



Ana Filipa Casanova da Silva Domingos

Licenciatura em Ciências da Engenharia Civil

**Energia fotovoltaica em edifício unifamiliar
– Análise Custo Benefício**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil Construção

Orientador: Miguel Pires Amado, Professor Auxiliar do
Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de
Ciências e Tecnologia da UNL

Júri:

Presidente: Professor Doutor Daniel Aelenei
Arguente: Professor Doutor João Francisco Alves Martins
Vogal: Professor Doutor Miguel Pires Amado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
Setembro de 2014



Ana Filipa Casanova da Silva Domingos

Licenciatura em Ciências da Engenharia Civil

**Energia fotovoltaica em edifício unifamiliar
– Análise Custo Benefício**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil Construção

Orientador: Miguel Pires Amado, Professor Auxiliar do
Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de
Ciências e Tecnologia da UNL

Júri:

Presidente: Professor Doutor Daniel Aelenei
Arguente: Professor Doutor João Francisco Alves Martins
Vogal: Professor Doutor Miguel Pires Amado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro de 2014

“Copyright” Ana Filipa Casanova da Silva Domingos, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho é o culminar de um longo percurso, no qual tive o privilégio de contar com o apoio e colaboração de diversas pessoas a quem agradeço.

Ao Professor Doutor Miguel Amado, pela orientação, pela disponibilidade, pelo incentivo e interesse, ao longo da execução de toda a dissertação de Mestrado.

Ao Doutor Francisco Amado e ao Professor Rui Vera-Cruz pela sua disponibilidade e por terem facultado todos os dados necessários à elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, pelo amor, pelo carinho, pela paciência e pelo apoio incondicional que me deram ao longo da minha vida e em particular da minha vida académica, nem sempre fácil, nos quais pude ver sempre um exemplo a seguir.

À minha irmã, pelo amor, pelo incentivo, pela sabedoria e pela cumplicidade que sempre demonstrou ajudando-me a ultrapassar obstáculos aparentemente incontornáveis. Ao meu cunhado pela disponibilidade e auxílio sempre que necessário.

À minha avó Adelina, pelo amor e amizade, pelo incentivo, pelas orações, pelas preocupações, pelo seu sonho de me ver formada que infelizmente não pode presenciar, e sobretudo por ter feito parte da minha vida.

À minha avó Liberdade e ao meu avô Álvaro, pelo orgulho que têm em mim enquanto estudante e essencialmente enquanto pessoa, pelo seu amor e amizade durante a minha vida, nunca me deixando desanimar.

Ao meu avô Manuel por saber que estará decerto muito orgulhoso pelo meu percurso e pela minha escolha por este curso, por ser fonte de inspiração e força, por ser o meu protector e olhar por mim, e particularmente por ter feito parte da minha vida.

Aos meus melhores amigos, em especial ao António por todo o amor e amizade demonstrado ao longo dos anos, pela paciência e compreensão e à Miriam por, mesmo não estando presente no meu dia-a-dia, estava sempre disponível em qualquer momento, e sobretudo por continuarem a fazer parte da minha vida.

Às minhas amigas e colegas de curso, em particular à Rita Sousa Martins, à Carla Veiga e à Joana Guerreiro por terem estado sempre ao meu lado e por termos partilhado todo o percurso académico que nos fez crescer enquanto pessoas, amigas que desejo que continuem. À Carla Leandro pela amizade, pelo apoio e pela disponibilidade ao longo de todo o curso. À Teresa Fontes e à Ana Catarina Sousa por terem sido umas amigas, colegas e companheiras de casa formidáveis.

RESUMO

Com o crescimento populacional tem-se verificado um aumento exagerado no consumo energético global, no qual Portugal é também um exemplo. O recurso à utilização de combustíveis fósseis como fonte para satisfazer as necessidades adicionais de energia, tem vindo a contribuir para uma aceleração do fenómeno das alterações climáticas, que promovem efeitos negativos sobre o planeta, onde uma das suas mais sentidas consequências é o aquecimento global.

O sector dos edifícios, desde a construção à utilização, apresenta um elevado consumo de energia final, do qual metade corresponde ao sub-sector residencial. Este facto torna importante que se equacionem alternativas, e que sejam adoptadas medidas que possam contribuir para alcançar uma melhoria da eficiência e do desempenho energético dos edifícios.

Os edifícios habitacionais, por terem o seu desempenho energético na fase de utilização muito dependente do comportamento dos utilizadores, são aqueles que maior consumo energético apresentam. Neste contexto, torna-se importante que sejam desenvolvidas iniciativas que visem melhorar o seu desempenho e que possam ver adoptadas medidas de reabilitação energéticas de modo passivo e activo.

A procura por um balanço próximo do zero, entre necessidade de consumo, e potencial de produção local de energia, permite que se possam adoptar soluções alternativas de produção de energia, focadas em fontes renováveis. Contudo, é importante que as medidas a implementar, tanto nos novos como nos edifícios já existentes, tenham sempre como principal finalidade a melhoria das condições de conforto no seu interior e um elevado nível de desempenho energético. A introdução de soluções passíveis de reforço de isolamento, devem decorrer da introdução de soluções que podem ter auxílio na ferramenta da certificação energética como suporte. Porém, as soluções de complemento para o equilíbrio do balanço entre consumo e produção podem ser auxiliadas pela introdução de sistemas activos de produção de energia, impondo-se, no entanto, que ocorra um claro benefício económico da análise custo-benefício dos investimentos associados.

A presente investigação procura, estudar o nível do contributo que pode resultar da introdução de um sistema solar fotovoltaico, num edifício de habitação unifamiliar e determinar o correspondente resultado para o equilíbrio do seu desempenho energético e nível de eficiência energética.

Termos chave: Eficiência energética; Desempenho energético; Sistema solar fotovoltaico; Análise custo-benefício; Reabilitação energética.

ABSTRACT

Population growth has a great contribution to the exaggerated global energy consumption, where Portugal is also an example. The use of fossil fuels as a source to meet the additional energy needs, has contributed to an acceleration of the climate change phenomenon, that promote negative impacts on the planet and where one of his most consequences is the global warming effects.

The buildings sector, has a high value of final energy consumption in is activity, where half of which corresponds to the residential sub-sector. This fact becomes important to required alternatives and to adopt measures to contribute to achieving the efficiency in building energy performance.

The residential buildings, have it's energy performance mostly dependent of the operational phase and the compartmental the behaviors. In this context, it becomes important to develop initiatives that will improve their performance and also can access to an energy rehabilitation measures supported in passive and active solutions.

The search for a near zero balance between consumption needs and production potential provided at local conditions enables to adopt alternative solutions focused on production of energy from renewable sources. However, it is important that measures to be implemented, both in new and existing buildings, should always have as main objective the improvement of energy performance of their conditions of comfort in its interior. The use of energy certification can be an effective tool support in the identification of sustainable construction solutions. Also to help reach the goal the solutions to leveling the balance between consumption and production can be helped by the introduction of active systems of energy production, imposing, however, that a clear economic benefit of cost-benefit analysis of the associated investments as assuring.

This research seeks to study the level of contribution that can result from the introduction of a photovoltaic solar system in a building of single-family housing, and the corresponding result for the balance of their energy performance.

Key words: Energy efficiency; Energy performance; Photovoltaic Solar system; Cost/benefit analysis; Energetic rehabilitation.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objectivos e metodologia	2
1.2 Estrutura do trabalho	3
2. ESTADO DO CONHECIMENTO	5
2.1 CONSUMO ENERGÉTICO NOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO	5
2.1.1 As vantagens da eficiência energética e os modos de promover essa eficiência	5
2.1.2 Evolução do Consumo de Energia Primária.....	6
2.1.3 Caracterização do consumo de energia no sector residencial.....	9
2.2 EFEITOS DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	11
2.2.1 Impactes sobre o ambiente	12
2.2.2 Modos alternativos para diferentes formas de produção de energia	14
2.3 REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS	21
2.4 O QUADRO LEGAL PARA APOIO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS.....	24
2.5 DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS	30
2.5.1 Metodologias para a Avaliação do desempenho energético de edifícios	31
2.6 EDIFÍCIOS COM NECESSIDADES ENERGÉTICAS NULAS OU QUASE NULAS	37
2.7 ELEMENTOS ESTATÍSTICOS.....	39
2.7.1 Certificação Energética dos edifícios em Portugal	42
2.7.2 Análise dos edifícios construídos entre 1991-2011	46
2.8 ANÁLISE DE ESTUDOS DE CASO	51
2.8.1 Estudos de Caso.....	51
2.8.2 Factores e parâmetros mais determinantes para a eficiência energética dos edifícios	59
3. METODOLOGIA PARA A REABILITAÇÃO ENERGÉTICAS DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO	63
3.1 AUSÊNCIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS	63
3.2 MEDIDAS DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS.....	63
3.2.1 Características exteriores dos edifícios	63
3.2.2 Evolução das soluções construtivas de elementos da envolvente exterior – paredes exteriores e vãos envidraçados	64
3.2.3 Medidas de reabilitação para melhoria da eficiência energética	65
3.2.4 Medidas de melhoria do desempenho energético das habitações	67
3.2.5 Interpretação da Certificação Energética dos edifícios	69
3.3 O CONTRIBUTO DA ENERGIA SOLAR PARA ALCANÇAR EDIFÍCIOS nZEB	74
4. AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO	77
4.1 OBJECTIVO.....	77
4.2 OBJECTO DE ANÁLISE.....	77

4.3	DADOS DO DESEMPENHO ENERGÉTICO PREVISTO	81
4.4	DADOS REAIS DO DESEMPENHO ENERGÉTICO.....	84
4.5	BALANÇO ECONÓMICO DOS CUSTOS ENTRE CONSUMO E RECEITAS	86
4.6	ENTREVISTA AO UTILIZADOR.....	86
4.7	COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMOS REAIS E PREVISTOS	87
4.8	CONTRIBUTO PARA MELHORIA.....	88
4.9	ANÁLISE DA SOLUÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	91
4.10	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE PROPOSTA E RESULTADOS REAIS	91
4.11	ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO.....	93
4.12	DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	96
5.	CONCLUSÕES	97
5.1	CONCLUSÃO	97
5.2	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	97
	BIBLIOGRAFIA.....	99
	ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Metodologia do trabalho	2
Figura 2.1 - A utilização racional da energia – alguns conceitos base.....	6
Figura 2.2 - Taxa de dependência energética em Portugal (%)	7
Figura 2.3 - Consumo total de energia primária, em 2012, em Portugal (%).....	7
Figura 2.4 - Dependência energética dos países da União Europeia (%).....	8
Figura 2.5 - Peso dos sectores no consumo de energia (%)	9
Figura 2.6 - Distribuição do consumo de electricidade por tipo de utilização, 2010.....	9
Figura 2.7 - Repartição do consumo de electricidade por uso final, 2004.	10
Figura 2.8 - Utilização de energias renováveis como fonte de produção de energia para consumo no sector doméstico, em Portugal.	11
Figura 2.9 - Ciclo de vida do processo de construção sustentável.....	13
Figura 2.10 - Ciclo de vida das construções.....	13
Figura 2.11 - Utilização de energia, durante o ciclo de vida de um edifício.	14
Figura 2.12 - Potencial de energia solar fotovoltaica em países europeus.	15
Figura 2.13 - Sistema de circulação em termosifão.....	16
Figura 2.14 - Sistema de circulação forçada.....	17
Figura 2.15 - Esquema de sistema fotovoltaico ligado à rede.	18
Figura 2.16 - Índice de envelhecimento dos edifícios, em Portugal, no ano 2011.	21
Figura 2.17 - Estado de conservação dos edifícios, em Portugal.....	21
Figura 2.18 - Reabilitação do edificado e construções novas, em Portugal, 1995-2011.....	22
Figura 2.19 - Esquema da engrenagem de políticas a nível internacional, europeu e nacional.....	24
Figura 2.20 - Evolução cronológica da legislação relativamente ao Sistema de Certificação Energética.....	27
Figura 2.21 - Esquema de vertentes e áreas do Sistema LiderA.....	34
Figura 2.22 - Níveis de desempenho atribuídos pelo sistema LiderA.	35
Figura 2.23 - Esboço de ligação entre edifícios e redes de energia representando terminologia relevante.....	38
Figura 2.24 - Gráfico representando o conceito equilíbrio net ZEB.....	38
Figura 2.25 - Caracterização dos edifícios segundo o número de pisos, construídos no período 1991-2011	40
Figura 2.26 - Edifícios construídos entre 1991-2011, por estado de conservação.....	40
Figura 2.27 - Nova etiqueta energética para classificação de edifícios.....	43
Figura 2.28 - Impacto da EPBD na qualidade e características do edificado	44
Figura 2.29 - Novos edifícios % de DCR (Certificados em fase de projecto) por classes.	44
Figura 2.30 - Edifícios existentes % de CE certificados com a versão SCE 1.0 (Certificados de edifícios existentes) por classe.....	44
Figura 2.31 - Edifícios existentes % de CE certificados com a versão SCE 2.0 de Dezembro de 2013 a Junho de 2014.	45
Figura 2.32 - Número de certificados energéticos emitidos a edifícios construídos entre 1991-2011, segundo a sua classificação energética	46
Figura 2.33 - Necessidades de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e primária dos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classe energética.	48
Figura 2.34 – Níveis de isolamento térmico da envolvente exterior dos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classificação energética.....	48
Figura 2.35 - Média do factor solar dos vãos envidraçados dos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classe energética.....	49
Figura 2.36 – Fontes de energia utilizadas para preparação de AQS, nos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011.	49
Figura 2.37 - Fontes de energia utilizadas para preparação de AQS, nos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011.	50
Figura 2.38 - Número de colectores solares térmicos instalados nos edifícios nos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011.....	50

Figura 2.39 - Vista em altura da comunidade BedZed.....	51
Figura 2.40 - Vista de Vauban, Friburgo.....	52
Figura 2.41 - Vista de Vauban, Friburgo	52
Figura 2.42 - Vista em altura da comunidade Vauban, Friburgo.....	53
Figura 2.43 - Modelo de Hammarby.....	54
Figura 2.44 - Unidades de microgeração instaladas no condomínio Timor Lorosae.....	55
Figura 3.1 - Protecções externas.....	67
Figura 3.2 - Protecções internas.....	67
Figura 3.3 - Sistema de sombreamento, de abertura	68
Figura 3.4 - Sistema de sombreamento natural - árvore	68
Figura 3.5 - Protecção do edifício com espécies vegetais contra as condições climáticas do exterior	69
Figura 3.6 - Percentagem de propostas de melhoria nas diferentes linhas de actuação para melhoria da eficiência energética nos edifícios.....	70
Figura 3.7 - Cenário de evolução de parâmetros térmicos de janelas	70
Figura 3.8 - Cenário de evolução de parâmetros térmicos de Paredes e Cobertura.	70
Figura 3.9 - Necessidades de energia dos edifícios anteriores a 2006	71
Figura 3.10 - Necessidades de energia dos edifícios de 2006 e posteriores.	71
Figura 3.11 - Evolução das necessidades de energia para aquecimento (kWh/m ² .ano).....	72
Figura 3.12 - Propostas de medidas de melhoria – Excerto de certificado energético exemplo 1.....	72
Figura 3.13 - Propostas de medidas de melhoria – Excerto de certificado energético exemplo 2.....	72
Figura 3.14 - Propostas de medidas de melhoria – Excerto de certificado energético exemplo 3.....	73
Figura 3.15 - Classificação energética (real) antes de implementadas as medidas de melhoria, 1º semestre 2009	73
Figura 3.16 - Classificação energética (estimada) após implementadas as medidas de melhoria, 1º semestre 2009	73
Figura 3.17 - Influência da variação da inclinação no rendimento dos colectores solares (4 m ²)	74
Figura 3.18 - Ganho Directo.....	75
Figura 3.19 - Ganho Indirecto.	75
Figura 3.20 - Ganho Combinado	75
Figura 4.1 - Vista da fachada principal do edifício de habitação.....	77
Figura 4.2 - Vista das fachadas interiores do edifício de habitação e dos painéis solares.....	78
Figura 4.3 - Classe energética A, do edifício de habitação em análise	82
Figura 4.4 - Esquema representativo da diminuição das necessidades nominais anuais de energia primária para aquecimento devido ao contributo da energia proveniente do recuperador de calor.....	83
Figura 4.5 - Comparação da quantidade de energia primária necessária para o aquecimento e da quantidade de energia primária produzida pelos painéis fotovoltaicos.	83
Figura 4.6 - Comparação da quantidade de energia primária necessária para preparação de AQS e da quantidade de energia primária produzida pelo painel solar térmico.	83
Figura 4.7 - Evolução da energia consumida pelo edifício e seus utilizadores ao longo do período analisado.	84
Figura 4.8 - Evolução dos valores mensais da energia consumida pelo edifício e seus utilizadores e da energia produzida pelos painéis, no período analisado	85
Figura 4.9 - Curvas representativas da evolução da radiação solar incidente no local e da energia produzida pelos painéis, no período de um ano	85
Figura 4.10 - Balanço económico referente ao ano 2013.....	86
Figura 4.11 - Balanço económico referente ao ano 2014.....	86
Figura 4.12 - Consumo de energia eléctrica, numa habitação, relativamente aos grandes electrodomésticos	88
Figura 4.13 - Desenvolvimento de uma curva - posição do custo-ótimo (apenas exemplo).....	94
Figura 4.14 - Curva de custos: posição do custo-ótimo, dos requisitos mínimos implementados e do custo associado a edifícios de necessidades energéticas quase nulas, nZEB	94

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Diferenças entre o sistema termossifão e o sistema de circulação forçada.	17
Tabela 2.2 - Documentos políticos europeus referentes à eficiência energética dos edifícios.	25
Tabela 2.3 - Planos e Programas nacionais de acções no âmbito da eficiência energética dos edifícios.....	29
Tabela 2.4 - Edifícios segundo a época de construção, por principais materiais utilizados na construção, em Portugal	41
Tabela 2.5 - Tabela síntese das componentes e medidas implementadas nos estudos de caso anteriormente analisados.	57
Tabela 2.6 - Matriz de coincidências/correlações - Estudos de Caso e respectivos parâmetros de avaliação ambiental.	59
Tabela 4.1 - Caracterização das soluções construtivas e dos sistemas solares	80
Tabela 4.2 - Necessidades nominais anuais globais de energia primária.....	81
Tabela 4.3 - Indicadores de desempenho do edifício em análise.....	82
Tabela 4.4 - Necessidades nominais anuais de energia primária do edifício em análise.	82
Tabela 4.5 - Conclusões retiradas da entrevista realizada ao utilizador.....	86
Tabela 4.6 - Medidas para alcançar uma diminuição significativa do consumo de electricidade nas habitações.....	88
Tabela 4.7 - Dados utilizados para a análise económica.....	92

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 2.1 - Cálculo do índice de envelhecimento dos edifícios	21
Equação 2.2 - Cálculo do R_{Nt} para determinação da classe energética de edifícios de habitação	43
Equação 4.1 - Cálculo comparativo dos resultados retirados da análise realizada pelo fornecedor com os resultados obtidos no presente estudo	92
Equação 4.2 - Diferença entre as receitas admitidas pelo fornecedor e as receitas segundo o presente estudo	92
Equação 4.3 - Cálculo do custo global.....	95
Equação 4.4 - Cálculo da taxa de desconto real	95

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ADENE – Agência para a Energia

AQS – Águas quentes sanitárias;

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*;

BedZed – *Beddington Zero Energy Development*

BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*;

CA – Corrente alternada

CC – Corrente contínua

CO₂ – Dióxido de carbono

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia

DL – Decreto-Lei

ECBCS – *Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme*

EDP – Energias de Portugal

EE – Eficiência energética;

EPA – Agência de Protecção Ambiental, dos EUA

EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

EU – *European Union*

EUA – Estados Unidos da América;

GBC – *Green Building Challenge*

GEE – Gases de efeito de estufa

GPL – Gás de petróleo liquefeito

ICESD – Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico

IEA – Agência Internacional de Energia

IMI – Imposto Municipal sobre Imóveis

INE – Instituto Nacional de Estatística

IRC – Imposto sobre o Rendimento de Pessoas Colectivas

IT – Isolamento térmico;

ITeCons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção

ITIC – Instituto Técnico para a Indústria da Construção

km/h – quilómetro por hora

kVA – quilovoltampere

kW – quilowatt

kWh – quilowatt hora

kWh/ano – quilowatt hora por ano

kWh_{EP}/m².ano – quilowatt hora de energia primária por metro quadrado por ano

kWp – quilowatt-pico

LEED – *Leadership in Energy & Environmental Design*

LiderA – Liderar pelo ambiente

MJ/m² – Megajoule por metro quadrado

MWh – Megawatt hora

N_{ac} – Necessidades nominais anuais de energia para produção de AQS

N_{ic} – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento

N_{tc} – Necessidades globais de energia primária

N_{vc} – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento

NZEB – *Nearly zero-energy buildings*

PNAC – Plano Nacional para as Alterações Climáticas

PNAEE – Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética

PNAER – Plano Nacional de Acção para Energias Renováveis

PV – Photovoltaic

PVC – Policloreto de vinilo

PVGIS – *Photovoltaic Geographical Information System*

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;

RNAE – Rede Nacional de Agências de Energia e Ambiente

R_{ph} – taxa de renovação horária do ar

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE – Sistema de Certificação Energética de Edifícios (DL 118/2013)

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (DL 78/2006)

SEEP – Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos

tep – Tonelada equivalente de petróleo

U – Coeficiente de transmissão térmica

UE – União Europeia

WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*

W/m².°C – Watt por metro quadrado por grau celsius

ZEB – *Zero energy buildings*

°C – Graus Celsius

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade tem resultado num elevado consumo de energia, por vezes de forma irresponsável que têm causado danos ambientais irreversíveis. Tal facto conduz a que os modelos de desenvolvimento se revejam e adoptem uma postura de maior consciência do impacto para o futuro do planeta, principalmente os países desenvolvidos, dado serem estes os maiores consumidores de energia, (ADENE, 2012c).

