11, pp. 65–71, 2002.
- [6] Parlamento Europeu e do Conselho, «Directiva 2009/28/Ce», *J. Of. da União Eur.*, vol. 2008, n. 2, pp. 16–62, 2009.
- [7] C. Europeia, «Regulamento Delegado n.º 244/2012», *J. Of. da União Eur.*, pp. 18–36, 2012.
- [8] P. E. E. Do Conselho, «Diretiva 2012/27/UE», *J. Of. da União Eur.*, pp. 1–56, 2012.
- [9] «DL 40_90 RCCTE.pdf.» .
- [10] RSECE, «Decreto-Lei n.º 118/98, de 7 de Maio. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)», *Diário da República N.º 105, I série-A*, pp. 2114–2129, Lisboa, Portugal (in Portuguese)., 1998.
- [11] Ministério Da Economia E Da Inovação, «Decreto-Lei n.º 78/2006», *Diário da República*, vol. 67, pp. 2–6, 2006.
- [12] Ministério das Obras Públicas, «O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)-Decreto-Lei n.o 79/2006», *Diário da República*, n. 4 de Abril, p. 53 (2416–2468), 2006.
- [13] Diário da República, «Decreto-Lei n.o 80/2006 de 4 de Abril», pp. 2468–2513, 2006.

- [14] Ministério da Economia e do Emprego, «Decreto-Lei n.º 118/2013», *Diário da República*, vol. 159, pp. 4988–5005, 2013.
- [15] Agência Portuguesa para o Ambiente (APA) e Comité Executivo da Comissão para as Alterações Climáticas, «Roteiro Nacional de Baixo Carbono 2050 - Análise técnica das opções de transição para uma economia de baixo carbono competitiva em 2050», *Alterações Climáticas*, p. 122, 2012.
- [16] Presidência do conselho de Ministros, «Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010», *Dr*, pp. 6394–6397, 2004.
- [17] Grupo de Trabalho do PNAC 2020: Despacho n.º2441/2014, «Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC2020)», pp. 1–141, 2015.
- [18] Presidência do Conselho de Ministros, «Resolução do Conselho de Ministros n.º20/2013», *Diário da República*, 1.ª série - N.º 70, n. 10 de Abril, pp. 1–70, 2013.
- [19] Presidência do Conselho de Ministros, «Resolução do Conselho de Ministros n.º2/2011», *Diário da República*, 1.ª série - N.º 8, n. 12 de Janeiro, pp. 1–2, 2011.
- [20] Comissão Europeia, «Acordo histórico sobre o clima em Paris : UE lidera esforços mundiais», 2015.
- [21] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), «Adoption of the Paris Agreement», vol. 21932, n. December, pp. 1–32, 2015.
- [22] A. C. Fernandes, M. D. Guerra, R. Ribeiro, e S. Rodrigues, «Relatórios do Estado do Ambiente 2015», pp. 65 – 74, 2015.
- [23] I. INE, *Censos 2011: Resultados Definitivos - Portugal*. 2011.
- [24] European Commission, «Energy poverty and vulnerable consumers in the energy sector across the EU : analysis of policies and measures», *Policy Report-INSIGHT_E*, n. May, p. 91, 2015.
- [25] Observador, «Pobreza Energética», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://observador.pt/2016/02/20/pobreza-energetica-22-dos-idosos-esta-risco/>.
- [26] EEA, «Energy Consumption in Europe.» [Em linha]. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-9/assessment>.
- [27] «Energy Consumption in Europe.» [Em linha]. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-9/assessment>.
- [28] I. P. INE e DGEG, *Inquerito ao consumo de energia doméstico 2010*. 2011.
- [29] Direção-Geral de Energia e Geologia, «Balanço Energético», pp. 1–14, 2013.

- [30] Eurostat, «Energy Dependence.» [Em linha]. Disponível em: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdcc310&plgin=1>.
- [31] Direção-Geral de Energia e Geologia, «Energia em Portugal», pp. 1–106, 2016.
- [32] K. Mead e R. Brylewsky, «Passivhaus primer: Introduction. An aid to understanding the key principles of the Passivhaus Standard», *Bre*, p. 11.
- [33] W. Feist, S. Peper, e M. Görg, «CEPHEUS- Cost efficient passive houses as european standards», 2001.
- [34] J. Hardi e H. Mphil, «Passivhaus Introduction What is Passivhaus ? What is Passivhaus ?», n. January, 2012.
- [35] TECdream, «Sistema ICF.» [Em linha]. Disponível em: <http://tecdream.com/sistema-icf/>.
- [36] Passivhaus Institut, «PHPP – Passive House Planning Package», 2016. [Em linha]. Disponível em: http://passipedia.org/planning/calculating_energy_efficiency/phpp_-_the_passive_house_planning_package.
- [37] E. BURRELL, «PASSIVHAUS IN PLAIN ENGLISH & MORE», 2015. [Em linha]. Disponível em: <http://elrondburrell.com/blog/passive-house-planning-package-phpp/>.
- [38] H. Erhorn e H. Erhorn-Kluttig, «Selected examples of Nearly Zero-Energy Buildings», n. September, p. 74, 2014.
- [39] The European Portal For Energy Efficiency In Buildings, «Efficiency House Plus in Berlin», 2014. [Em linha]. Disponível em: <http://www.buildup.eu/en/practices/cases/efficiency-house-plus-berlin>.
- [40] BRE, «Passivhaus Primer – Designer’ s Guide: A guide for the design team and local authorities», p. 12, 2006.
- [41] F. R. Dias, «Integração de Energias Renováveis num modelo de Edifício de Balanço Energético Quase Zero (NZEB)», 2015.
- [42] N. Iii, R. De Pena, V. Flor, e S. Vouga, «Despacho nº15793-F/2013», n. 26, pp. 26–31, 2013.
- [43] SEAI, «A Detailed Guide to Insulating your Home», 2009.
- [44] R. M. S. Baiona, «Área Departamental de Engenharia de Civil NZEB – Um desafio para a engenharia civil», 2014.
- [45] ITeCons e Universidade de Coimbra, «Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (REH), Síntese da regulamentação aplicável», p. 127, 2013.

- [46] ITE 50, Ed., *Coefficientes de Transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. 2006.
- [47] Adene, «10 soluções de eficiência energética - Isolamento de Coberturas.» p. 8.
- [48] «Telhados Verdes.» [Em linha]. Disponível em:
http://obviousmag.org/archives/2009/06/telhados_verdes.html.
- [49] Neoturf, «coberturas ajardinadas.» [Em linha]. Disponível em:
<http://www.neoturf.pt/pt/coberturas-ajardinadas>.
- [50] Ecocasa Portuguesa, «coberturas verdes ou ajardinadas», 2011. [Em linha]. Disponível em:
<http://ecocasaportuguesa.blogspot.pt/2011/11/coberturas-verdes-ou-ajardinadas.html>.
- [51] Nanotech, «Revestimento Refletivo para Telhados e Coberturas.» [Em linha]. Disponível em:
<http://www.nanothermic1.com.br/tinta-termica-telhados.html>.
- [52] Greenspec, «Housing Retrofit: Solid wall: Internal lining.» [Em linha]. Disponível em:
<http://www.greenspec.co.uk/building-design/internal-insulation/>.
- [53] L. Pérez-Urrestarazu, R. Fernández-Cañero, A. Franco-Salas, e G. Egea, «Vertical Greening Systems and Vertical Greening Systems and Sustainable Cities», vol. 0732, n. January, p. 22, 2016.
- [54] J. F. da C. Sirgado, «Análise do impacto dos vãos envidraçados no desempenho térmico dos edifícios.», 2010.
- [55] M. S. J. Palhinha, «Sistemas de sombreamento em arquitectura: Proposta de um novo método de concepção e dimensionamento», 2009.
- [56] «iscte_ed.jpg (800x450).» [Em linha]. Disponível em: http://cidade.iol.pt/upload/l/iscte_ed.jpg.
- [57] «Sistema de sombreamento exterior.» [Em linha]. Disponível em:
<http://www.extrusal.pt/index.php?id=61&pf=9>.
- [58] S. D. P. Santos, «Sistemas Avançados de Iluminação Natural: Estudo Comparativo de Vidros Prismáticos, Laser-Cut Panels e Channel Panels», *Inst. Super. Técnico*, vol. Mestrado, p. 99, 2009.
- [59] Ecocasa, «ELECTRODOMÉSTICOS - ETIQUETA ENERGÉTICA.» [Em linha]. Disponível em:
http://www.ecocasa.pt/energia_content.php?id=6.
- [60] H. Gonçalves e J. M. Graça, *Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal*. 2004.
- [61] P. Mendonça, «Tecnologias solares passivas.»
- [62] L. de O. Neves e M. Roriz, «Procedimentos estimativos do potencial de uso de chaminés solares para promover a ventilação natural em edificações de baixa altura», *Ambient. Construído*, vol. 12, n. 1, pp. 177–192, 2012.

- [63] Monodraught, «Natural Ventilation.» [Em linha]. Disponível em:
<http://www.monodraught.com/products/natural-ventilation/18/sola-boost-x-air/products/natural-ventilation/18/sola-boost-x-air/?info=81>.
- [64] Kommerling, «Muro Trombe en tu vivienda.» [Em linha]. Disponível em:
<http://www.viviendasaludable.es/sostenibilidad-medio-ambiente/vida-arquitectura-sostenible/muro-trombe-en-tu-vivienda>.
- [65] «Parede de trombe.» [Em linha]. Disponível em:
<https://pt.pinterest.com/pin/463730092850355115/>.
- [66] Ecocasa, «Iluminação.» [Em linha]. Disponível em:
http://www.ecocasa.pt/energia_content.php?id=2.
- [67] N. Tomás, «Integração de Energias Renováveis em Edifícios», 2009.
- [68] The Go Greena Team, «External Wall Insulation: Everything You Need To Know», 2013. [Em linha]. Disponível em: <http://gogreena.co.uk/external-wall-insulation-everything-you-need-to-know/>.
- [69] Cipa Gres, «Ventilated Facades.» [Em linha]. Disponível em: <http://www.cipagres.it/per-professionisti/pareti-ventilate/?lang=en>.