A adopção de medidas que visem alcançar a eficiência energética dos edifícios mantendo ou até mesmo melhorando as condições de conforto dos habitantes deve pois ter por base a introdução de medidas passivas prioritariamente, (Observatório do QREN, 2013; WBCSD, 2009).

Grande parte do consumo de energia final associada ao sector dos edifícios, incluindo o sector residencial é decorrente do consumo desmedido de electricidade por parte dos utilizadores e da ineficiencia dos equipamentos instalados, (ADENE, 2012c). A utilização da energia deve ser racional, contudo, em Portugal nunca existiu uma política energética eficaz neste sentido.

Portugal tem dado resposta às necessidades energéticas da sua população recorrendo sobretudo ao petróleo, carvão e gás natural que se traduz numa enorme dependência do exterior relativamente à importação de fontes primárias de origem fóssil, (DGEG, 2012b). Em 2011 Portugal apresentou uma taxa de dependência energética de 77,4%, situando-se em sétimo lugar na lista dos países da União Europeia, no entanto tem descido de posição nos últimos anos, (EUROSTAT, 2013).

Uma das melhores formas de inverter estes resultados consiste no recurso ao uso de fontes de energia renováveis e no aumento do nível de desempenho dos edifícios residenciais introduzindo sempre que possível, equipamentos que procedam à captação directa da energia solar ou eólica. A aplicação de equipamentos específicos que convertam a energia solar que recebem em energia útil é uma das soluções que mais benefícios podem trazer.

Portugal está localizado numa zona geográfica privilegiada do ponto de vista da incidência de radiação solar o que incentiva os utilizadores a instalarem equipamentos que produzam energia que possa ser utilizada para aquecimento de AQS, quer ainda para produção de electricidade para venda à rede, economizando recursos e dinheiro.

Além desta fonte de energia renovável apresentar óptimas condições em Portugal, existem outras a que a população pode recorrer tais como os casos da energia da biomassa, eólica e geotérmica.

Em Portugal a oferta de construção nova é maior que a procura, no entanto, existem edifícios com necessidades de reparação que devem ser reabilitados contribuindo para o melhoramento do seu comportamento térmico-energético, (Fernandes, *et al.*, 2013).

A Directiva 2010/31UE (EPBD) foi lançada com a finalidade de aumentar os requisitos relativamente à primeira e prevê metas ambiciosas a nível nacional e planos de incentivos para recuperação do parque edificado existente e para construção de novos “edifícios de energia quase zero”. A melhoria do desempenho energético dos edifícios permite reduzir e muito as suas necessidades energéticas, devendo recorrer-se a soluções que incidam no isolamento térmico, nas protecções solares, na ventilação natural e na iluminação natural, como meios para a redução das necessidades de consumo.

O avaliar do desempenho dos edifícios e a identificação das necessidades de reabilitação energéticas adequadas, pode beneficiar das metodologias de avaliação que possibilitam a certificação da sustentabilidade nas construções, (Amado, M. *et al.*, 2009), auxiliando no cumprimento dos objectivos.

O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior é um documento obrigatório em determinados casos e útil para informar qual o desempenho energético da habitação, estimar o consumo de energia, sob determinadas condições, identificar medidas que melhorem a eficiência energética, o conforto e reduzam os custos com energia e valorizar o imóvel. As medidas identificadas podem e devem ser aplicadas para correcções realizadas em futuras intervenções.

1.1 OBJECTIVOS E METODOLOGIA

O presente trabalho aborda a temática da eficiência energética no sector da habitação, em particular o da habitação unifamiliar.

A procura do aumento da eficiência energética em casos de edifícios já construídos e não abrangidos pela certificação mas que evidenciam um razoável desempenho energético, pode ver melhorada a sua factura energética se o próprio edifício for ele produtor de energia.

Neste contexto importa que se verifique qual o efectivo contributo que a introdução de um sistema fotovoltaico pode gerar no caso de um edifício unifamiliar.

A utilização de um estudo comparado entre projecto e consumo real e a análise custo benefício da solução integrada é o objectivo final deste trabalho, figura 1.1.

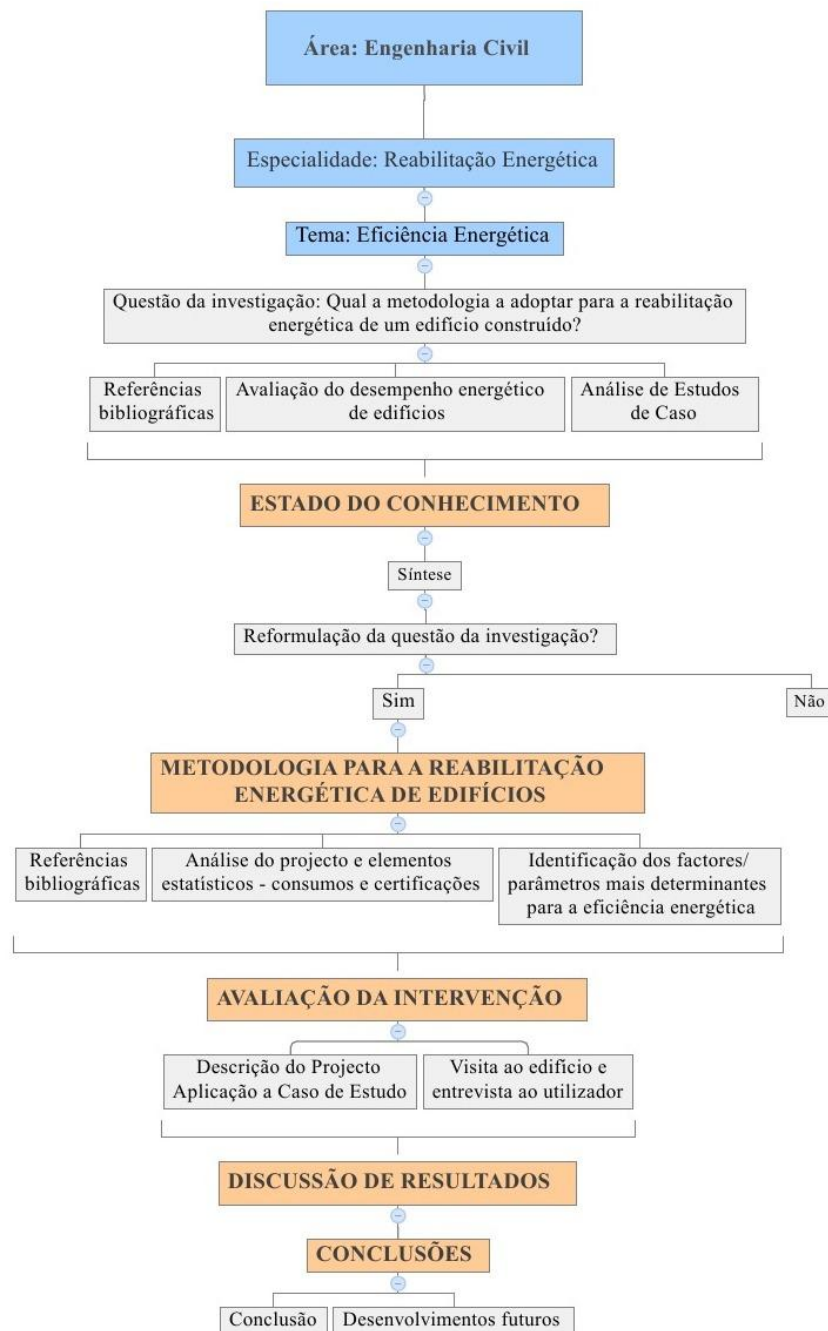


Figura 1.1 - Metodologia do trabalho.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos divididos em secções, de modo a ser possível desenvolver o objectivo pretendido.

O primeiro capítulo aborda a introdução ao tema.

No segundo capítulo é feito um desenvolvimento do estado do conhecimento, no qual é realizado um enquadramento da situação de dependência energética de Portugal, alertando para as consequências ambientais causadas por um consumo excessivo de energia e apresentando alternativas ao recurso a fontes energéticas não renováveis, além disso é realizada uma síntese do quadro legal relativo à eficiência energética em edifícios e são apresentados sistemas de avaliação de desempenho energético dos edifícios. São analisados estudos de caso a nível internacional e nacional, por forma a compreender quais as principais medidas de eficiência energética e sustentabilidade adequadas aos edifícios. É apresentada uma análise aos dados estatísticos disponibilizados relativos aos edifícios construídos no período em análise.

No terceiro capítulo é esplanada a metodologia proposta a adoptar, relativamente à reabilitação energética, para um edifício já construído.

No quarto capítulo é desenvolvida a avaliação realizada pela intervenção no edifício sendo discutidos os resultados e expostas no último capítulo, quinto, as conclusões e desenvolvimentos futuros.

2. ESTADO DO CONHECIMENTO

2.1 CONSUMO ENERGÉTICO NOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

Actualmente, a sociedade depara-se com um aumento do consumo de energia, nem sempre eficiente, que acompanha o seu desenvolvimento. A utilização de energia permite que se tenha acesso a um estilo de vida que seria impossível alcançar caso não se dispusesse de recursos energéticos. Necessidades ligadas à higiene, necessidades básicas de confecção e conservação dos alimentos, necessidades de conforto térmico e ainda, o uso de equipamentos de entretenimento e equipamentos eléctricos de apoio às tarefas (computadores pessoais, electrodomésticos, entre outros.), são comodidades que foram sendo introduzidas na vida dos utilizadores dos edifícios de habitação, mas com consequentes danos ecológicos, (ADENE, 2012c; Amado, *et al.*, 2007).

2.1.1 As vantagens da eficiência energética e os modos de promover essa eficiência

Devido a uma utilização irresponsável dos recursos energéticos, verifica-se um aumento supérfluo do consumo de energia e das matérias-primas necessárias à sua produção. É importante a consciencialização dos consumidores para uma maior preocupação com a poupança de energia, efectuando uma utilização racional da mesma, e com a eficiência energética. Possibilitando assim uma redução dos impactes negativos sobre o meio ambiente e um controlo da extinção das energias não renováveis ou de origem fóssil, (ADENE, 2012c).

A eficiência energética engloba a redução das necessidades energéticas dos edifícios para níveis aceitáveis de conforto, qualidade do ar e outros requisitos ocupacionais, bem como dos transportes; a optimização da transformação, transporte e uso dos recursos energéticos, desde as suas fontes primárias até à sua utilização; a redução das emissões de CO₂; e o uso eficiente de energias renováveis, (Observatório do QREN, 2013; WBCSD, 2009; Amado, *et al.*, 2010).

É importante adoptar uma abordagem que permita ultrapassar barreiras, focada em três aspectos essenciais: apoiar a interdependência adoptando uma abordagem holística; tornar a energia mais valiosa para os intervenientes no desenvolvimento, operação e utilização dos edifícios; e transformar o comportamento dos profissionais envolvidos no sector da construção, educando-os e motivando-os com vista a alcançar a eficiência energética nos edifícios, (WBCSD, 2009).

É necessário modificar e reduzir o consumo de energia, (Projecto EnerBuilding, 2008):

- Por motivos éticos e sociais. Em 2008, 28% da população mundial consumia 77% de toda a energia produzida, enquanto 72% vivia apenas com os restantes 23%;
- Por motivos estratégicos. A Europa (e em especial Portugal) depende fortemente de países fora da UE, alguns deles politicamente muito instáveis, para satisfazer as suas necessidades de combustíveis fósseis, razão pela qual não existe uma certeza de continuidade do fornecimento;
- Por motivos económicos. O custo anual da factura energética representa uma parcela significativa das despesas de um lar.

Em Portugal, nunca existiu uma verdadeira e eficaz política energética relativamente à procura de energia, ou seja, na perspectiva da utilização racional da mesma. Na figura 2.1 apresentam-se alguns conceitos base relativamente à racionalização da energia, (Ferreira, 2014).

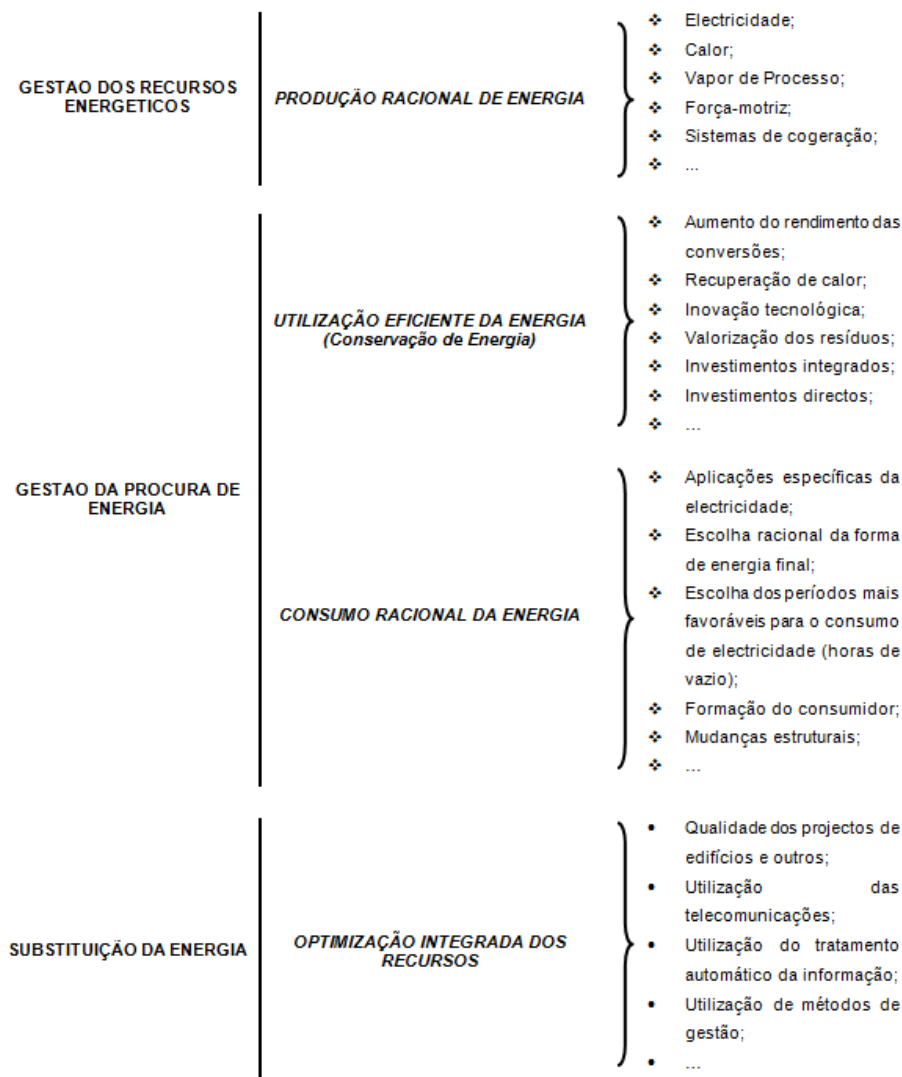


Figura 2.1 - A utilização racional da energia – alguns conceitos base, (Ferreira, 2014).

2.1.2 Evolução do Consumo de Energia Primária

A energia abrange três conceitos distintos: energia primária, energia final e energia útil.

A energia primária é fonte energética no seu estado bruto disponível na natureza, antes de chegar aos diversos equipamentos a energia tem de ser explorada, transformada e transportada, pode assumir a forma de energia renovável (rios, sol, vento, biomassa, geotermia, ondas ou marés), fóssil (carvão, petróleo ou gás natural), mineral (urânio) ou ser resultado de resíduos. A energia final é a forma comercial da energia pronta a utilizar, disponibilizada às actividades económicas e às famílias (electricidade, gásóleo, lenha, gasolina, gás propano ou butano, pellets, entre outros). Contudo, existem formas de energia primária que podem ser disponibilizadas aos utilizadores, coincidindo portanto com a energia final. A energia útil é a energia que o utilizador realmente carece sob a forma de calor, energia motriz, iluminação, entre outros. É necessário analisar qual a eficiência do equipamento, (Freitas, *et al.*, 2011).

Portugal é um país deficitário em recursos energéticos fósseis, em particular dos que dão resposta às necessidades energéticas na maioria dos países desenvolvidos, como são exemplos o petróleo (o mais utilizado), o carvão e o gás natural. A figura 1 do anexo I apresenta a evolução do consumo de Energia Primária em Portugal de 2000 a 2012, englobando todos os sectores (DGE, 2012b).

O petróleo representa 43,3% do consumo total de energia primária em 2012, no ano anterior o valor era de 46,8%. O gás natural tem contribuído para a diminuição do consumo de petróleo, diversificação estrutural da oferta de energia e redução da dependência exterior em relação ao petróleo. Em 2007 o gás natural representava 15,1% do consumo total de energia primária, em 2011 representava 20,3% e em 2012 teve uma pequena quebra, passando para 18,4% devido à quebra do consumo desta fonte de energia para produção de electricidade (a procura desceu 44% face a 2011). O carvão ainda representa uma parte significativa, no entanto, prevê-se que ocorra uma redução progressiva devido ao impacto nas emissões de CO₂, (DGEG, 2012b).

Devido a esta necessidade de recursos existe uma elevada dependência energética do exterior, em particular das importações de fontes primárias de origem fóssil. Analisando a figura 2.2 pode concluir-se que, entre 2005 e 2012, o valor mais elevado registou-se em 2005, o que correspondeu à baixa produtividade das centrais hídricas devido ao ano hidrológico ter sido muito seco, tendo desde então vindo a diminuir até 2010. Em 2011 registou-se uma subida devido ao aumento do consumo de carvão na produção de energia eléctrica, para compensar a redução na produção hídrica, (DGEG, 2012b).

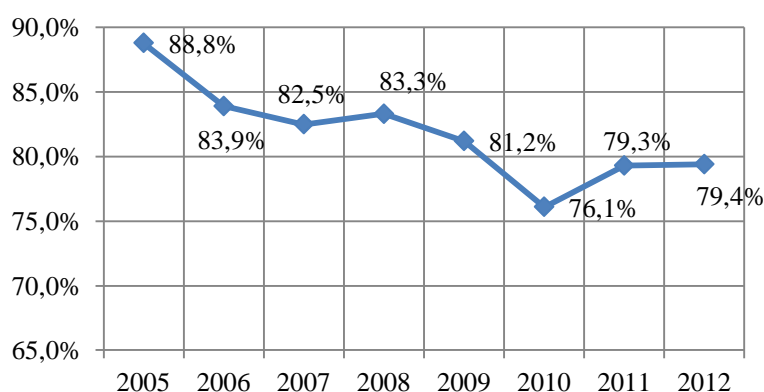


Figura 2.2 - Taxa de dependência energética em Portugal (%), (DGEG, 2012b).

Cerca de 78,4% da energia primária consumida foi importada. A energia consumida provém de diversas fontes, sendo 75,3% de combustíveis fósseis, 20,8% de fontes renováveis e 3,9% dos resíduos industriais e da electricidade importada, conforme a figura 2.3, (DGEG, 2012b).

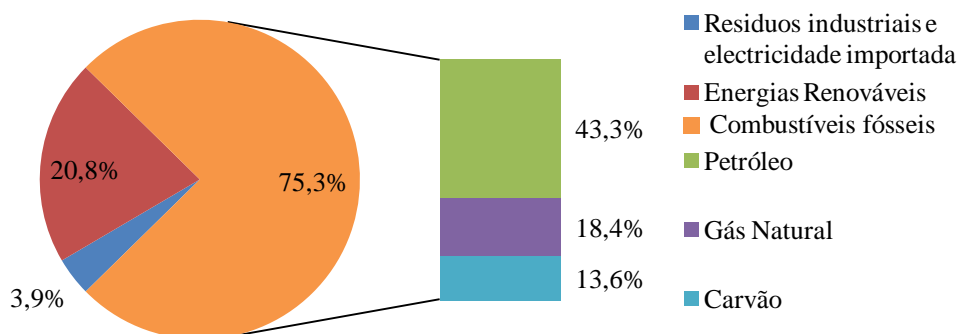


Figura 2.3 - Consumo total de energia primária, em 2012, em Portugal (%), (DGEG, 2012b).

O preço do petróleo tem tido um crescimento exponencial, o que põe em risco a economia dos países que têm o petróleo como principal fonte de energia primária, pressiona os preços e causa a erosão do poder de compra dos consumidores, (ITIC, 2008).

O preço do petróleo teve um pico no final do segundo trimestre de 2008, com uma subsequente quebra até ao início de 2009 e posteriormente subiu até meados do ano 2012, como evidente na curva correspondente ao Brent (petróleo), na figura 2 do anexo I, (DGEG, 2012c).

A evolução dos preços do petróleo nos últimos anos tornou-se um factor de risco, o que se deve à sua volatilidade, pois a formação do preço do petróleo está ligada à ocorrência de focos de instabilidade política, que são muito difíceis de conjecturar, (ITIC, 2008).

De acordo com dados fornecidos pelo EUROSTAT, a dependência energética de Portugal em 2011 era de 77,4%, em 2010 de 75,4% e em 2009 de 81%. Verifica-se portanto, que ocorreu uma descida significativa de 5,6% de 2009 para 2010 e posteriormente uma subida de 2% de 2010 para 2011. Nos anos anteriores, entre 1999 e 2009, os valores de dependência energética eram superiores, registando-se uma diminuição de aproximadamente 7%. Apesar desta diminuição, os valores continuam a ser elevados, apresentando-se Portugal em sétimo lugar no “ranking” dos países com maior dependência energética da União Europeia, como se pode verificar na figura 2.5. No entanto, foi possível descer uma posição desde o ano anterior, 2010. Portugal está 23,6% acima da média da EU-28. Os países com uma dependência energética superior a Portugal são Malta, Luxemburgo, Chipre, Irlanda, Lituânia e Itália, conforme a figura 2.5. É de salientar os valores de dependência negativos, apresentados pela Dinamarca, na ordem dos -8,5%, valores impensáveis para Portugal nos próximos anos. Estes valores negativos indicam que a Dinamarca é o único exportador líquido dos 28 países da União Europeia. Contudo, os valores de dependência negativos têm vindo a diminuir, por exemplo, em 2001 os valores eram da ordem dos -28,4%, (EUROSTAT, 2013).

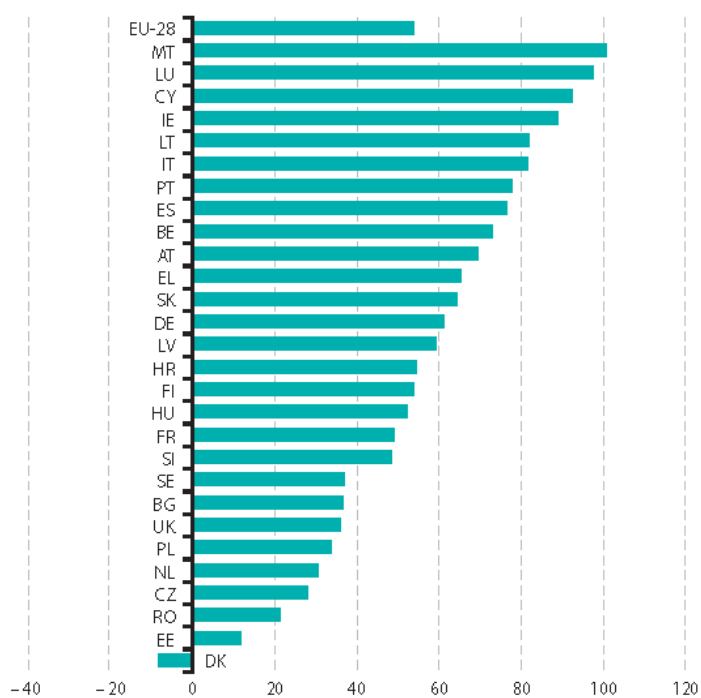


Figura 2.4 - Dependência energética dos países da União Europeia (%), 2011, (EUROSTAT, 2013).

Em Portugal, verificou-se uma produção interna baseada exclusivamente nas fontes de energia renováveis, essencialmente hídrica e eólica. Desde 1990 até aos dias de hoje, os valores de produção interna triplicaram, (ADENE, 2012c).

Segundo a DGEG, o consumo de energia final cresceu 2,3% ao ano, desde 1990. O que se verifica devido ao crescimento consistente, superior a 4% ao ano, dos sectores de Serviços e Transportes. O sector de Serviços merece destaque, pois teve uma taxa de crescimento média anual de 8%, (ADENE, 2012d). Constata-se que o sector Doméstico teve uma redução do consumo de energia de aproximadamente 4% entre 1990 e 2012, conforme a figura 2.5.

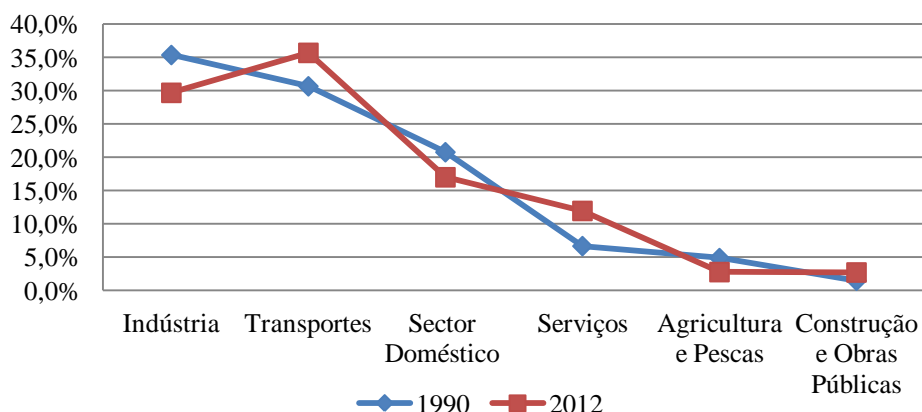


Figura 2.5 - Peso dos sectores no consumo de energia (%), (DGEG, 1990-2003), (DGEG, 2012a).

Os resultados apresentados, relativos ao ano 2012, não apresentam variações significativas face a resultados de 2010.

Segundo o Balanço energético de 2012, as percentagens de energia consumida em cada sector tornam evidente quais as áreas que requerem uma necessária intervenção, conforme a figura 3 do anexo I.

2.1.3 Caracterização do consumo de energia no sector residencial

Tendo em conta o âmbito do presente trabalho, deve pois analisar-se em mais pormenor o sector doméstico, que representa 17% do total de energia consumida em Portugal, (ADENE, 2012c).

O sector dos edifícios representa cerca de 30% do consumo de energia final dos quais 17% correspondem ao sector residencial que engloba aproximadamente 3,9 milhões de alojamentos. Tal facto evidencia a necessidade de moderar o consumo eléctrico. A ineficiência dos equipamentos utilizados neste sector, os procedimentos e hábitos de utilização desses mesmos equipamentos contribuem para o aumento do consumo de energia, (ADENE, 2012c).

Uma habitação consome cerca de 3.700 kWh/ano (ADENE, 2012c), repartidos como apresentado na figura 2.6, (DGEG e INE, 2011).

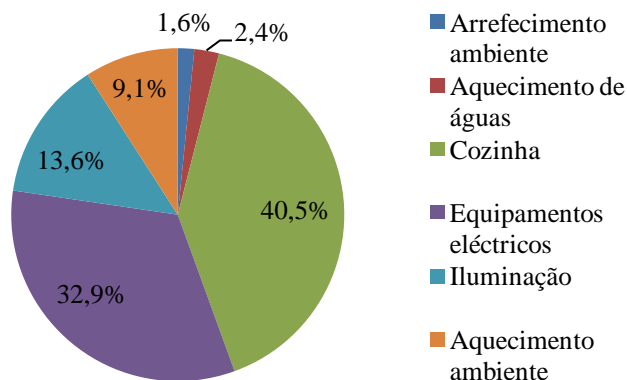


Figura 2.6 - Distribuição do consumo de electricidade por tipo de utilização, 2010, (DGEG e INE, 2011).

Os valores de 2004 relativos à repartição do consumo de electricidade por uso final, apesar de desatualizados, por serem apresentados de forma mais detalhada conforme a figura 2.7, permitem uma análise mais pormenorizada, (DGEG, 2004).

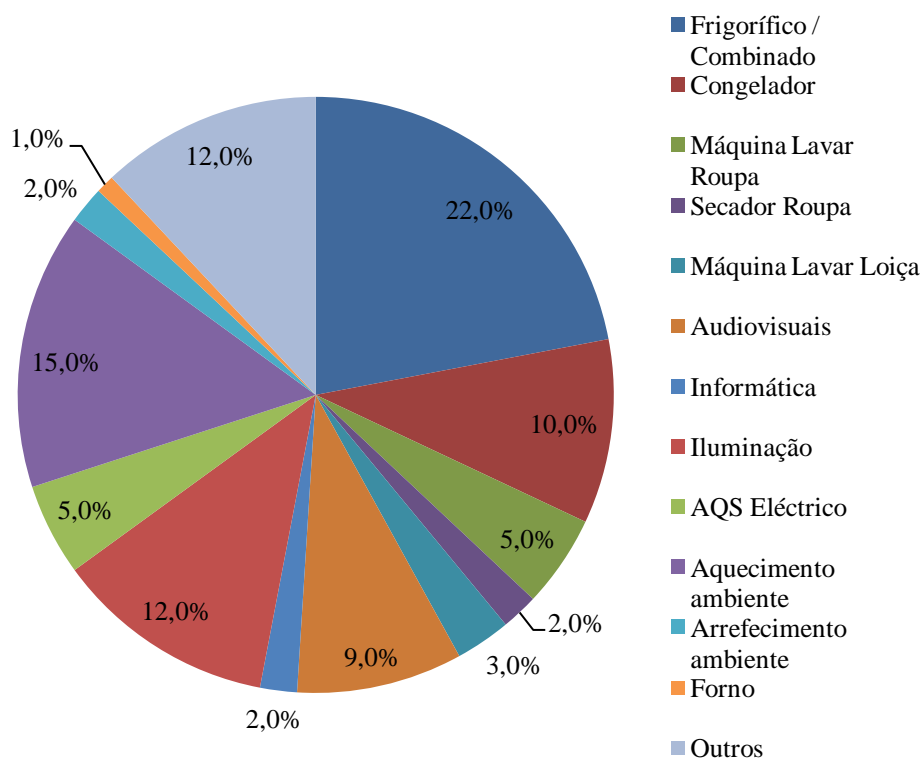


Figura 2.7 - Repartição do consumo de electricidade por uso final, 2004, (DGEG, 2004).

Verifica-se portanto que, os equipamentos de refrigeração de alimentos (frigoríficos, combinados e congeladores), a iluminação e o aquecimento ambiente apresentam as maiores percentagens de consumo de electricidade numa habitação, perfazendo um total de aproximadamente 50%. Relativamente ao arrefecimento, o consumo é 2%, muito inferior ao apresentado para o aquecimento, por isso, não tem especial relevância. Contudo, com o aumento do nível de vida têm também aumentado as exigências de conforto térmico nas habitações, logo é previsível que os valores associados a aparelhos de climatização aumentem, até porque o número de aparelhos de ar condicionado instalados nas habitações tem vindo a aumentar (DGEG, 2004).

As fontes de energia utilizadas pelo sector doméstico, segundo o Balanço Energético provisório de 2012, efectuado pela DGEG, são os produtos petrolíferos (GPL, petróleo e gasóleo), o gás natural, a electricidade e as energias renováveis (sistemas solares térmicos, lenha e resíduos vegetais), (DGEG, 2012a).

Conclui-se que a electricidade é o tipo de energia mais utilizada nas habitações (figura 4, anexo I). É contudo importante, poder-se constatar que as energias renováveis assumem hoje, em Portugal, a segunda posição em termos de produção e distribuição. Este factor é um indicador positivo tendo em conta que o seu número em termos quantitativos é ainda muito inferior ao desejado de modo a que se consiga atingir um contexto ideal para uma construção mais sustentável (DGEG, 2012a).

No período analisado no ICESD, de Outubro de 2009 a Setembro de 2010, o consumo total de electricidade nos alojamentos foi aproximadamente 14 442 milhões de kWh, sendo esta consumida em 99,9% dos alojamentos, conforme a figura 5 do anexo I. É de destacar o consumo de GPL garrafa butano, é utilizado em 56% dos alojamentos sendo seguido pela utilização em 40% dos alojamentos da lenha, (DGEG e INE, 2011).

Em termos de teor energético, tep (toneladas equivalentes de petróleo – unidade de energia definida como o calor libertado na combustão de uma tonelada de petróleo cru), a electricidade ocupa a primeira posição com um consumo de 1,2 milhões de tep, de seguida a lenha com um consumo de 706

mil tep e posteriormente o GPL garrafa butano com um consumo de 396 mil tep, as restantes posições são menos relevantes, conforme a figura 6 do anexo I, (DGEG e INE, 2011).

Relativamente aos custos associados a cada fonte de energia constata-se que a electricidade se encontra na primeira posição tal como em termos de teor energético, com uma despesa global de 2 mil milhões de euros, de seguida encontra-se o GPL garrafa butano, com uma despesa global de 571 milhões de euros e posteriormente a lenha, com uma despesa global de 114 milhões de euros, conforme a figura 7 do anexo I, (DGEG e INE, 2011).

Em Portugal, a electricidade é a fonte de energia que mais pesa na factura energética do sector doméstico. Pelo contrário, a lenha revela-se como a fonte de energia com menor custo unitário, sendo que a maioria da lenha é apanhada nas proximidades das habitações, sem que conduza a qualquer tipo de encargo, (DGEG e INE, 2011).

As fontes de energia renováveis (nomeadamente o carvão vegetal, com grande importância, a lenha e a energia solar térmica) apenas correspondem a 25% do consumo de energia (ver figura 8, anexo I). É de salientar o facto de na contabilização do consumo de fontes renováveis não se incluir a parte da electricidade produzida a partir de fontes renováveis, (DGEG e INE, 2011).

Tendo em conta os dados de todos os Balanços energéticos desde 2004 até 2012, relativamente à utilização de energias renováveis, conforme a figura 2.8, é possível concluir que nos primeiros anos existiu um aumento, atingindo o seu pico em 2008, com uma percentagem de 37,2%. Posteriormente, em 2010, houve um decréscimo acentuado, atingindo um mínimo de 24,5%. Actualmente, o valor já aumentou, no entanto, continua bastante inferior ao pretendido, (DGEG, 2004a até DGEG, 2012a).

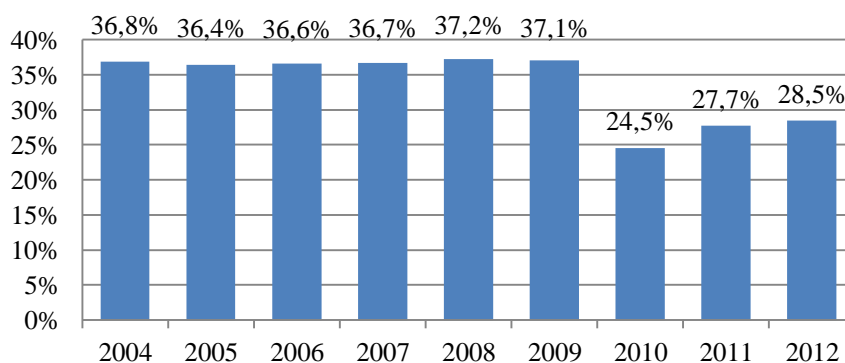


Figura 2.8 - Utilização de energias renováveis como fonte de produção de energia para consumo no sector doméstico, em Portugal, (DGEG, 2004a até DGEG, 2012a).

2.2 EFEITOS DO CONSUMO ENERGÉTICO

Como anteriormente salientado, a maior parte da energia utilizada actualmente, provém de fontes não renováveis de origem fóssil.

As energias não renováveis têm reservas limitadas, são exemplos o carvão, gás natural, petróleo e urânio. Podem ser de origem fóssil (carvão, petróleo e gás natural), formadas pela transformação de restos orgânicos acumulados na natureza há milhões de anos, ou de origem mineral (urânio – utilizado para produção de energia eléctrica), (ADENE, 2012c).

Impreterivelmente, se mantivermos o modelo de consumo actual, as energias não renováveis deixarão de estar disponíveis num futuro próximo, pela extinção das suas reservas ou porque a sua extracção deixará de ser economicamente rentável a médio prazo (com a diminuição das reservas, cada vez é mais difícil a sua extracção e consequentemente, aumenta o seu custo), (ADENE, 2012c).

2.2.1 Impactes sobre o ambiente

Os combustíveis fósseis usados para transformação da energia, visando satisfazer as necessidades energéticas a nível global, estão a provocar alterações climáticas perigosas no planeta. Além da transformação, também o transporte e o uso da energia causam impactes negativos no meio ambiente, (Projecto EnerBuilding, 2008).

As consequências do aquecimento global (desertificação, migrações das populações, erosão da costa marítima, perda da biodiversidade, entre outras) são assustadoras e podem tornar-se catastróficas, (Projecto EnerBuilding, 2008).

É muito importante que sejam tomadas cada vez mais medidas para que se consiga atingir um novo equilíbrio que esteja em harmonia com o ambiente e que respeite os direitos das gerações futuras, (Projecto EnerBuilding, 2008).

Durante a fase de exploração, geram-se emissões para a atmosfera e produzem-se resíduos, que contaminam os solos e as águas. O transporte e a distribuição da energia causam impacto no meio ambiente tanto pela presença das redes eléctricas ou oleodutos e gasodutos, como pelas chamadas marés negras, com consequências devastadoras para os ecossistemas da área afectada. O consumo energético a partir de energias fósseis implica a passagem por um processo de combustão, que emite CO₂. As emissões de CO₂ surgem de diversas formas, na combustão pela qual passam as energias fósseis, nas centrais eléctricas para produzir electricidade e nas caldeiras ou motores de veículos. Na combustão além de se formar CO₂, o gás que mais contribui para o efeito de estufa, formam-se outros gases e partículas poluentes que prejudicam a saúde (ADENE, 2012c).

É importante salientar que, a produção de electricidade em centrais nucleares não emite CO₂, mas cria resíduos radioactivos de difícil e dispendioso tratamento (ADENE, 2012c).

Os consumidores de energia também produzem CO₂, 5 toneladas por ano são originadas pelo uso do veículo, pelo aquecimento e pelo consumo eléctrico (centrais térmicas onde se gera a electricidade), (ADENE, 2012c).

Segundo o WBCSD, os edifícios foram identificados como um dos cinco maiores utilizadores de energia, (WBCSD,2009).

Os edifícios causam um enorme impacto no meio ambiente, por terem um longo ciclo de vida. É fundamental que se adoptem medidas para travar o crescimento abrupto do consumo de energia, em face de os edifícios causarem um grande impacto no fenómeno da regressão das alterações climáticas através da utilização descontrolada da energética. Neste quadro uma das actuações mais imediatas possíveis de desenvolver é a implementação de soluções de construção sustentável.

Existem alternativas a este tipo de construção, para minimizar os impactos ambientais, bem como os recursos naturais e os consumos de energia e promover a qualidade de conforto no interior dos edifícios, para tal devem adoptar-se formulações e melhorias que visem alcançar a construção sustentável, (Amado, *et al.*, 2007).

O processo de construção sustentável, ao longo de todo o seu ciclo de vida, visa aplicar os princípios do desenvolvimento sustentável, através da implementação de sistemas solares passivos, processos construtivos rigorosos e selecção de materiais renováveis e de uma avaliação eficiente e monitorização. Deste modo, a construção sustentável deve possuir um processo operativo que leva a uma aplicação efectiva das diferentes fases do ciclo de vida do edifício, desenvolvendo-se em quatro níveis de intervenção - Projeto, Construção, Uso e Manutenção - em que são desenvolvidas as medidas de sustentabilidade, (figura 2.9) (Amado, *et al.*, 2007).



Figura 2.9 - Ciclo de vida do processo de construção sustentável, (Amado, 2011, adaptado).

O processo de construção sustentável assume como linhas de orientação: a incorporação e intervenção em todas as fases que integram o ciclo de vida de um edifício e a introdução de uma fase cíclica de monitorização constante que permite seguir e validar o processo de toda a construção, (Amado, *et al.*, 2007).

Associados ao ciclo de vida dos edifícios estão elevados valores de consumo de energia, água, matérias-primas e produção de resíduos, entre outros. Os impactes ambientais causados por estes nos Estados Unidos da América, (Pinheiro, 2003), traduzem que a utilização de energia é o impacte com maior importância, seguido das emissões atmosféricas, o que comprova que a fase de utilização é a fase do ciclo de vida dos edifícios mais prejudicial ao meio ambiente, conforme a figura 1 do anexo II.

As actividades associadas à construção de infra-estruturas e edifícios, bem como os seus efeitos ambientais, variam conforme as suas tipologias e ao longo da vida das construções, (Pinheiro, 2006).

As construções e espaços envolventes visam responder às necessidades humanas. Relativamente aos sistemas sócio-económicos podem referir-se: incómodos nas populações e comunidades; possíveis riscos de saúde pública, na obra e para os utilizadores; necessidades suplementares de acessibilidades, de transportes e de alteração do tráfego local; pressão sobre as infra-estruturas e serviços urbanos; alteração das condições de segurança; mas também: geração de emprego, conforto, funcionalidade, riqueza e desenvolvimento, (Pinheiro, 2006).

Os impactes manifestam-se de diferentes modos nas variadas fases do ciclo de vida das construções (figura 2.10), desde a concepção à operação e desactivação (ou desconstrução). Nas fases de construção, operação e desactivação, são originados impactes mais ou menos directos nos recursos, nas emissões, nas cargas e nos ambientes construídos e de um modo mais indirecto nos ambientes naturais, (Pinheiro, 2006).



Figura 2.10 - Ciclo de vida das construções, (Pinheiro, 2006).

A criação de infraestruturas necessárias para que os edifícios satisfaçam as funções para que foram criados (residências, escritórios,...), envolve todo o ciclo da construção, apresentando maior expressão em termos construtivos, na fase de construção propriamente dita e na fase de demolição. Contudo, também os impactes associados a infraestruturas podem decorrer da presença e operação dos edifícios, (Pinheiro, 2006).

Normalmente, fase de construção está associada a períodos reduzidos, comparativamente com a fase de operação. A maior parte das infraestruturas e edifícios projectados na actualidade, têm um tempo de vida útil superior a 40 anos, e alguns já existentes podem ultrapassar ou já ultrapassaram os 100 anos. O que se significa que, as estruturas construídas têm impactes com efeitos muito duradouros, quer a nível dos consumos, das emissões e cargas poluentes, quer na acumulação dos materiais, cujos efeitos

ambientais importa considerar. Portanto, os efeitos ambientais das actividades construtivas decorrem não só do acto de construir como também da operação das estruturas construídas (incluindo a sua manutenção) e até da sua desactivação (cada vez mais referida como "desconstrução"), sendo os seus efeitos diferenciados em cada uma das fases consideradas (ver figura 2 do anexo II), (Pinheiro, 2006).

Como representado na figura 2.11, a maior percentagem de utilização de energia ocorre durante a fase operacional do tempo de vida de um edifício, o que acontece devido aos consumos energéticos com a utilização de aparelhos de aquecimento, ventilação, aquecimento de águas e aparelhos eléctricos. A menor percentagem corresponde às operações de manutenção e renovação devido, em parte, à falta de preocupação com estes aspectos, (WBCSD, 2009).

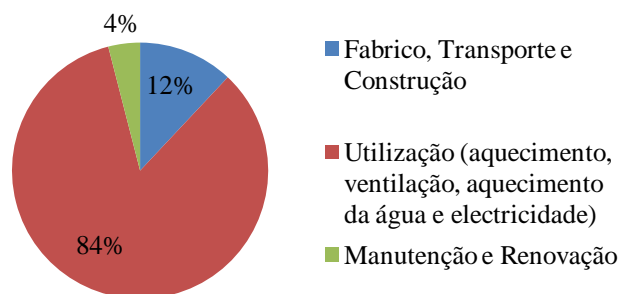


Figura 2.11 - Utilização de energia, durante o ciclo de vida de um edifício, (WBCSD, 2009).

2.2.2 Modos alternativos para diferentes formas de produção de energia

Para a produção da energia necessária ao desenvolvimento e subsistência da população mundial é imprescindível que se continue a insistir numa revolução energética já iniciada, tendo como objectivo incentivar o uso de fontes de energia renovável, (ADENE, 2012c).

Podemos recorrer sem problemas, de forma permanente, às fontes de energia renováveis pois são inesgotáveis, renovando-se de forma natural. As energias renováveis são a energia Solar, Hídrica, Eólica, Biomassa, Marés, Energia das Ondas e Geotérmica. Têm ainda uma enorme vantagem sobre as energias não renováveis, além de inesgotáveis, têm um impacto ambiental nulo na emissão de gases que provocam o efeito de estufa, (ADENE, 2012c).

Nas habitações existem diversas formas de aproveitamento de energias renováveis, quer por captação directa da energia solar a partir de elementos estruturais dos edifícios, quer mediante utilização de equipamentos específicos capazes de transformar energia proveniente do sol ou do vento em energia útil, (ADENE, 2012c).

Energia Solar

O Sol é uma fonte de energia praticamente inesgotável, constante e não prejudica o ambiente, fornecendo anualmente para a atmosfera terrestre uma quantidade de energia bastante significativa, que corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial anual. É importante salientar que em apenas 20 minutos, chega à atmosfera a mesma quantidade de energia que é consumida pela humanidade durante um ano, (COPREL).

Portugal apresenta um número médio anual de horas de Sol de aproximadamente 2500 horas, sendo um dos países da Europa com maior incidência de radiação solar (COPREL).

É possível conhecer o potencial de energia solar fotovoltaica na Europa e a irradiação solar global (figura 2.12), sendo esta a soma anual da irradiação solar sobre superfície horizontal e inclinada de forma optimizada (ver figura 3, anexo II).

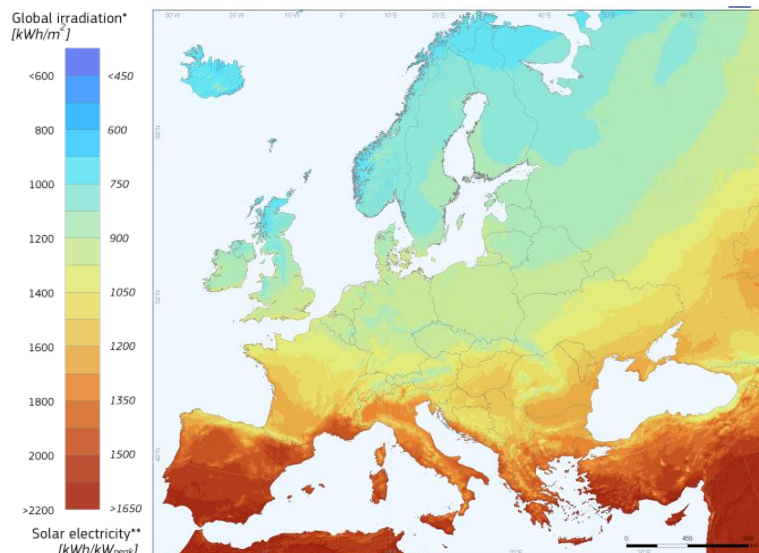


Figura 2.12 - Potencial de energia solar fotovoltaica em países europeus, (PVGIS, European Commission, 2001-2012).

O Sol é uma forma de energia que possui infinitas vantagens, pode ser captada, transformada e utilizada pelo homem em variadas aplicações.

A energia solar produz electricidade por aquecimento de um fluido ou através de células fotovoltaicas. Um milhão de metros quadrados de painéis solares, poupa 2,5% das importações de combustíveis fósseis, (APREN).

Algumas das principais vantagens são, (COPREL):

- Não polui durante o seu uso. A poluição resulta apenas do fabrico dos equipamentos utilizados para a construção dos painéis solares, mas actualmente, essa poluição é controlável;
- A manutenção das centrais é mínima;
- Com a evolução da tecnologia os painéis cada vez são mais potentes e simultaneamente o custo tem diminuído, o que torna a energia solar cada vez mais rentável do ponto de vista económico;
- É uma forma de energia óptima para utilizar em lugares remotos ou de difícil acesso, pois a instalação em pequena escala não obriga a grandes investimentos em linhas de transmissão;
- Mesmo nos dias nublados, os painéis utilizados para a captação da energia solar absorvem a radiação solar difusa permitindo aquecer água (no caso de energia solar térmica).

Também tem algumas desvantagens, tais como, (COPREL):

- A variação nas quantidades produzidas, conforme a situação climatérica, e além disso, não existe produção durante a noite, obrigando a meios de armazenamento da energia produzida durante o dia, em locais onde os painéis não estejam ligados à rede de transmissão de energia;
- Nos locais com latitudes médias e altas ocorrem bruscas quedas de produção durante os meses de Inverno, isto porque há uma menor disponibilidade diária de energia solar. Nos locais que se encontram frequentemente cobertos por nuvens, as variações diárias de produção oscilam consoante o grau de nebulosidade;
- Os modelos de armazenamento não são muito eficientes quando comparados com os combustíveis fósseis, por exemplo (carvão, petróleo e gás), e a energia hidroeléctrica (água).

Energia Solar Térmica

A energia solar térmica é o modo mais simples, eficiente e económico de produzir água quente para uso doméstico, (ENAT b).

Praticamente todas as pessoas já verificaram que a energia solar tem o poder de aquecer a água contida numa mangueira exposta à radiação solar, sendo esse mesmo o princípio de funcionamento de um painel solar, este absorve a energia térmica do sol e transfere-a para a água, (ENAT b).

As aplicações fundamentais são a produção de AQS, e o aquecimento de piscinas (é possível aplicar a piscinas de utilização anual ou sazonal, admitindo-se que os valores da temperatura de utilização variam entre 25-35°C), pode ainda complementar o sistema de aquecimento que utilize água a menos de 60°C (sistemas de piso radiante), (COPREL).

É implementada em edifícios novos podendo garantir uma parte significativa das necessidades de água quente sanitária, aquecimento e refrigeração, (ADENE, 2012c).

A refrigeração é uma das aplicações que poderá ser bastante rentável, pois as épocas do ano com maior incidência solar coincidem com as épocas de maior necessidade de refrigeração, (ADENE, 2012c).

Os sistemas de energia solar não são por si só suficientes, têm que estar apoiados em sistemas convencionais para produção de água quente, como é o caso de caldeiras a gás, ou a gasóleo, etc., isto porque, nas épocas de maior consumo não são suficientes, devendo existir um sistema capaz de atender às necessidades. Em épocas de menor consumo o excesso permanece em colectores sem uso, (ADENE, 2012c).

Um sistema solar térmico deve ter uma manutenção adequada, realizada por técnicos credenciados, (ADENE, 2012c).

Existem dois tipos principais de sistemas de energia solar térmica, os de circulação em termosifão e os de circulação forçada, (COPREL).

Sistema de circulação em termosifão:

A radiação solar incide sobre a cobertura de vidro que compõem a parte superior do colector solar, penetrando no interior do painel solar. O calor é transferido para o fluido que circula pela tubagem tornando-se menos denso, subindo do colector para o depósito. A permuta é feita para a água de consumo, o fluido térmico arrefece e desce para os colectores, fechando-se o ciclo. O depósito deve ficar sempre acima dos colectores solares (figura 2.13 e ver figura 4 do anexo II), (Energias Renováveis em Portugal).

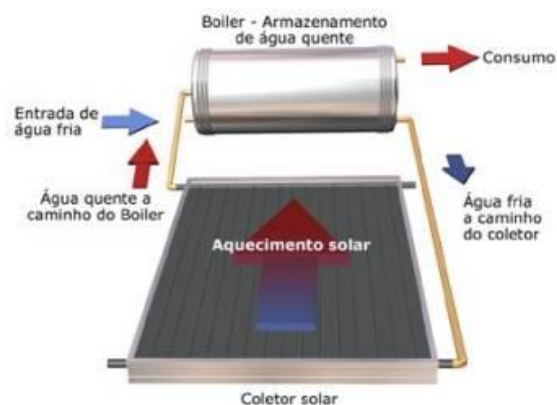


Figura 2.13 - Sistema de circulação em termosifão, (Energias Renováveis em Portugal).

Sistema de circulação forçada:

A radiação solar incide sobre a cobertura de vidro que compõe a parte superior do colectador solar, penetrando no interior do painel solar. O calor é transferido para o fluido que circula pela tubagem. O fluido quente circula em circuito fechado e transfere calor através da serpentina do depósito para a água de consumo. A circulação do fluido é gerida pelo controlador diferencial e pelo grupo de circulação em função das temperaturas medidas. Prevê um depósito no interior do edifício (figura 2.14 e ver figura 5 do anexo II), (Energias Renováveis em Portugal).

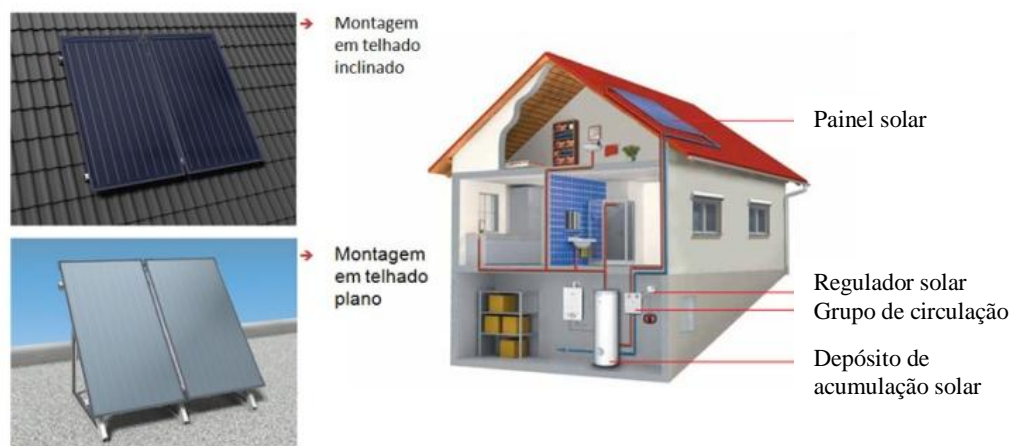


Figura 2.14 - Sistema de circulação forçada, (Energias Renováveis em Portugal).

Tabela 2.1 - Diferenças entre o sistema termossifão e o sistema de circulação forçada.

Sistema termossifão vs Sistema de circulação forçada	
<ul style="list-style-type: none"> - É composto por um depósito por cima do painel; - A instalação é mais simples; - O investimento é mais baixo; - Funciona de forma autónoma, sem recurso a bomba auxiliar para circulação do líquido; - A manutenção é mais simples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prevê um depósito no interior do edifício, pelo que obriga a ter espaço para a sua colocação; - Para quem se preocupa com a estética do painel e do edifício, é uma boa solução, dado que possibilita uma melhor integração arquitectónica; - Tem um rendimento superior, porque a gestão da energia é mais eficaz por ser regulada através de um controlador diferencial.

Energia Solar Fotovoltaica

O efeito fotovoltaico permite converter a radiação solar em energia eléctrica.

A conversão é possível através de células constituídas por sílica, fósforo e boro que, ao absorverem os raios solares produzem electricidade. A electricidade produzida pode ser armazenada numa bateria ou injectada directamente na rede eléctrica através de um inversor (transforma a energia gerada que é de CC em CA, figura 2.15), (APREN).

Ocorreu um grande desenvolvimento deste sector com a possibilidade das instalações ligadas à rede, pois possibilitou um crescimento exponencial da capacidade de produção e da potência instalada a nível mundial, (ADENE, 2012c).

O sistema de painéis fotovoltaicos para produção e venda de energia eléctrica em pequena escala, por parte de particulares, designa-se microgeração, sendo a mais comum a microgeração de 3,68kWp em

Regime Bonificado. A microgeração trata-se de um produto financeiro que proporciona um rendimento extra ao agregado familiar a longo prazo (25 a 30 anos) devidamente contratualizado com o estado e com a EDP, além disso, existe o benefício paralelo de contribuir para a travagem das alterações climáticas através da injeção na rede de energia limpa produzida através de fontes renováveis, (Sunergetic).

As instalações disponíveis actualmente são de dois tipos (ADENE, 2012c):

- Instalações isoladas da rede eléctrica: mais utilizadas na área da electrificação rural e em aplicações agrícolas, na área das sinalizações e comunicações, etc. Nestas instalações, toda a energia eléctrica que é produzida é consumida pelo produtor;
- Instalações ligadas à rede eléctrica: mais utilizadas em centrais fotovoltaicas ou instalações integradas ou sobrepostas nos edifícios. Neste tipo de instalação a energia produzida é vendida a uma tarifa regulada.

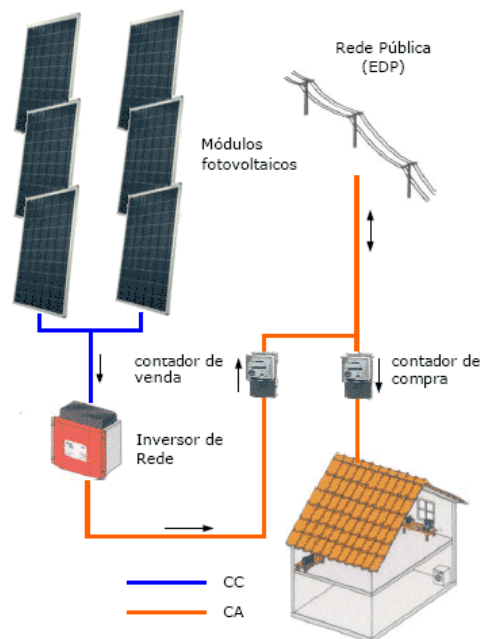


Figura 2.15 - Esquema de sistema fotovoltaico ligado à rede, (Solar - One).

Vantagens da tecnologia solar fotovoltaica, (Projecto EnerBuilding, 2008):

- Elevada fiabilidade, não possui peças móveis o que torna a sua aplicação mais prática;
- Adaptabilidade dos módulos, possibilitam montagens simples e adaptáveis a várias necessidades energéticas;
- A energia gerada durante o dia pode ser armazenada em baterias para ser utilizada nas horas de inexistência de insolação;
- Custo de operação reduzido e a manutenção é quase inexistente;
- Vantagens ambientais, isto porque o produto final é não poluente, silencioso e não perturba o ambiente.

Desvantagens da tecnologia solar fotovoltaica, (Projecto EnerBuilding, 2008):

- Custo de investimento elevado para o fabrico sofisticado dos módulos fotovoltaicos;
- Rendimento real de conversão de um módulo é reduzido, face ao custo do investimento;
- Os geradores fotovoltaicos raramente são competitivos do ponto de vista económico com os restantes tipos de geradores (por exemplo a gás/óleo), excepto quando existam reduzidas necessidades de energia em locais isolados e/ou em situações de grande preocupação ambiental;

- O custo do sistema fotovoltaico torna-se mais elevado sempre que é necessário armazenar energia sob a forma química (baterias).

As contas de electricidade ou gás, das famílias que aderirem à microprodução de energia, baixam significativamente, cerca de 70%, logo após a instalação dos painéis solares térmicos, (Projecto EnerBuilding, 2008).

Energia da Biomassa

A biomassa trata-se da matéria orgânica de origem animal ou vegetal, onde se incluem os resíduos orgânicos, suscetíveis de aproveitamento energético, (ADENE, 2012c).

Nesta categoria podem incluir-se as algas cultivadas ou colhidas na costa, os resíduos resultantes da actividade humana, como os subprodutos da floresta, da agricultura, da pecuária ou da exploração da indústria da madeira, e mesmo a parte biodegradável dos resíduos sólidos urbanos, que constituem matérias-primas para a produção de electricidade, de calor e de combustíveis para os transportes, (APREN).

As formas de utilizar a biomassa são directamente como combustível (biomassa sólida ou líquida) ou através da queima do produto da biodegradação de matéria orgânica (biogás). A utilização da biomassa residual florestal, apesar de exigir um processo de queima, não se traduz num aumento das emissões de gases com efeito de estufa, se analisarmos o seu ciclo de vida e tendo em conta que a fotossíntese realizada pelas árvores, que deram origem aos resíduos, possibilita a remoção de dióxido de carbono da atmosfera. A utilização destes resíduos para produção de electricidade tem um importante papel na minimização do risco de incêndio, mantendo os ecossistemas, se a limpeza das florestas for conjugada com o ordenamento do território, (APREN).

Um dos usos mais conhecidos da biomassa é o aproveitamento de lenha em habitações unifamiliares. É de destacar o elevado peso que a biomassa apresenta no balanço energético nacional, representando as lenhas cerca de 36% do consumo de energia final para aquecimento ambiente e produção de águas quentes, (Projecto EnerBuilding, 2008).

As aplicações da biomassa têm evoluído nas últimas décadas, incorporando equipamentos modernos, mais eficientes e versáteis para aquecimento ambiente. Existem diversos modelos de fogões e caldeiras a biomassa que se adaptam às necessidades dos utilizadores, (ADENE, 2012c).

A maioria das aplicações térmicas em edifícios ou redes centralizadas, permitem uma poupança de 10%, quando comparadas com o uso de combustíveis fósseis, podendo alcançar níveis maiores, consoante o tipo de biomassa, localização e tipo de combustível fóssil substituído, (ADENE, 2012c).

Os “pellets” ou grânulos de combustível são pequenos cilindros de madeira seca prensada (usualmente serrim e estilha provenientes da indústria da serração e resíduos da exploração florestal), com valores restritos e controlados de humidade, resina e água. Permitem que os equipamentos de aquecimento a biomassa se tornem vulgares em qualquer tipo de edifício. É uma solução economicamente viável relativamente a outras formas de energia, (Projecto EnerBuilding, 2008). Os recuperadores de calor a “pellets” apresentam elevados rendimentos de produção, dispo de funcionalidades variadas (controle de temperatura, alimentação automática, compactação automática de cinzas, ausência de produção de fumos...) que os tornam uma solução atractiva de aquecimento, (ENAT a).

Não estão sujeitos à subida dos preços dos combustíveis fósseis, como o gás e o gasóleo, sendo um combustível mais barato e ecológico e um recurso energético produzido localmente, (Projecto EnerBuilding, 2008).

A biomassa pode ser combinada com a energia solar térmica na produção de água quente e aquecimento, (ADENE, 2012c).

A instalação de fogões de sala com queima de “pellets” é uma opção que pode ser considerada na reabilitação de edifícios, tornando-os energeticamente mais eficientes, (Projecto EnerBuilding, 2008).

Energia Eólica

A energia eólica é a energia do vento, capaz de girar as pás das turbinas eólicas, transmitindo o seu movimento a um gerador que o converte em energia eléctrica, (ADENE, 2012c).

A tecnologia eólica tem assistido a uma enorme ascensão. Existem turbinas de diversos tamanhos e as de baixa ou muito baixa potência estão indicadas para serem instaladas em habitações isoladas ou em zonas muito ventosas. Para conseguir um bom rendimento é necessário que exista vento na maioria dos dias do ano, com uma média anual superior a 13 km/h, (Projecto EnerBuilding, 2008).

Os aerogeradores existentes no mercado para uso doméstico, com potência inferior a 10 kW, são utilizados para bombear água ou como mini geradores eólicos para a produção de energia eléctrica, (ADENE, 2012c).

Os sistemas híbridos complementam a energia eólica com a energia fotovoltaica, (Projecto EnerBuilding, 2008).

Actualmente, mais de 20% da electricidade consumida em Portugal tem origem eólica, (APREN).

Energia Geotérmica

A terra tem a capacidade de acumular energia solar sob a forma térmica, devido à sua elevada inércia térmica. A 5 m de profundidade a temperatura é aproximadamente 15°C, sem variações significativas, sendo estável todo o ano. Esta energia pode ser utilizadas para produção de água quente sanitária bem como para a climatização de espaços, (Projecto EnerBuilding, 2008).

Relativamente aos edifícios residenciais, a energia geotérmica pode ser aproveitada através de bombas de calor. É captada por circuitos de tubagens enterradas onde circula um fluido de transferência, geralmente água e um aditivo anti-congelante. No Inverno, a energia é libertada para o espaço a aquecer através de uma bomba de calor. No Verão, o excesso de calor do espaço a arrefecer é transferido para o solo, (Projecto EnerBuilding, 2008).

Os custos de instalação deste tipo de sistemas são muito elevados, por isso, o investimento só é rentável em circunstâncias favoráveis muito específicas, (Projecto EnerBuilding, 2008).

Um exemplo prático da utilização deste tipo de energia é o Edifício Solar XXI, no qual foi integrado um sistema de arrefecimento pelo solo, através de tubos de cimento (por ser um material de grande condutibilidade, facilitando as trocas de calor) enterrados a 4,6 m (“permutador de calor”), que permitem a “transferência de calor” do ar com a fonte fria (terra), arrefecendo o ar a ser injectado no interior do edifício durante o Verão, (INETI, 2005).

A ideia fundamental para a concepção deste sistema resultou do facto de naquele local o solo ter uma temperatura que ronda os 16 a 18°C, enquanto que a temperatura do ar pode subir até aos 35°C, o que significou que existia um potencial de frio na terra interessante para arrefecer o ar injectado no interior do edifício, (INETI, 2005).

O ar concentra-se num poço de alimentação, a 15 m do edifício, percorrendo as condutas de cimento e entra no edifício pelo piso enterrado, através de condutas de PVC (já não se coloca a questão das trocas de calor) (ver figuras 6 e 7 do anexo II). A tubagem sobe na vertical efectuando-se a distribuição do ar de forma individual para as salas do piso térreo e do piso 1, cada sala recebe dois

tubos e respectivas saídas de ventilação que o utilizador pode controlar em termos de abertura e fecho (ver figura 8 do anexo II), (INETI, 2005).

É o conjunto de estratégias de ventilação (diurna e nocturna) que determina o nível de cargas no interior do edifício e respectiva temperatura, sendo que o sistema de arrefecimento pelo solo complementa a estratégia de ventilação, (INETI, 2005).

2.3 REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Nos últimos anos verificou-se um elevado ritmo de construção nova, no entanto, o parque edificado português, em especial o sector residencial, encontra-se envelhecido, (DGEG, 2004c).

O índice de envelhecimento dos edifícios, em Portugal, em 2001 era de 98,71, aumentando bastante em 10 anos atingindo um índice de 176,35 em 2011 (figura 2.16), no entanto o parque habitacional português não se encontra muito degradado, segundo o INE, (INE, 2012a).

O índice de envelhecimento dos edifícios em 2011 foi calculado através da equação 2.1:

$$\left(\frac{\text{Edifícios construídos até 1960}}{\text{Edifícios construídos após 2001}} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 2.1})$$

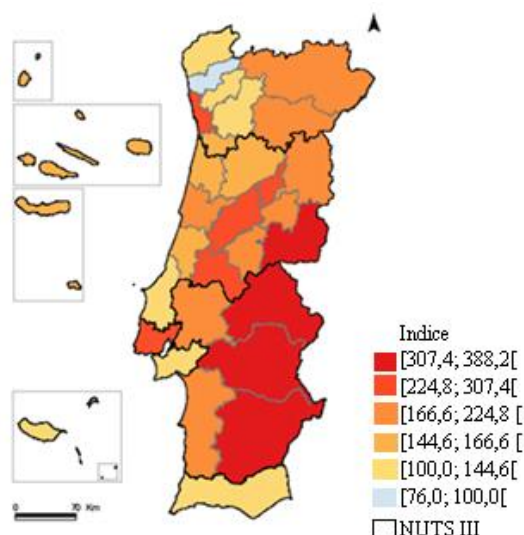


Figura 2.16 - Índice de envelhecimento dos edifícios, em Portugal, no ano 2011, (INE, 2012a).

Segundo os Censos 2011, (INE, 2012a), a maioria dos edifícios encontram-se em bom estado de conservação, conforme a figura 2.17.

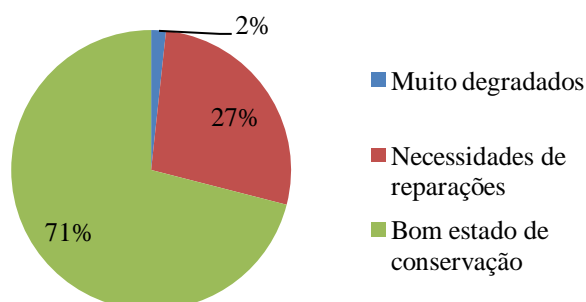


Figura 2.17 - Estado de conservação dos edifícios, em Portugal, (INE, 2012a).

Grande parte dos edifícios que constituem o parque habitacional português apresentam uma deficiente qualidade térmica e energética, por isso, são necessárias intervenções de fundo com o objectivo de melhorar as condições de habitabilidade. Estas deficiências, presentes em muitos edifícios, devem-se sobretudo ao facto de na época em que foram construídos não existir regulamentação referente ao desempenho térmico da sua envolvente, o que se traduz especialmente em envolventes com um isolamento térmico insatisfatório, (DGEG, 2004c).

Para dar resposta à crise que o sector da construção atravessa deve apostar-se no aumento da actividade de reabilitação de edifícios, contribuindo para a revitalização das cidades, requalificando áreas abandonadas ou parcialmente destruídas, (Fernandes, et al., 2013).

Em Portugal, existe uma enorme oferta de construção nova, maior que a procura. No entanto, segundo os Censos de 2001, 58% dos edifícios necessitam de algum tipo de intervenção. É de salientar o facto do consumo de energia ser o terceiro sector que mais contribui para a emissão de gases de efeito de estufa, sendo que 30% do consumo de energia total deve-se aos edifícios de habitação e serviços. Importa, por isso, aplicar medidas de reabilitação que contribuam para um melhor comportamento térmico-energético visando um aumento de eficiência energética e uma redução de emissões de gases de efeito de estufa, apoiando o cumprimento dos objetivos estabelecidos pelo Protocolo de Quioto, (Fernandes, et al., 2013).

Com a prática correcta e consciente da actividade de reabilitação de edifícios pretende-se criar edifícios mais confortáveis, mais eficientes, de baixo consumo, preparados para a NZEB (com necessidades energéticas quase nulas) e de energia positiva. Para tal é importante o conhecimento do parque edificado, a realidade social e económica e os consumos e consumidores de energia; definir estratégias integradas de reabilitação, térmico-energética; criar apoios e incentivos; promover e divulgar boas práticas tradicionais ou inovadoras; promover a interiorização de comportamentos, atitudes e expectativas orientadas para a eficiência energética e a sustentabilidade, (Pina dos Santos, 2012).

Existem vários programas e planos no sector da requalificação urbana, e respectivo quadro legal, que mostram a relevância atribuída a este processo para o desenvolvimento sustentado das áreas urbanas. A requalificação urbana engloba a renovação, reestruturação ou reabilitação urbana, que fomentam a valorização do ambiente e tornam o espaço urbano mais funcional. Na figura 2.18 encontra-se a evolução ao longo dos anos das obras de reabilitação do edificado (alterações, ampliações e reconstruções) bem como das obras de construção nova, estas últimas têm vindo a diminuir, no entanto, continuam muito superiores às obras de reabilitação, (INE, 2011).

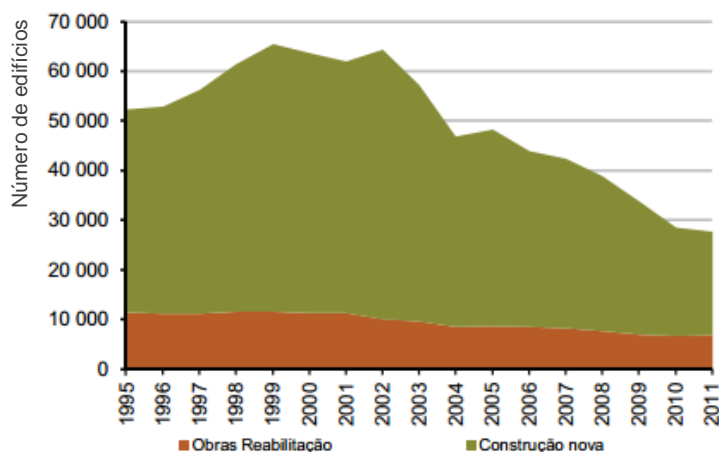


Figura 2.18 - Reabilitação do edificado e construções novas, em Portugal, 1995-2011, (INE, 2011).

Perante os resultados apresentados na figura 2.18, fica claro que existem duas fases de crescimento distintas, no período de 1995 a 2011. Até 2002 as obras de reabilitação estabilizaram e conjuntamente,

as obras de construção nova tiveram um aumento significativo. Posteriormente, a partir de 2003, ocorre uma ligeira quebra nas obras de reabilitação, associada a uma diminuição acentuada de construção nova.

A proporção da reabilitação face à construção nova tem registado um crescimento médio anual de 5% na última década, (INE, 2011).

Analisando os últimos anos, conclui-se que desde 2008 a 2012 a percentagem de obras de reabilitação realizadas tem vindo a aumentar ainda que de forma pouco significativa, conforme a figura 1 do anexo III. A maior parte são obras de ampliação, posteriormente surgem as obras de alteração e só depois as obras de reconstrução.

Para uma reabilitação integrada, as propostas de medidas sustentáveis para o património residencial existente são as seguintes, (Pina dos Santos, 2012):

- Corrigir situações anómalas (patologias construtivas e ambientais) e aspectos críticos para a satisfação de requisitos básicos de desempenho dos edifícios;
- Dar prioridade às medidas passivas simples que contribuem para uma melhoria das condições de conforto térmico (como por exemplo: protecção solar, ventilação natural/estanquidade ao ar controlada, isolamento térmico de coberturas inclinadas e em terraço, dupla janela, ou janela com vidro duplo);
- Limitar o crescimento dos consumos energéticos nas habitações devido ao aquecimento, arrefecimento, AQS e equipamentos domésticos;
- Ligar a reabilitação térmico-energética com medidas mais complexas e com mais viabilidade económica a outras intervenções de manutenção e de reabilitação da envolvente, dos equipamentos e dos espaços interiores;
- Sensibilizar os utilizadores para um conforto mais natural (adaptativo);
- Utilizar de forma rotineira e racional os dispositivos passivos e activos de controlo/adaptação das condições ambientes interiores;
- Optar soluções passivas e activas adaptada à realidade construtiva, social e económica nacional;
- Preferir medidas simples, económicas, fiáveis e de baixo custo de ciclo de vida (fabrico, instalação, operação e manutenção);
- Utilizar de forma racional e consciente todos os equipamentos consumidores de energia.

As vantagens da reabilitação energética de edifícios

As situações de inadequação funcional dos edifícios podem ser corrigidas através da actividade de reabilitação térmica e energética de edifícios. Proporcionando a redução do consumo de energia para aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação, contribuindo para a redução das necessidades energéticas do país e possibilitando a correcção de patologias associadas à presença de humidade e à degradação do aspecto nos edifícios, (DGEG, 2004c).

Os obstáculos à reabilitação de edifícios

Além do parque habitacional português estar envelhecido, encontra-se algo degradado por diversos motivos. Um dos motivos mais importantes são as dificuldades sentidas no cumprimento da legislação relativa à conservação dos edifícios, (DGEG, 2004c).

É de notar que actualmente, os donos de obra, empreiteiros e projectistas estão cada vez mais sensibilizados para as vantagens da reabilitação, em particular, da reabilitação térmico-energética. No entanto, continua a existir uma enorme aplicação indiscriminada de soluções, que aparentemente não fazem sentido, e algumas das soluções executadas afectam negativamente a durabilidade das construções, a qualidade do ar interior e a segurança dos utentes, principalmente no que diz respeito à

redução da permeabilidade ao ar e ao vapor de água da envolvente e à adopção de soluções que não têm em conta outros aspectos de desempenho global, tais como, deformações higrométricas, reacção ao fogo, entre outros, (Fernandes, *et al.*, 2013).

Quando as obras de reabilitação são levadas a cabo por condomínios ou particulares, normalmente não são aplicadas soluções que beneficiem o edifício do ponto de vista térmico-energético, por falta de capacidade de investimento ou por desconhecimento das soluções a aplicar. Habitualmente as medidas adoptadas causam uma redução da permeabilidade ao ar dos vãos exteriores e um aumento do isolamento térmico em paredes (pelo exterior) e em coberturas inclinadas. Muitas vezes verifica-se a falta ou perda de ventilação natural ou mecânica nos edifícios de habitação, por desconhecimento das necessidades de ventilação por parte dos donos de obra. Existe ainda o problema da aplicação de materiais não compatíveis com materiais já existentes, devido ao desconhecimento dos problemas que daí resultam, (Fernandes, *et al.*, 2013).

Considera-se portanto bastante importante, a criação de mecanismos de informação e de formação, que permitam intervir no parque edificado de forma consciente e com conhecimento, garantindo a efectiva melhoria do seu desempenho global e a sua durabilidade, (Fernandes, *et al.*, 2013).

2.4 O QUADRO LEGAL PARA APOIO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

Em 1998, foi aprovado e assinado em Nova Iorque, o Protocolo de Quioto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas. O Protocolo de Quioto foi o primeiro tratado jurídico internacional que, de forma explícita, pretende limitar as emissões quantificadas de gases de efeito de estufa, GEE, dos países desenvolvidos. No entanto, o Protocolo deixou em aberto questões indispensáveis para a sua plena operacionalidade.

Este visa garantir o combate efectivo às alterações climáticas, através do estabelecimento de compromissos quantificados de limitação ou redução das emissões dos seis principais GEE, por si regulados e tendo em vista uma redução global das mesmas, em pelo menos, 5% abaixo dos níveis de 1990. Portugal deve limitar o aumento das suas emissões em 27%.

O Protocolo visa aumentar o nível de eficiência energética em todos os sectores da economia, investigar e promover a aplicação de tecnologias inovadoras não nocivas para o ambiente e encorajar a criação de novas políticas e medidas que limitem ou reduzam os GEE.

Para alcançar as metas pretendidas foram criados um conjunto de planos de acção e de directivas ao nível da UE, transpostas posteriormente para políticas nacionais (figura 2.19).



Figura 2.19 - Esquema da engrenagem de políticas a nível internacional, europeu e nacional.

A tabela 2.2 apresenta um conjunto de documentos políticos europeus e nacionais de apoio à eficiência energética dos edifícios.

Tabela 2.2 - Documentos políticos europeus referentes à eficiência energética dos edifícios.

Documento político europeu	Assunto	Objectivos	Transposição dos documentos políticos europeus para a ordem jurídica interna
Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009	Promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis.	<p>Apoiar a demonstração e comercialização das tecnologias de produção descentralizada de energia renovável.</p> <p>Introduzir nos regulamentos nacionais e códigos de construção, medidas adequadas para aumentar a quota de todos os tipos de energia proveniente de fontes renováveis no sector da construção.</p> <p>Estados-Membros podem ter em conta as medidas nacionais relativas a um aumento substancial da eficiência energética e à co-geração, bem como aos edifícios passivos, de baixa energia ou de energia zero.</p>	Decreto-Lei n.º 39/2013 de 18 de Março
Directiva 2009/125/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Outubro de 2009 (reformulação)	Criação de um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia.	Deverá ser incentivada a contínua melhoria do impacto ambiental e as poupanças de energia dos produtos relacionados com o consumo de energia, desde que essa melhoria não implique custos excessivos.	Decreto-Lei n.º 12/2011 de 24 de Janeiro
Directiva 2010/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010 (reformulação) e Regulamentos Delegados ,	Indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos.	<p>Informar os consumidores acerca do consumo específico de energia dos produtos. O que permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Orientar a escolha dos consumidores no sentido de optarem pelos produtos que consomem menos energia e outros recursos durante a sua utilização; - Incentivar a utilização racional desses produtos; <p>-as etiquetas energéticas passaram a ser adoptadas produto a produto.</p>	Decreto-Lei n.º 63/2011 de 9 de Maio Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto e Portarias
entre eles, Regulamento Delegado (UE) N.º 874/2012 da Comissão de 12 de Julho de 2012	Contempla a Directiva 2010/30/UE no que respeita a rotulagem energética das lâmpadas eléctricas e luminárias.	Reduzir consideravelmente o consumo de energia das lâmpadas.	-

Documento político europeu	Assunto	Objectivos	Transposição dos documentos políticos europeus para a ordem jurídica interna
Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010 (reformulação)	Desempenho energético dos edifícios.	Promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios, adoptando metodologias que tenham em conta as condições climáticas locais, bem como o ambiente interior e a rentabilidade económica.	Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto
Directiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Outubro de 2012	Eficiência Energética	<p>Criar medidas de melhoria da eficiência na utilização final de energia que levam à:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Redução do consumo de energia primária; - Redução das emissões de CO₂ e de outros gases com efeito de estufa; - Prevenção de alterações climáticas perigosas; - Possibilidade de explorar potenciais economias de energia, numa perspectiva de custo-eficácia, de uma forma eficiente em termos económicos. <p>Criar medidas de melhoria de gestão da procura de energia.</p> <p>Promover a procura de energia a partir de fontes renováveis, criando maiores incentivos.</p>	<p>Decreto-Lei n.º 319/2009 (Relativo à directiva 2006/32/CE revogada pela Directiva 2012/27/UE)</p> <p>Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013</p>

EPBD recast

A Comissão Europeia reconheceu o incumprimento parcial da Directiva 2002/91/CE (EPBD – Energy Performance of Buildings Directive), por parte de alguns estados membros, o que impulsionou a sua revisão e substituição pela Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, a fim de reforçar os requisitos de desempenho energético, bem como, clarificar e simplificar algumas disposições.

A Directiva 2010/31/UE foi aprovada no final de 2009 apresentando novas exigências. A transposição para nível nacional da Directiva, em 2013, possibilitou melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respectivos regulamentos (SCE, RSECE, RCCTE).

Para facilitar a compreensão relativamente à evolução da legislação referente ao sistema de certificação, apresenta-se na figura 2.20 uma régua cronológica com a legislação.

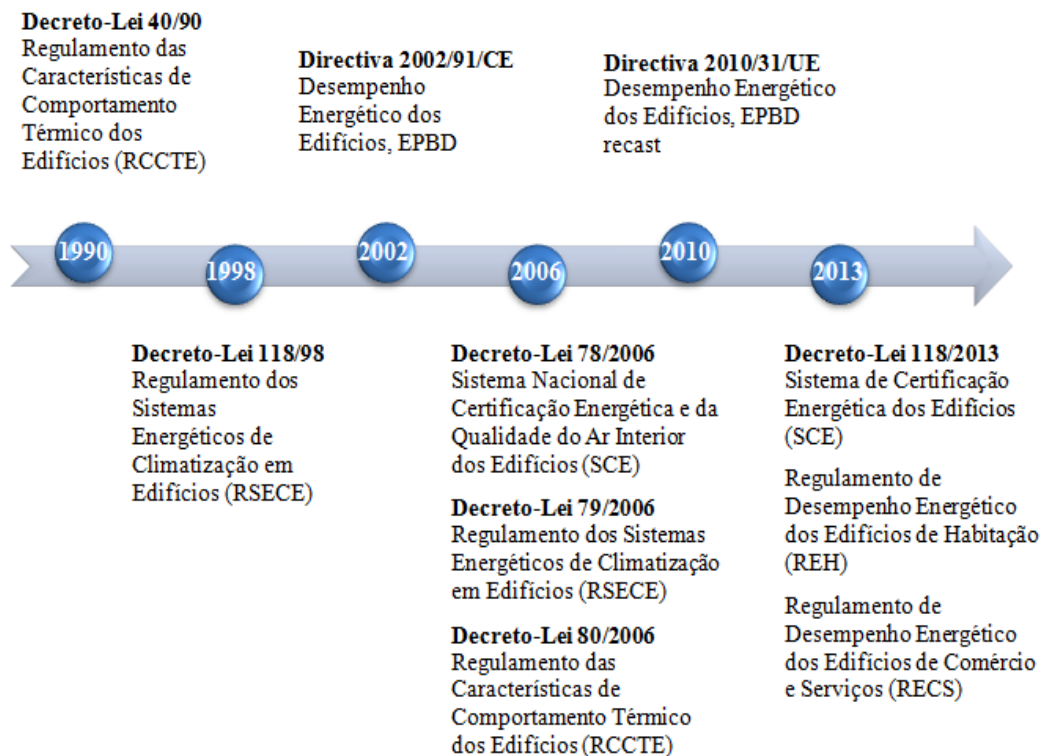


Figura 2.20 - Evolução cronológica da legislação relativamente ao Sistema de Certificação Energética.

A nova EPBD aumenta os requisitos relativamente à primeira, lançada oito anos antes. Tem como objectivo europeu “UE 20-20-20” em 2020, isto é, pretende que:

- Ocorra uma redução de 20% nas emissões de gases de efeito de estufa
- 20% da energia utilizada tenha proveniência em fontes renováveis;
- Ocorra um aumento de 20% na eficiência energética.

Prevê metas ambiciosas a nível nacional e planos de incentivos para recuperação do parque edificado existente e para construção de novos “edifícios de energia quase zero”.

Um novo desafio lançado pela EPBD é o facto de, na execução de um projecto, ser necessário garantir que os requisitos aplicáveis têm em conta a viabilidade económica das soluções.

Tem em consideração exigências relativas ao nível óptimo de rentabilidade, calculado com base numa metodologia que permite identificar edifícios de referência, verificar eventuais pacotes de medidas de melhoria a implementar, calcular as necessidades energéticas, calcular os custos do ciclo de vida do edifício e comparar os valores obtidos com requisitos da legislação actual. Pretende avaliar se os requisitos previstos na legislação se adequam a um custo global dentro do que se entende como a melhor prática e melhor relação custo/benefício.

Em Portugal a legislação em vigor, em 2010, já exigia mais do que havia sido proposto pela EPBD de 2002, no entanto, a nova EPBD veio adicionar exigências aos Decretos-Lei n.º 78, 79 e 80, tais como, (Fonseca, *et al.*, 2011; Maldonado, 2010):

- Melhorar significativamente os requisitos mínimos para a envolvente de edifícios, numa perspectiva de custo óptimo durante o ciclo de vida, nos edifícios novos e em todas as reabilitações;

- Serão abrangidas pela SCE todas as reabilitações de edifícios independentemente do seu tamanho, abolindo progressivamente até 2020, o limite de 1000 m² para a aplicação dos regulamentos em casos de grandes reabilitações;
- A obrigatoriedade de, em 2020, todos os novos edifícios apresentarem um balanço energético próximo do zero, NZEB;
- Aceleração da integração de energias renováveis;
- Obrigação a que todos os anúncios para venda ou arrendamento de imóveis indiquem a respectiva classe de desempenho energético;
- A atribuição de uma maior responsabilidade ao sector público, que deve servir de exemplo na aplicação dos regulamentos (a partir de 2018 todos os edifícios que venham a ser ocupados por entidades públicas terão de ter necessidades energéticas quase nulas);
- A afixação dos Certificados em edifícios públicos deve ser visível (a partir de 2012 para edifícios com A> 500 m² de área útil, a partir de 2015 para edifícios com A> 250 m² de área útil).

A transposição para o direito nacional da EPBD reformulada resultou na criação de um único diploma, Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, que inclui 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).

É de salientar a importância da nova EPBD no que respeita à forma de concepção dos edifícios e à mudança de hábitos de consumo de energia nos mesmos. As envolventes termicamente mais eficientes, a utilização de equipamentos mais eficientes e o recurso à utilização de energias renováveis estão na base das mudanças a adoptar. A certificação energética é extremamente relevante para o aumento da eficiência energética, (ADENE, 2012a).

As exigências de conforto cada vez maiores nas habitações, os excessivos consumos de recursos energéticos e naturais que a utilização e construção de edifícios obrigam e as preocupações inerentes ao impacto que estas atitudes têm provocado no ambiente, tornam cada vez mais evidente que é urgente proceder a mudanças no ciclo de vida dos edifícios. Para que seja possível alcançar uma gestão eficiente dos recursos é importante adoptar medidas de eficiência energética.

É insustentável manter os padrões de consumos energéticos actuais. É importante agir com vista a inverter esses padrões.

Com o objectivo de alcançar resultados, Portugal desenvolveu planos e programas específicos que visam dinamizar medidas e concretizá-las de forma mais efectiva.

Após a revisão realizada aos planos PNAEE e PNAER, as medidas difíceis de quantificar ou com um impacto reduzido originaram medidas novas mais eficazes, reforçando as já existentes de menor custo e maior facilidade de implementação.

Para que se alcancem todos os objectivos propostos nestes e noutros planos existentes (tabela 2.3) criaram-se ferramentas estratégicas que permitem avaliar e monitorizar o impacto das medidas implementadas.

Tabela 2.3 - Planos e Programas nacionais de acções no âmbito da eficiência energética dos edifícios.

Planos e Programas	Quadro legal	Observações
ENE2020 , Estratégia Nacional para a Energia	Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010	Os objectivos são a promoção da eficiência energética e a aposta nas energias renováveis e endógenas.
FEE , Fundo de Eficiência Energética	Decreto-Lei n.º 50/2010 de 20 de Maio Portaria n.º 26/2011 de 10 de Janeiro	Tem o objectivo de financiar os programas e medidas previstas ou não, no PNAEE desde que contribuam para a eficiência energética.
ECO.AP , Programa de Eficiência Energética na Administração Pública	Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011	Visa promover a eficiência energética na Administração Pública. Tem como objectivo reduzir a factura energética em 30% até 2020 com a consequente redução de emissões de CO ₂ .
PNAEE 2016 , Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética PNAER 2020 , Plano Nacional de Acção para Energia Renováveis	Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013	A revisão conjunta dos planos visa alinhar os objectivos de ambos em função do consumo de energia primária e da necessária contribuição do sector energético para a redução de emissões de gases de efeito de estufa.
Portal Renováveis na hora , microprodução e miniprodução	Microprodução: Decreto-Lei n.º 118-A/2010, de 25 de Outubro e Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de Fevereiro. Miniprodução: Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de Fevereiro.	É um portal que permite o registo no SRM ou SRMini, Sistema de Registo da microprodução e miniprodução, respectivamente, e contém informações úteis ao produtor.
PPEC 2013-2014 , Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica	Despacho n.º 423/2014, de 9 de janeiro	É disponibilizada a lista das medidas vencedoras, que foi avaliada pela ERSE, na perspectiva da regulação económica, e pela DGEG, na perspectiva da política energética. Pela 5ª edição tem como objetivo prioritário, apoiar financeiramente iniciativas que promovam a eficiência e redução do consumo de eletricidade nos diferentes segmentos de consumidores.

Além das directivas europeias e dos planos e programas nacionais, alguns municípios criaram agências de energia que desempenham um papel muito importante no desenvolvimento energético dos mesmos, constituindo para a RNAE, Rede Nacional de Agências de Energia e Ambiente, elementos fundamentais na concretização de estratégias comunitárias, nacionais e municipais.

Os objectivos destas Agências assentam na racionalização da energia, no recurso a fontes de energia renováveis e no desenvolvimento técnico e económico do sector energético, com a máxima rentabilização dos seus recursos endógenos. Além disso, as agências assumem um papel de agentes incansáveis na coordenação, promoção, dinamização e informação de acções que visem os seus objectivos.

Relativamente à eficiência energética de edifícios a execução de diagnósticos energéticos tem sido a principal linha de acção das agências, quer em termos de edifícios municipais, quer em infra-estruturas industriais e de serviços, com objectivos claros: reduzir a factura de energia, otimizar os contratos de energia eléctrica, apoiar na elaboração de projectos e no caderno de encargos na área da utilização racional de energia, entre outros.

Em Portugal existem diversas agências municipais de energia, na tabela 1 do anexo IV apresentam-se algumas dessas agências bem como alguns dos seus projectos já finalizados e em curso.

2.5 DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS

O desempenho energético dos edifícios trata-se da energia necessária para a utilização típica do edifício.

Segundo a Directiva 2010/31/UE, de 19 de Maio de 2010, entende-se por desempenho energético dos edifícios “a energia calculada ou medida necessária para satisfazer a procura de energia associada à utilização típica do edifício, que inclui, nomeadamente, a energia utilizada para o aquecimento, o arrefecimento, a ventilação, a preparação de água quente e a iluminação”, (Directiva 2010/31/EU).

Devem ser tomadas medidas que melhorem o desempenho energético dos edifícios, tais medidas proporcionam benefícios aos seus utilizadores a vários níveis, (AREAM):

- **Conforto:** o comportamento térmico adequado dos edifícios propicia condições mais favoráveis de temperatura e humidade no seu interior, protegendo das adversidades climatéricas;
- **Saúde:** melhorando as características térmicas dos edifícios previne-se alergias e doenças respiratórias e reumáticas, causadas pelas variações bruscas de temperatura e pela presença de humidade e fungos no interior dos edifícios;
- **Economia:** o isolamento térmico e a protecção solar adequada reduzem substancialmente as necessidades de aquecimento e arrefecimento, logo os custos com a energia diminuem, além disso ainda contribuem para uma melhor conservação dos edifícios;
- **Ambiente:** a redução dos consumos de energia não é favorável apenas do ponto de vista económico mas também do ponto de vista ambiental, tendo consequências favoráveis na exploração de recursos naturais e nas emissões poluentes, com benefícios a nível local e global.

Habitualmente, as soluções de melhoramento incidem em aspectos como o isolamento térmico, protecção solar, ventilação natural e iluminação natural.

2.5.1 Metodologias para a Avaliação do desempenho energético de edifícios

Sistemas de avaliação ambiental de edifícios

A certificação da sustentabilidade nas construções é possível apenas devido à criação de sistemas de avaliação ambiental de edifícios. Os sistemas de avaliação sofrem sucessivas avaliações, estando o seu campo de aplicação em constante mudança e ampliação. Um dos objectivos que mais se destaca neste momento é “desenvolver e implementar uma metodologia consensual que sirva de suporte à concepção de edifícios sustentáveis, que seja, ao mesmo tempo, prática, transparente e suficientemente flexível, para que possa ser facilmente adaptada aos diferentes tipos de edifícios e à constante evolução tecnológica que se verifica no domínio da construção”, (Amado, M. *et al*, 2009).

A maioria dos sistemas de avaliação é baseada em legislação local, regulamentos e soluções construtivas convencionais, com a indicação do peso de cada parâmetro e indicador na avaliação, o qual é predefinido de acordo com a realidade ambiental, sociocultural e económica do local. Como consequência, diversos países necessitaram de desenvolver um sistema próprio de avaliação da sustentabilidade, (Amado, M. *et al*, 2009).

Foram implementados em vários países, diferentes sistemas de avaliação ambiental de edifícios. Inicialmente surgiram na Europa, mais propriamente no Reino Unido, com o BREEAM, alastrando-se pelos países da América, como é o caso do LEED, desenvolvido nos Estados Unidos da América. Actualmente, países como Portugal, Japão, Austrália, entre outros, criaram os seus próprios sistemas.

Além dos sistemas de avaliação referidos anteriormente existem muitos outros, tais como:

- **BREEAM** (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), Reino Unido;
- **HQE** (*Haute Qualité Environnementale des Bâtiments*), França;
- **BEPAC** (*Building Environmental Performance Assessment Criteria*), Canadá;
- **LEED** (*Leadership in Energy & Environmental Design*), Estados Unidos da América;
- **GBC** (*Green Building Challenge*), Canadá;
- **CASBEE** (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*), Japão;
- **LiderA** (Liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade na construção), Portugal;
- **NABERS** (*National Australian Built Environment Rating System*), Austrália;
- **EnergyStar**, EUA.

Contudo, os sistemas de avaliação e certificação mais relevantes e com maior aplicabilidade a nível mundial são o BREEAM, o LEED, o GBC e o EnergyStar. É também importante referir o LiderA por se tratar de um sistema de avaliação desenvolvido em Portugal.

BREEAM (BREEAM; Baldwin, *et al.*, 1990; Baldwin, *et al.*, 1998)

O BREEAM surgiu no início da década de 1990, no Reino Unido, como sendo o primeiro método de avaliação de desempenho ambiental de edifícios. O método foi desenvolvido por investigadores do *Building Research Establishment* (BRE) e do sector privado, em parceria com a indústria, com o objectivo da especificação e avaliação de desempenho dos edifícios.

Este sistema oferece não apenas diretrizes que visam minimizar os efeitos negativos dos edifícios nas áreas onde se inserem, mas também tem como objetivo promover um ambiente interno saudável e confortável abordando questões relacionadas com a energia, o ambiente, a saúde, produtividade, oportunidades de melhoria e benefícios financeiros. Alguns dos objectivos deste método são:

- Diferenciar os edifícios de menor impacte ambiental no mercado;

- Incentivar a utilização de melhores práticas ambientais em todas as fases do ciclo de vida do edifício;
- Criar parâmetros e padrões que não são impostos na legislação;
- Realçar a importância e os benefícios de edifícios com menor impacto ambiental aos proprietários, ocupantes, projectistas e operadores.

Com vista a corresponder aos avanços de investigações, a alterações de regulamentação e do mercado, o sistema é actualizado a cada 3 a 5 anos.

O BREEAM é muito utilizado pois adapta-se a vários países como Hong Kong e Canadá. Trata-se de um sistema abrangente tratando aspectos como energia, impacto ambiental, saúde, produtividade, oportunidade para melhoria, vantagens financeiras entre outros, e aplica-se a praticamente todo o tipo de edifícios, existindo diferentes versões consoante o tipo de edifício (edifícios de habitação, tribunais, hospitais, escolas, prisões, edifício comerciais).

O sistema avalia edifícios novos ou submetidos a reformas e edifícios existentes e em uso, recorrendo a metodologias diferentes. Sendo utilizadas respectivamente, uma checklist e questionários. Relativamente a edifícios novos ou submetidos a reformas, são estudados os parâmetros de desempenho ambiental e consideradas questões referentes às fases de projecto e execução, no que respeita os edifícios em uso são considerados os parâmetros básicos de desempenho e questões referentes à operação e gestão do edifício. Ambos contemplam várias áreas de avaliação, possuindo cada área uma ponderação conforme a importância determinada pelo sistema.

As ponderações associadas a cada área permitem a obtenção do índice de desempenho ambiental (*EPI - Environmental Performance Index*) que indica qual a classe de desempenho. A classificação divide-se em vários níveis de certificação, sendo eles: *Unclassified, Pass, Good, Very Good, Excellent e Outstanding*.

GBC (Cole, *et al.*, 2000; iiSBE; Silva, 2007)

O objectivo deste sistema é desenvolver um método para a avaliação do desempenho ambiental de edifícios, com vista à sua adequação às diferentes tecnologias, tradições construtivas e valores culturais de diferentes regiões do mesmo país ou de países diferentes.

O GBC começou a ser desenvolvido em 1996, contou com a colaboração de mais de 75 equipas de diversos países e tem vindo a sofrer alterações ao longo de várias conferências realizadas especificamente para o efeito – GBC’98 (Canadá), SB2000 (Holanda), SB’02 (Noruega), SB’05 (Japão), SB’08 (Austrália).

Os objectivos do sistema GBC são:

- Melhorar constantemente o estado da arte das metodologias de avaliação da performance ambiental dos edifícios;
- Manter um controlo sobre as questões de sustentabilidade, determinando a sua relevância para a construção sustentável;
- Proporcionar conferências que promovam a troca de conhecimentos entre a comunidade de investigadores da construção sustentável e os intervenientes no sector da construção.

Para avaliar a performance ambiental e energética dos edifícios, aplicando os pressupostos do sistema GBC, utiliza-se a ferramenta SBTool.

O método consiste num sistema hierárquico de critérios de avaliação ambiental de edifícios, que procura comparar internacionalmente as edificações, originando resultados fiáveis e com fonte científica, respeitando sempre as particularidades locais. As áreas de avaliação são aplicadas a vários tipos de edifícios, estados de desenvolvimento e regiões.

Em 2009 foi lançado o sistema SBTool PT-H, desenvolvido pela Universidade do Minho. Este sistema baseia-se no SBTool e apoia-se na sustentabilidade. Está adaptado à habitação e reabilitação (PCS).

O sistema de avaliação tem em conta critérios qualitativos e quantitativos, sendo a pontuação atribuída de acordo com uma escala de desempenho que varia de -2 a +5. O resultado final é obtido através da ponderação das pontuações atribuídas a cada categoria.

LEED (USGBC; Meisel, 2010)

Este sistema foi desenvolvido em 1998, nos Estados Unidos, pelo USGBC, *United States Green Building Council*, surgiu após a consciencialização para a necessidade de criar um sistema que permitisse definir e avaliar a construção sustentável.

Sistemas anteriores como BREEAM (Reino Unido) e BEPAC (Canadá) evidenciaram um desenvolvimento na consciencialização e no critério de selecção dos consumidores, estimulando os proprietários e construtores a conceber edifícios ambientalmente inovadores. O que incentivou a criação do LEED, com a finalidade da classificação ambiental de edifícios para os profissionais e para a indústria da construção, pretendendo estimular a criação de edifícios ambientalmente responsáveis e lucrativos, bem como lugares saudáveis para viver e trabalhar.

No início o sistema apenas se adaptava a edifícios comerciais, actualmente é mais abrangente, existindo várias versões para diferentes utilizações – LEED-NC (New Construction and Major Renovations), LEED-H (Home), LEED-EB (Existing Buildings), LEED-CI (Commercial Interiors), LEED-S (Schools), LEED-HC (Healthcare), LEED-R (Retail), LEED-CS (Core and Shell Development), LEED-ND (Neighborhood Development).

Este sistema de avaliação tem como base uma lista de indicadores de carácter classificatório, a partir dos quais se analisa a eficiência ambiental potencial do edifício.

Para proceder à classificação os pontos são contabilizados através da soma dos critérios, em que o total de pontos atingidos leva à atribuição de um tipo de certificação.

Os pontos obtidos levam à atribuição de diversos níveis de certificação: “certificado”, “certificado prata”, “certificado ouro” e “certificado de platina”. Para o edifício obter o Certificado LEED tem que garantir no mínimo 40 pontos de um total de pontos das sete áreas que perfazem 110.

A partir do ano 2000 estão previstas revisões regulares do sistema de certificação a cada 3 ou 5 anos; no entanto se o USGBC ou alguma regulamentação local exigir poderão ser feitas revisões num período inferior.

O sistema LEED apresenta-se como um dos sistemas mais completos ao nível de áreas de avaliação.

LiderA (LiderA; Pinheiro, 2009; Pinheiro, 2011)

LiderA trata-se de um sistema de apoio para a procura, avaliação e certificação da sustentabilidade dos ambientes construídos.

Desde 2000, que o Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico, com o apoio da IPA – Inovação e Projectos em Ambiente, Lda., tem vindo a desenvolver trabalhos de apoio técnico à construção sustentável, dos quais se destaca o sistema LiderA, acrónimo de Liderar pelo ambiente procurando alcançar sustentabilidade na construção.

A primeira versão do LiderA foi disponibilizada em 2005, destinada ao edificado e ao respectivo espaço envolvente. Posteriormente foi desenvolvida uma versão que abrange, além do edificado, o

ambiente construído, incluindo a procura de edifícios, espaços exteriores, quarteirões, bairros, zonas e os seus utentes numa óptica de comunidades sustentáveis.

Este sistema de certificação ambiental que tem por base o reposicionamento do ambiente na construção do ponto de vista da sustentabilidade. Está organizado em vertentes que incluem áreas de intervenção, que são operacionalizadas através de critérios que permitem efectuar a orientação e a avaliação do nível de procura da sustentabilidade.

O LiderA estabelece seis princípios de bom desempenho ambiental que abrangem as seis vertentes consideradas no sistema, apresentados de seguida (figura 2.21):

Princípio 1 – Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;

Princípio 2 – Fomentar a eficiência no uso dos recursos;

Princípio 3 – Reduzir o impacto das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);

Princípio 4 – Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;

Princípio 5 – Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis;

Princípio 6 – Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.



Figura 2.21 - Esquema de vertentes e áreas do Sistema LiderA, (Pinheiro, 2011).

Existe um conjunto de critérios que permitem a operacionalização dos aspectos a considerar em cada área. Estes critérios dispõem de diferentes níveis de desempenho que evoluem com a tecnologia, permitindo assim alcançar soluções ambientalmente mais eficiente. Os critérios e as orientações apresentadas pretendem ajudar a seleccionar, não a melhor solução existente, mas a solução que melhora, preferencialmente de forma significativa, o desempenho existente, também numa perspectiva económica.

Os níveis de desempenho são numéricos sendo do ponto de vista de comunicação transformados em classes (de G a A+++), a classe de referência de utilização mais usual é a classe E (figura 2.22).

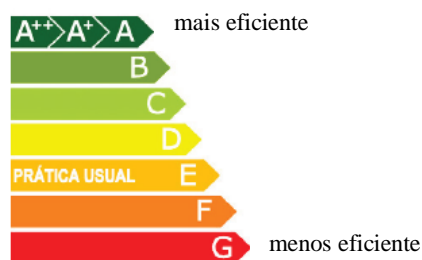


Figura 2.22 - Níveis de desempenho atribuídos pelo sistema LiderA, (Pinheiro, 2009).

ENERGY STAR (Energy Star, a; Energy Star, c; Energy Star, d; Energy Star, b)

ENERGY STAR é um programa voluntário da EPA, que ajuda as empresas e as pessoas a economizar dinheiro e a proteger o clima através do aumento da eficiência energética.

O programa foi criado pela EPA em 1992, para “conduzir um programa de pesquisa e tecnologia de engenharia básica, para desenvolver avaliar e demonstrar estratégias e tecnologias não regulamentares, para reduzir a poluição do ar”. Em 2005, foi “estabelecido um programa voluntário para identificar e promover produtos e edifícios eficientes em termos energéticos, a fim de reduzir o consumo de energia, melhorar a segurança energética e reduzir a poluição através de rotulagem ou outras formas de comunicação sobre produtos e edifícios com valores padrão de eficiência energética”.

Através do programa Energy Star, os consumidores americanos, empresas e organizações têm investido bastante na eficiência energética que revolucionaram o mercado de produtos e a adoção de práticas eficientes, criaram empregos e estimularam a economia. Passados vinte anos de existência, o programa tem impulsionado a adoção de produtos energeticamente eficiente, práticas e serviços através de parcerias valiosas, ferramentas de medição de objectivos e educação do consumidor.

Energy Star tem sido fundamental para reduzir o consumo de energia em casas, edifícios e indústria possibilitando a redução dos gases de efeito de estufa.

Para manter a confiança dos consumidores e melhorar a fiscalização dos produtos de certificação Energy Star, casas e instalações comerciais, a EPA implementou requisitos de certificação de terceiros e testes, existem várias fichas, que devem ser seguidas, contendo todos os parâmetros a avaliar.

A EPA evoluiu o programa Energy Star para servir como plataforma nacional e causar estímulo no que respeita à redução de emissões de gases de efeito de estufa entre empresas e instituições (introduziu marcas de referência de desempenho inovadoras e um sistema de medição com base no uso de energia de mais de 10 anos) e ao aumento da eficiência energética (aumentado o rigor das especificações de desempenho, em todos os produtos, casas edifícios e plantas), hoje, uma máquina de lavar roupa ENERGY STAR utiliza cerca de 70 % menos energia e 75% menos água do que uma máquina de lavar usada há 20 anos.

EPA Home Energy Yardstick possibilita a avaliação de forma simples do consumo anual de energia de uma habitação em comparação com habitações semelhantes. Ao responder a algumas perguntas básicas sobre a sua casa, pode-se:

- Obter uma pontuação Home Energy Yardstick para a casa;
- Perceber os consumos de energia detalhadamente, conhecendo qual a percentagem associada a aquecimento e arrefecimento bem como outras aplicações diárias, como electrodomésticos, iluminação e água quente;
- Obter orientações do Energy Star sobre como aumentar a pontuação da casa, melhorar o conforto e baixar os valores das facturas;
- Obter uma estimativa dos valores das emissões anuais de carbono da casa.

Análise comparativa dos sistemas de avaliação ambiental de edifícios

A compilação de todos os parâmetros que são avaliados por cada sistema, possibilitando uma análise comparativa dos sistemas, com o objectivo de se concluir qual o mais completo relativamente aos parâmetros avaliados encontra-se na tabela 1 do anexo V.

Através da análise integral da tabela 1 do anexo V, conclui-se que o sistema mais completo é o sistema LEED, pois avalia mais parâmetros. No entanto, pode ser realizada uma análise parcial, tendo em conta as diversas áreas de avaliação.

Ambiente interior: O sistema de avaliação mais completo relativamente às preocupações com a qualidade e o conforto interior das construções é o SBTOOL.

Aspectos socioeconómicos e políticos: Os parâmetros relativos a estes aspectos têm evoluído cada vez mais. O desenvolvimento desta área surge no âmbito da componente social, económica e política que, em conjunto com a componente ambiental, é bastante importante para o desenvolvimento de um futuro sustentável. O sistema que melhor avalia esta área é o LIDERA e o Energy Star.

Cargas ambientais e impacte no ambiente exterior: É uma área com diversos parâmetros pois actualmente existe uma maior preocupação com a preservação do meio ambiente, com o impacto causado na envolvente exterior bem como com as emissões de gases para a atmosfera. O sistema mais completo nesta área é o LIDERA.

Integração local: Está área engloba parâmetros que relacionam o edifício com a envolvente, para além do ambiente exterior. Sendo portanto, parâmetros relativos à implementação, à ecologia local e à ocupação do solo. Os sistemas mais completos para avaliação desta área são o BREEAM e o LEED.

Inovação: É uma área de avaliação apenas com um parâmetro que engloba a inovação no campo da sustentabilidade e o processo de design. Os sistemas que avaliam esta área são o BREEAM, o LEED e o LIDERA.

Gestão ambiental: O sistema LEED é o mais desenvolvido relativamente a esta área, os restantes avaliam poucos parâmetros.

Planeamento: É uma área com reduzida relevância nos sistemas de avaliação, com algum destaque apenas no sistema SBTool, no entanto, o planeamento é muito importante, por isso, futuramente irá sofrer algum desenvolvimento. É através da avaliação dos parâmetros relativos ao planeamento, durabilidade e qualidade, que será possível garantir uma construção sustentável.

Recursos: O sistema que melhor avalia a área dos recursos é o LEED. Apresenta-se como uma área de relevância nos dias de hoje, uma vez que se começa a ter consciência que os recursos não são inesgotáveis e a sua escassez comprometerá a humanidade, dada a importância todos os sistemas avaliam esta área.

Apesar do sistema que avalia uma maior quantidade de parâmetros ser o LEED, todos apresentam importantes parâmetros a analisar, focando-se mais nuns aspectos que noutros. Contudo, os aspectos que surgem com maior frequência são os que dizem respeito ao ambiente interno e aos recursos, posteriormente surgem os aspectos socioeconómicos e políticos, as cargas ambientais e impacte no ambiente exterior, a integração local, a gestão ambiental, o planeamento e por último a inovação.

O sistema Energy Star foi comparado com os restantes sistemas no entanto, de uma forma geral, não abrange os mesmos parâmetros pois foca-se mais no ambiente interior e nas emissões de CO₂ que daí advém.

Analisando os factores de ponderação correspondentes a cada parâmetro, nos diversos sistemas, constata-se que a Energia assume uma maior importância, o que se reflete no uso eficiente de energia como meio de alcançar uma construção mais sustentável.

Através destes sistemas de avaliação de desempenho energético é possível identificar as necessidades de reabilitação energética adequadas a cada situação, aumentando o desempenho energético dos edifícios e concretizando os objectivos que visam uma construção sustentável.

2.6 EDIFÍCIOS COM NECESSIDADES ENERGÉTICAS NULAS OU QUASE NULAS

Os edifícios representam 40% do consumo de energia total na UE, segundo a Directiva 2010/31/UE. Por isso, pretende-se reduzir o consumo de energia por parte dos edifícios aumentando o seu desempenho energético e diminuir as emissões de CO₂. Tendo em conta estes aspectos foram elaboradas normas de construção e sistemas de certificação energética dos edifícios que visam garantir os requisitos mínimos de desempenho energético. Com a reformulação da Directiva EPDB, Energy Performance of Buildings Directive, aprovada em 2010, até ao final de 2020 todos os edifícios novos devem ser edifícios com necessidades quase nulas de energia (Artigo 9.º da EPDB) – NZEB, nearly zero energy buildings.

Segundo a Directiva 2010/31/UE, entende-se por edifícios com necessidades quase nulas de energia, “um edifício com desempenho energético muito elevado (...). As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades”, (Directiva 2010/31/UE).

É interessante notar que, nos esboços iniciais, a directiva referia-se a NZEB como “edifícios de energia líquida zero”. Mas, talvez devido à crise económica mundial dos últimos anos, os legisladores reduziram as metas, considerando o facto de um edifício NZEB (net zero) ser muito caro.

Existem diversas definições sobre o tema, no entanto, é importante que se clarifique o conceito. Assim como o conceito de energia, que pode ter significados distintos tais como fonte de energia, energia local, custo de energia ou emissões resultantes do uso de energia, (Marszala, *et al.*, 2011).

Actualmente, estão em uso, pelo menos, quatro definições assumidas incorrectamente que são permutáveis (Torcellini, *et al.*, 2006). Segundo a ASHRAE, a definição oficial é a seguinte: “ZEB é um edifício que, anualmente, não usa energia para além daquela que lhe é fornecida e produzida no local por fontes renováveis”. Portanto, quando se refere ZEB e NZEB, trata-se de edifícios com necessidades quase nulas de energia.

O termo NZEB indica que um edifício está ligado à rede de energia, fornecendo energia à rede. Um balanço anual satisfatório não é suficiente para caracterizar completamente os NZEB, a interação entre os edifícios e redes de energia devem ser abordadas. São possíveis diferentes definições, de acordo com as metas políticas de cada país e com as condições particulares. O conceito de balanço é fundamental no âmbito da definição, são identificados dois tipos principais de balanço, ou seja, o balanço de importação/exportação e do balanço acumulação/geração, (Sartori, *et al.*, 2012).

A figura 2.23 apresenta uma visão da terminologia relevante que deve ser abordada, da utilização de energia em edifícios e da conexão entre edifícios e redes de energia.

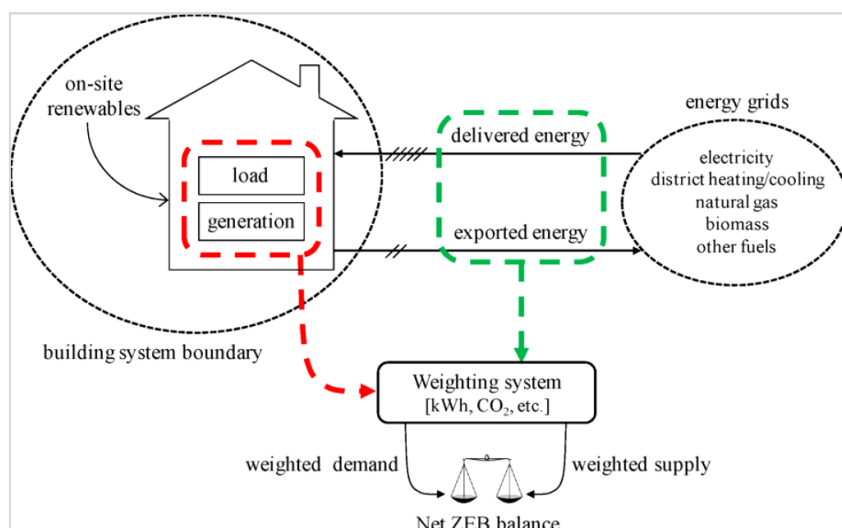


Figura 2.23 - Esboço de ligação entre edifícios e redes de energia representando terminologia relevante (Sartori, *et al.*, 2012).

O estudo realizado por Sartori, presente no artigo *Net zero energy buildings: A consistent definition framework.*, considera o edifício de referência com o desempenho energético de um edifício novo, construído satisfazendo os requisitos mínimos, ou de um edifício já existente, antes da sua renovação, (Sartori, *et al.*, 2012). O balanço Net ZEB do edifício de referência pode ser representado graficamente conforme a figura 2.24.

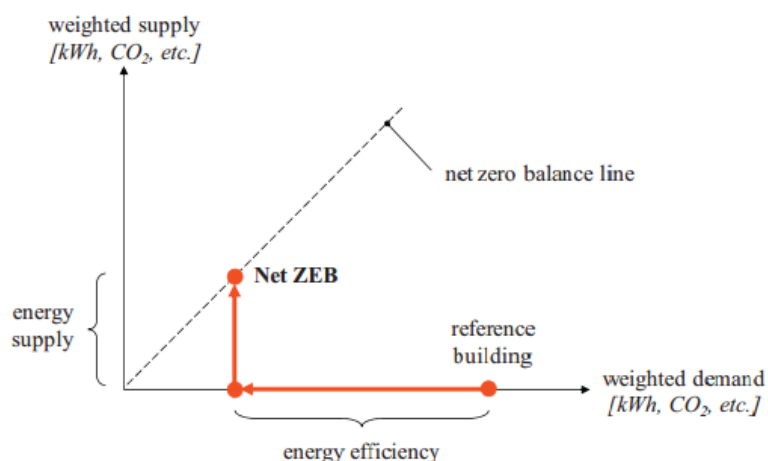


Figura 2.24 - Gráfico representando o conceito equilíbrio net ZEB, (Sartori, *et al.*, 2012).

A partir do caso de referência, o caminho para um Net ZEB é dado pelo saldo de duas acções, (Sartori, *et al.*, 2012):

- Reduzir a procura de energia (eixo-x), através de medidas de eficiência energética;
- Gerar electricidade e utilizar fontes de energia térmica, para o fornecimento de energia para obter créditos suficientes (eixo y) a fim de alcançar o equilíbrio.

Na maioria dos casos são necessárias grandes medidas de eficiência energética como opções pois a geração de energia no local é limitada, por exemplo, por áreas de superfície adequados para sistemas solares, especialmente em edifícios de grande altura, (Sartori, *et al.*, 2012).

Aparentemente a sociedade depara-se com o problema económico para investir neste tipo de edifícios. O aumento do investimento em tecnologias eficientes para a poupança de energia e a exploração de

energias renováveis pode causar dúvidas sobre a conveniência real desses edifícios da "nova geração". Com base na análise de um estudo de caso, realizada no artigo *Net Zero Energy Buildings: Expense or Investment?*, demonstra-se que um edifício de energia zero representa um custo de investimento acessível, especialmente se integrado com a energia fotovoltaica, (Adhikari, *et al.*, 2012).

Pode-se assumir que os resultados deste estudo são conservadores em comparação com aqueles realmente realizáveis, mas precisamente por este motivo, mais fiáveis. O cálculo do NPV (Net Present Value) valor presente líquido da construção e os custos operacionais mostra que o edifício ZEB se torna convenientemente mais económico em comparação com um análogo, mas comum em termos de desempenho energético, dentro de um curto período de tempo (15-20 anos), (Adhikari, *et al.*, 2012).

A IEA, através do *Solar Heating & Cooling Programme*, da *Task 40* e do ECBCS, realizou estudos no âmbito dos edifícios NZEB e da eficiência energética, com o objectivo de desenvolver bases transversais de entendimento, para harmonizar a nível internacional definições de sistema, ferramentas, soluções inovadoras e linhas orientadoras para a indústria, sendo esta a chave para a adopção destas práticas pela indústria, por forma a concretizar este objectivo, (IEA).

A *Task 40* ambiciona a criação de documentação de práticas de balanço energético através de projectos experimentais reais de qualidade arquitectónica. Estes projectos experimentais pretendem igualar as necessidades energéticas e o custo com a eficiência energética através de sistemas de aquecimento e arrefecimento integrados nos edifícios e de sistemas geradores de energia proveniente de fontes renováveis. Além disso, a *Task 40* estuda o comportamento dos utilizadores perante estes edifícios. O principal objectivo da *Task 40* é concretizar a ideia de edifício NZEB e torna-la uma realidade praticada no mercado, (IEA).

É importante ter em consideração que existem várias definições de "energia zero" e "energia líquida" ("net-zero"). Segundo o artigo *From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)* (Hernandez, *et al.*, 2010), as definições 'zero energy' e 'net-zero' referem-se apenas à energia que é utilizada na operação do edifício, ignorando os aspectos da utilização de energia relacionados com a construção e demolição do edifício e dos seus componentes.

Um LC-ZEB, *Life Cycle Zero Energy Buildings*, ciclo de vida de edifícios de energia zero é definido como um edifício, cuja energia primária utilizada em operação juntamente com a energia incorporada nos materiais e sistemas durante a vida útil da construção é igual ou menor do que a energia produzida por sistemas de energia renováveis no interior do edifício, (Hernandez, *et al.*, 2010).

2.7 ELEMENTOS ESTATÍSTICOS

A época de construção que será analisada ao longo do presente trabalho abrange os anos 1991 a 2011, devido ao facto da habitação estudada mais adiante ter sido construída no ano 2002 estando assim inserida no período analisado.

Relativamente à caracterização dos edifícios segundo o número de pisos, é possível constatar, através dos valores apresentados na figura 2.25, que a maioria dos edifícios de habitação construídos entre 1991 e 2011 apresenta 1 a 2 pisos. Neste período foram construídos 1 068 476 edifícios, sendo 77% edifícios com 1 e 2 pisos.

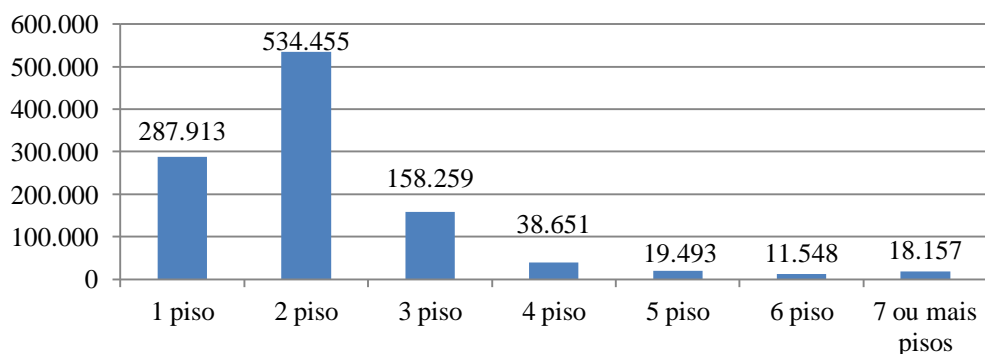


Figura 2.25 - Caracterização dos edifícios segundo o número de pisos, construídos no período 1991-2011 (INE, 2012a).

Para uma melhor percepção do estado de conservação dos edifícios construídos entre 1991 e 2011, pode observar-se a figura 2.26, que revela a percentagem de edifícios muito degradados, sem necessidades de reparação e com necessidades de reparação, quantificando qualitativamente essas necessidades em pequenas, médias e grandes.

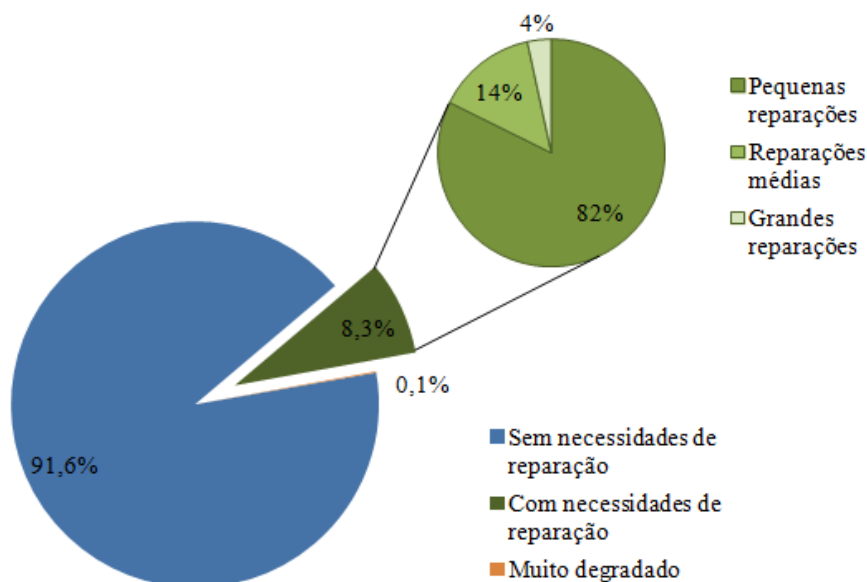


Figura 2.26 - Edifícios construídos entre 1991-2011, por estado de conservação (INE, 2012a).

Antes de analisar quais as necessidades de reparação a efectuar nos edifícios construídos entre 1991 e 2011, é importante conhecer o tipo de construção deste período.

Os principais materiais utilizados na construção da estrutura, revestimento exterior e cobertura dos edifícios, em diferentes épocas de construção compreendidas entre os anos 1991 e 2011, encontram-se na tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Edifícios segundo a época de construção, por principais materiais utilizados na construção, em Portugal, (INE, 2012a).

	Principais materiais	Época de construção				%
		1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2011	
Tipo de estrutura da construção	Betão armado	168.808	188.001	199.872	139.574	65,2%
	Paredes de alvenaria com placa	88.712	91.188	89.849	60.625	30,9%
	Paredes de alvenaria sem placa	6.880	6.521	5.738	4.612	2,2%
	Paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe	2.482	3.120	3.131	2.565	1,1%
	Outros	1.297	1.462	2.045	1.994	0,6%
Revestimento exterior	Reboco tradicional ou marmorite	240.699	256.600	262.485	179.179	87,9%
	Pedra	16.071	20.068	24.478	21.226	7,7%
	Ladrilho cerâmico ou mosaico	9.861	11.632	10.928	5.677	3,6%
	Outros	1.548	1.992	2.744	3.288	0,9%
Cobertura	Em terraço	8.671	12.560	16.792	19.018	5,3%
	Inclinada Revestida a telhas cerâmicas ou de betão	248.377	265.298	270.910	178.562	90,1%
	Inclinada Revestida a outros materiais	4.247	4.206	4.079	4.821	1,6%
	Mista (inclinada e terraço)	6.884	8.228	8.854	6.969	2,9%

Analisando os resultados apresentados na tabela 2.4, pode concluir-se que:

- Os tipos de estrutura de construção utilizados são o betão armado, as paredes de alvenaria com e sem placa, as paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe entre outros, sendo o mais comum o betão armado, utilizado em cerca de 65% dos edifícios;
- Os revestimentos exteriores mais comuns são o reboco tradicional ou marmorite e a pedra e os ladrilhos cerâmicos ou mosaicos. O revestimento mais utilizado nas construções deste período é o revestimento tradicional ou marmorite, representando aproximadamente 88%;
- As coberturas construídas neste período são em terraço, inclinadas ou mistas, sendo mais comum as inclinadas revestidas a telhas cerâmicas ou de betão, encontram-se em 90% das construções.

Apesar da maioria dos edifícios construídos, em Portugal, no período em análise não apresentar necessidades de reparação, cerca de 8% necessitam de reparações. Por isso, é importante analisar onde será necessário intervencionar. A maioria dos edifícios encontra-se em bom estado de conservação tanto ao nível da cobertura, onde cerca de 89% dos edifícios não apresenta necessidades de reparação, como da estrutura, onde cerca de 90% dos edifícios não apresenta necessidades de reparação, como

das paredes e caixilharia exteriores, onde 87% dos edifícios não têm necessidades de reparação, neste contexto ver as figuras 1, 2 e 3 do anexo VI.

2.7.1 Certificação Energética dos edifícios em Portugal

Para que os consumidores tenham informações exactas, reconhecíveis e comparáveis sobre os produtos e edifícios que adquirem foram criados respectivamente a Etiqueta Energética da União Europeia e o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior.

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios surgiu para melhorar o desempenho energético e ambiental do parque edificado. A aplicação de metodologias próprias permitem incentivar a redução das necessidades de energia dos novos edifícios, ou dos edifícios sujeitos a reabilitações, e a identificação das medidas de melhoria a adoptar, (ADENE, 2012a).

O SCE surgiu com a transposição da EPBD para nível nacional. Após a reformulação da EPBD surgiram novos desafios relativos ao desempenho energético nos edifícios e foi criado o Decreto-Lei n.º 118/2013 que inclui o SCE, Sistema de Certificação Energética dos Edifícios. No entanto, mantêm-se as linhas gerais.

A fiscalização do SCE passou a ser assegurada pela Direcção Geral de Energia e Geologia, e a ADENE, anterior entidade fiscalizadora, passou a ser responsável pelas questões operacionais da certificação, (ADENE a).

O certificado energético é inteiramente da responsabilidade dos proprietários e é obrigatório em diversas situações.

É importante ter em consideração que até Dezembro de 2013 estava em vigor um tipo de Certificado Energético que foi remodelado, por isso, até essa data estava vigente a versão SCE 1.0, a partir desse momento entrou em vigor um SCE com um novo layout definido como a 2ª versão, SCE 2.0, publicado no Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013 de 3 de dezembro de 2013.

Estão abrangidos pelo SCE (Decreto-Lei n.º 118/2013):

- Os edifícios ou fracções novos ou sujeitos a grande intervenção, nos termos do REH e RECS;
- Os edifícios ou fracções existentes de comércio e serviços com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
- Os edifícios ou fracções existentes de comércio e serviços que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 500 m² ou, a partir de 1 de julho de 2015, superior a 250 m².

O certificado energético é um documento que avalia a eficácia energética de um imóvel numa escala de 8 classes, A+ (muito eficiente), A, B, B-, C, D, E e F (pouco eficiente), emitido por técnicos autorizados pela ADENE (figura 2.27). Uma fracção nova que cumpra os mínimos exigidos pelos regulamentos actualmente em vigor situa-se na classe energética B-. O certificado serve para informar qual o desempenho energético da habitação; estimar o consumo de energia, sob determinadas condições; identificar medidas que melhorem a eficiência energética, o conforto e reduzam os custos com energia, como a instalação de vidros duplos ou o reforço do isolamento, entre outras; e valorizar o imóvel. O documento é válido por 10 anos, (ADENE, 2013a).

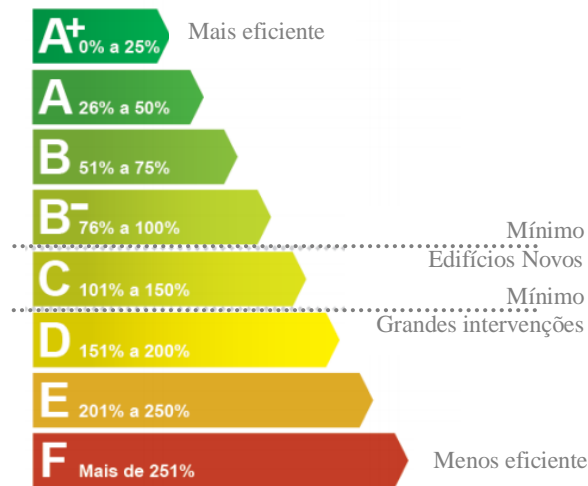


Figura 2.27 - Nova etiqueta energética para classificação de edifícios, (ADENE, 2013b).

A classe energética atribuída ao imóvel depende da sua localização, do ano de construção, do tipo de edifício (apartamento, prédio ou moradia), do piso, da área, da constituição das suas envolventes (paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados) e dos equipamentos associados à climatização (ventilação, aquecimento e arrefecimento) e à produção de águas quentes sanitárias.

A classe energética de edifícios de habitação é determinada através da equação 2.2:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (\text{Equação 2.2})$$

Sendo,

N_{tc} - valor das necessidades nominais anuais de energia primária

N_t - valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária

Ambos calculados de acordo com o disposto no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação.

Cada uma das 8 classes corresponde a um intervalo de valores de R_{Nt} , conforme a tabela 1 do anexo VI.

Desde 2006, com a transposição da Directiva n.º 2002/91/CE (EPBD) para ordem jurídica que foram implementadas, em Portugal, medidas para certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios, também foi possível passar a identificar medidas correctivas ou de melhoria de desempenho. A certificação energética causou impacto na qualidade e características do edificado levando a uma melhoria da classe energética dos edifícios de habitação (figura 2.28), (ADENE, 2012b).

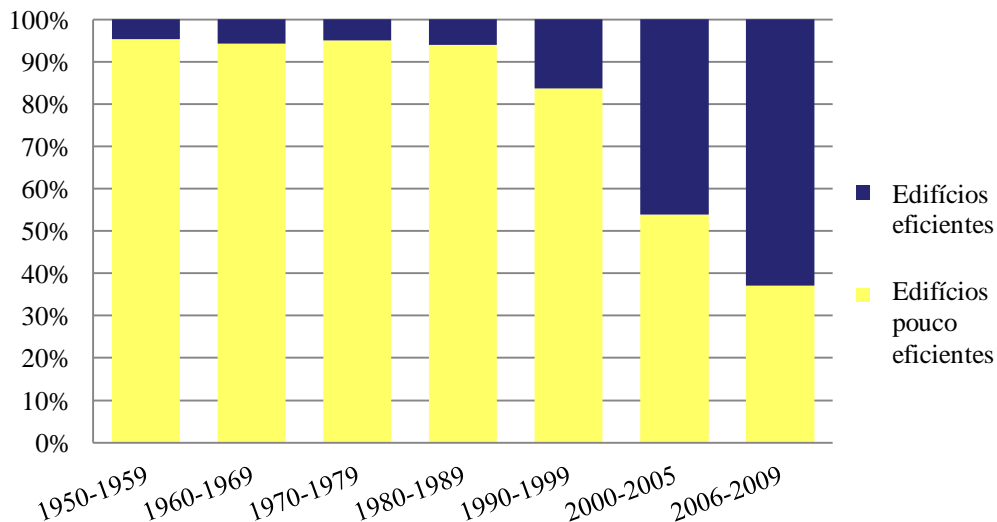


Figura 2.28 - Impacto da EPBD na qualidade e características do edificado, (ADENE, 2012d).

A legislação causa uma melhoria evidente na repartição das classes energéticas. Mais de 85% dos edifícios contruídos antes de 1999 são de classe C ou inferior.

Houve uma evolução ao nível do Sistema de Certificação Energética em Portugal, onde os edifícios novos apresentam classes energéticas eficientes, exigindo-se que todos tenham classe inferior a B-, figura 2.29.

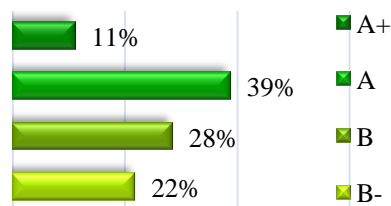


Figura 2.29 - Novos edifícios % de DCR (Certificados em fase de projecto) por classes, (ADENE, 2012d).

Contudo, o nível de eficiência energética nos edifícios existentes é baixo (figura 2.30), quando comparado com o dos edifícios novos (figura 2.29). Deve ainda ter-se em consideração que, em 2013 apenas 7% do património edificado estava certificado, (ADENE, 2013b).

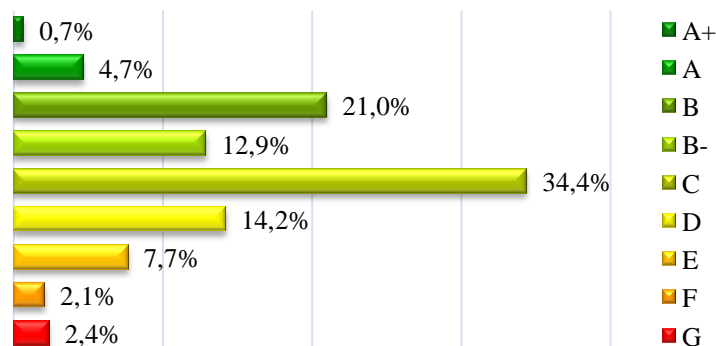


Figura 2.30 - Edifícios existentes % de CE certificados com a versão SCE 1.0 (Certificados de edifícios existentes) por classes, (ADENE, 2013b).

O novo Sistema de Certificação Energética, versão SCE 2.0, foi aplicado aos edifícios existentes a partir de Dezembro de 2013, podendo constatar-se que é um sistema mais penalizante para a envolvente do edifício, surgindo significativamente mais edifícios de classes energéticas D e E e menos nas classes A, B e B-, figura 2.31.

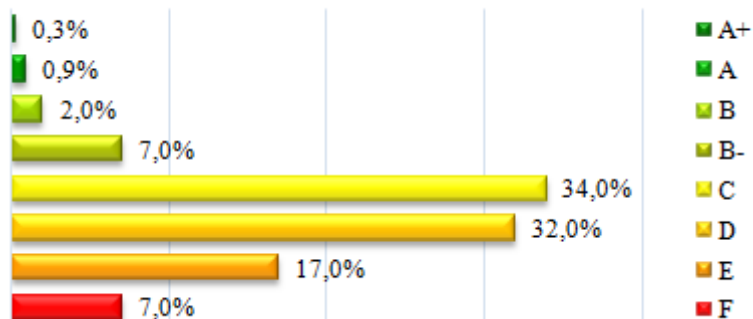


Figura 2.31 - Edifícios existentes % de CE certificados com a versão SCE 2.0 de Dezembro de 2013 a Junho de 2014, (ADENE, 2014).

Para além da reabilitação tradicional, os edifícios existentes têm um elevado potencial de aumento da eficiência energética após introdução de medidas de melhoria de eficiência energética. As exigências introduzidas pela regulamentação térmica em vigor, conduziram a uma considerável melhoria da eficiência energética dos edifícios, embora que ainda seja possível enquadrar outras medidas de melhoria, (ADENE, DGEG, LNEG e ANQEP, 2012).

Além da certificação energética dos edifícios bem como dos seus equipamentos, recentemente foi desenvolvido um modelo de etiquetagem energética de janelas, SEEP Janelas, que permite a sua escolha de acordo com o desempenho energético.

A adopção destas janelas é bastante pertinente do ponto de vista da eficiência energética dos edifícios, pois permitem que ocorra uma redução dos consumos e dos custos associados.

As janelas influenciam muito o conforto térmico dos edifícios, pois são responsáveis pelas perdas de calor no Inverno e pelos ganhos de calor no Verão, revelando-se como um dos elementos mais importantes da envolvente de um edifício. Existe um elevado número de certificados energéticos que apresentam como principal intervenção os vãos envidraçados como uma das medidas de melhoria no desempenho energético do imóvel.

A etiqueta energética das janelas torna possível a comparação entre várias soluções disponíveis no mercado. Apresenta classes de desempenho energético de A a G, mais e menos eficiente respectivamente, neste contexto ver a figura 4 do anexo VI, (ADENE b).

A classe é resultado de uma avaliação de desempenho da janela no mês mais frio e no mês mais quente do ano, reflectindo a melhor ou pior capacidade de reduzir as perdas térmicas no Inverno ou minimizar o sobreaquecimento no Verão, (ADENE b).

Além disso, a etiqueta também inclui informação técnica detalhada como os parâmetros de cálculo (coeficiente de transmissão térmica da janela, factor solar do envidraçado e classe de permeabilidade ao ar), dados relacionados com as características do vidro e a capacidade de atenuação acústica da janela, (ADENE b).

2.7.2 Análise dos edifícios construídos entre 1991-2011

Dos 1.068.476 edifícios construídos no período 1991-2011, foram emitidos 240.218 certificados energéticos pela ADENE, o que representa 23%. Tal facto mostra que, as preocupações com a eficiência energética não são as desejadas, pois o valor ainda se apresenta aquém do espectável, no entanto, é francamente superior ao valor apresentado nas décadas anteriores, o que é um sinal positivo.

A ADENE forneceu dados que, após uma cuidada análise, permitem compreender que cerca de 60% dos edifícios apresentam classe energética B e C, figura 2.32.

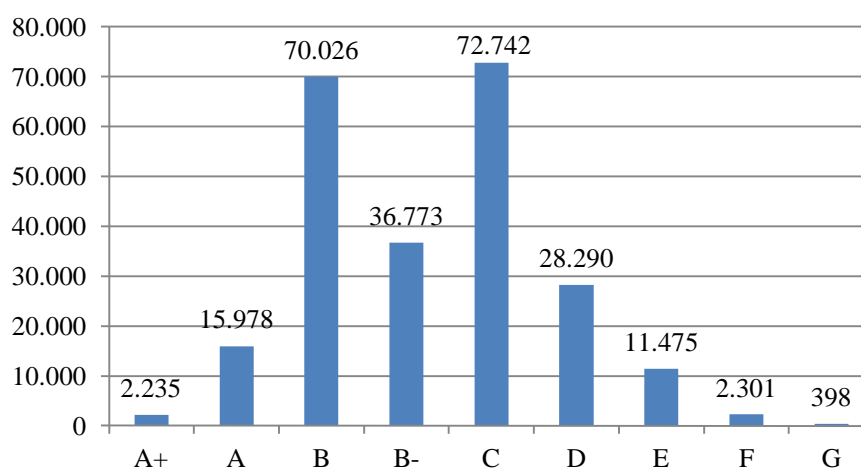


Figura 2.32 - Número de certificados energéticos emitidos a edifícios construídos entre 1991-2011, segundo a sua classificação energética.

Para que um edifício ou fracção já existente cumpra os mínimos exigidos pela regulamentação vigente até Agosto de 2013 (Decreto-Lei n.º 80/2006), deve situar-se na classe energética B⁻, como tal 51% dos edifícios construídos no período em análise cumprem os mínimos exigidos, neste contexto ver figura 5 do anexo VI. Constata-se que, ocorreu uma evolução relativamente a períodos anteriores (décadas de 70 e 80) onde a maioria dos edifícios apresenta classe energética superior a B⁻.

Para compreender quais as necessidades energéticas mais significativas presentes nos edifícios construídos entre 1991-2011 foram analisados dados fornecidos pela ADENE, relativos à envolvente exterior.

Necessidades de energia para aquecimento

Segundo o RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006), as necessidades nominais anuais energia útil para aquecimento de um edifício, N_{ic} , exprimem a quantidade de energia útil necessária para manter em permanência um edifício ou uma fracção autónoma a uma temperatura interior de referência durante a estação de aquecimento.

Os edifícios com pior classificação energética, F e G, são os edifícios com maiores necessidades de energia para aquecimento, o que está associado a maus níveis de isolamento da envolvente exterior, resultando em maiores perdas de calor, logo, em maiores necessidades de aquecimento para atingir o conforto térmico normalmente exigido, conforme a figura 6 do anexo VI.

Necessidades de energia para arrefecimento

Segundo o RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006), as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de um edifício, N_{vc} , exprimem a quantidade de energia útil necessária para manter em permanência um edifício ou uma fracção autónoma a uma temperatura interior de referência durante a estação de arrefecimento.

As necessidades de energia são baixas e semelhantes, independentemente da classe energética. Os edifícios de classe G apresentam maiores necessidades de arrefecimento, talvez devido ao fraco isolamento térmico característicos dos edifícios com esta classificação ou devido aos hábitos de renovação de ar, no entanto todos os valores estão dentro dos limites estipulados pelo regulamento, conforme a figura 7 do anexo VI.

Necessidades de energia para preparação de AQS

Segundo o RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006), as necessidades nominais anuais de energia útil para produção de AQS, N_{ac} , exprimem a quantidade de energia útil necessária para aquecer o consumo médio anual de referência de águas quentes sanitárias a uma temperatura de 60°C.

Os edifícios de classe A+ apresentam necessidades de energia menores, 8,65 kWh/m².ano, e os edifícios de classe C necessidades de energia maiores, 68,17 kWh/m².ano, conforme a figura 8 do anexo VI.

O tipo de aparelho utilizado para preparação de AQS tem uma enorme influencia nas necessidades em causa, uma vez que, o nível de eficiência de conversão dos aparelhos varia conforme o seu tipo. Por isso, é importante a escolha do aparelho com o objectivo de reduzir as necessidades de energia para preparação de AQS. Além disso, a utilização de colectores solares ou de outra fonte de energia renovável para produção de AQS é muito eficaz e reduz claramente as necessidades energéticas.

Necessidades nominais globais de Energia Primária

Segundo o RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006), as necessidades nominais globais de energia primária, N_{ic} , corresponde à soma ponderada das N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} , tendo em consideração os sistemas adoptados ou, na ausência da sua definição, sistemas convencionais de referência, e os padrões correntes de utilização desses sistemas.

Os edifícios de classe energética G são os que apresentam maiores necessidades de energia primária, 22,87 kgep/m².ano, o que coincide com os edifícios que apresentam maiores necessidades anuais de energia para aquecimento e arrefecimento. Os edifícios que apresentam menores necessidades de energia primária são da classe A+, uma vez que, apresentam menores necessidades anuais de energia de aquecimento e para preparação de AQS, neste contexto ver a figura 9 do anexo VI.

As necessidades estão interrelacionadas, influenciando-se umas às outras como apresentado na figura 2.33.

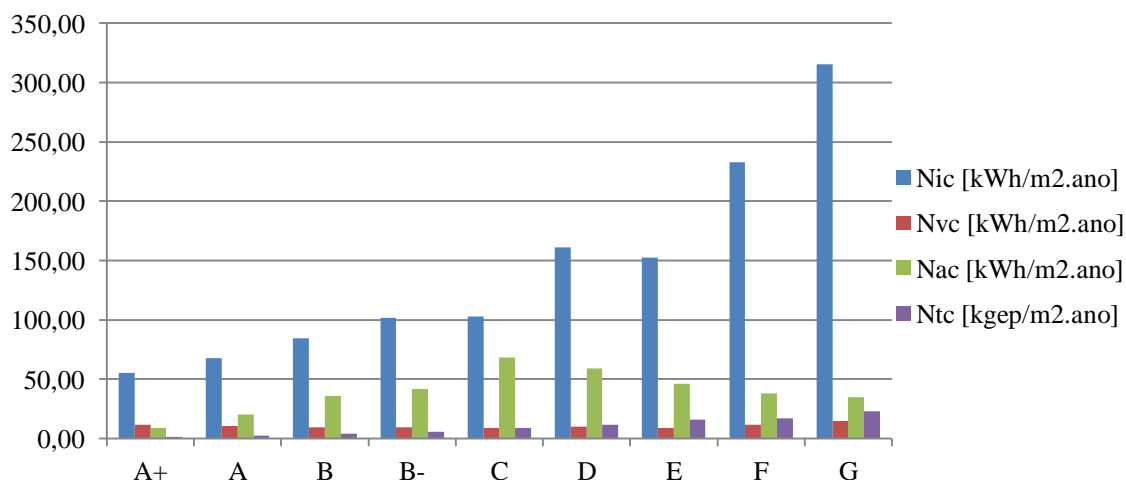


Figura 2.33 - Necessidades de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e primária dos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classe energética.

Isolamento térmico da envolvente exterior

O nível de isolamento térmico da envolvente exterior pode ser compreendido analisando o coeficiente de transmissão térmica, U , dos elementos que constituem a envolvente exterior.

Tanto ao nível do pavimento sobre o exterior como da fachada exterior e das coberturas exteriores, o coeficiente de transmissão térmica aumenta com o aumento da classe energética, ou seja, o isolamento térmico diminui, conforme a figura 2.24. Tal como previsível, quanto maior a classe energética pior o desempenho energético do edifício.

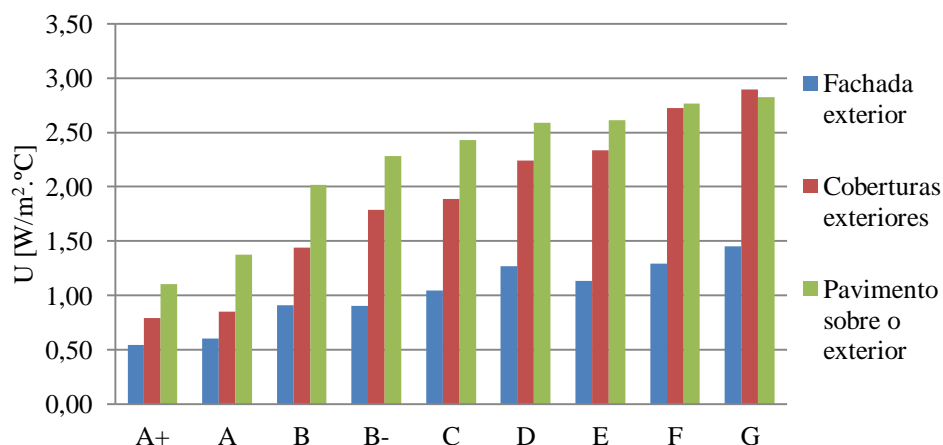


Figura 2.34 – Níveis de isolamento térmico da envolvente exterior dos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classificação energética.

Factor solar médio dos vãos envidraçados

Segundo o RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006), o factor solar de um vão envidraçado é o quociente entre a energia solar transmitida para o interior através de um vão envidraçado com o respectivo dispositivo de protecção e a energia da radiação solar que nele incide.

O nível de aproveitamento solar é bom, apresentando valores factores solares dos vãos envidraçados próximos, independentemente da classe energética dos edifícios, ver figura 2.35.

Um bom aproveitamento da energia solar levará a uma diminuição das necessidades de aquecimento dos espaços, no Inverno. No entanto, uma vez que a energia solar transmitida para o interior contabiliza os dispositivos de protecção, um aumento desse parâmetro poderá levar a maiores necessidades de arrefecimento, no Verão, uma vez que as protecções não são suficientes para proteger as habitações da incidência solar. Assim sendo, as janelas bem como as suas protecções são dispositivos que devem ser escolhidos com bastante cuidado, adoptando sempre que possível elementos certificados energeticamente.

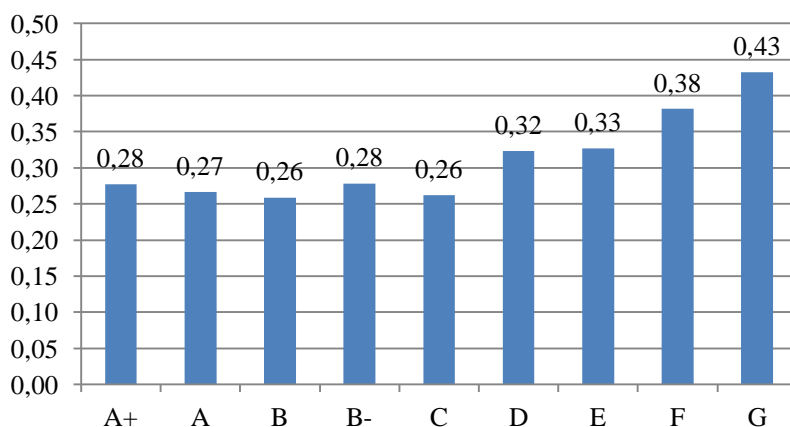


Figura 2.35 - Média do factor solar dos vãos envidraçados dos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classe energética.

Fontes de energia utilizadas para preparação de AQS

Para aquecimento de AQS nos edifícios construídos entre 1991-2011 utilizavam-se diferentes fontes de energia, tais como, electricidade, gás propano, gás butano, gás natural, gásleo, lenha/carvão, entre outros. No entanto, 41% dos edifícios construídos na década de 90 utilizam gás natural e a maioria dos restantes utilizam a electricidade, o gás propano e o gás butano (figura 2.36).

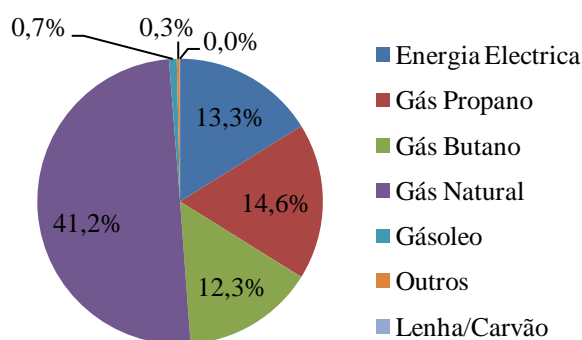


Figura 2.36 – Fontes de energia utilizadas para preparação de AQS, nos edifícios construídos em Portugal entre 1991-1999.

Relativamente aos edifícios construídos entre 2000-2011, 52,6% utilizam gás natural, o que permitiu reduzir a utilização de electricidade e também de gás butano, no entanto o número de edifícios que utiliza gás propano continua a ser elevado (figura 2.37). É por isso, importante adoptar fontes de energia alternativas, como é o caso das energias renováveis.

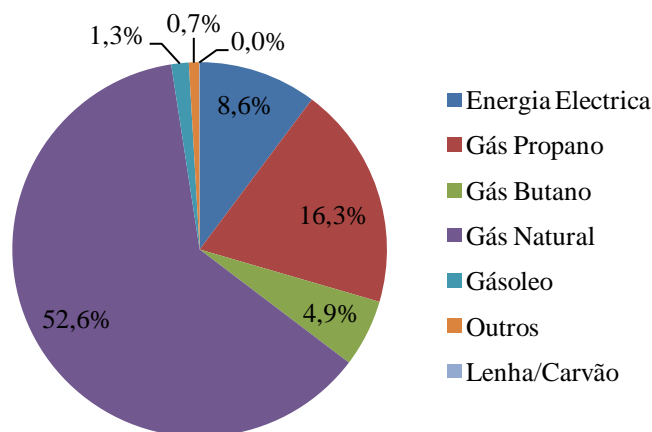


Figura 2.37 - Fontes de energia utilizadas para preparação de AQS, nos edifícios construídos em Portugal entre 2000-2011.

Os edifícios com uma das melhores classificações energéticas, classe A, são os edifícios que mais painéis solares térmicos possuem, conforme a figura 2.38. Comprovando que, com o recurso à energia solar é possível que um edifício já existente apresente uma boa classe energética, sendo portanto mais eficiente.

Actualmente, o recurso às energias renováveis, nomeadamente à energia solar para produção de AQS através da instalação de painéis solares térmicos aumentou, contudo, no que respeita aos edifícios analisados para emissão de certificados (240.218 edifícios) a adesão é ainda muito baixa, sendo apenas de 7% (16.284 edifícios).

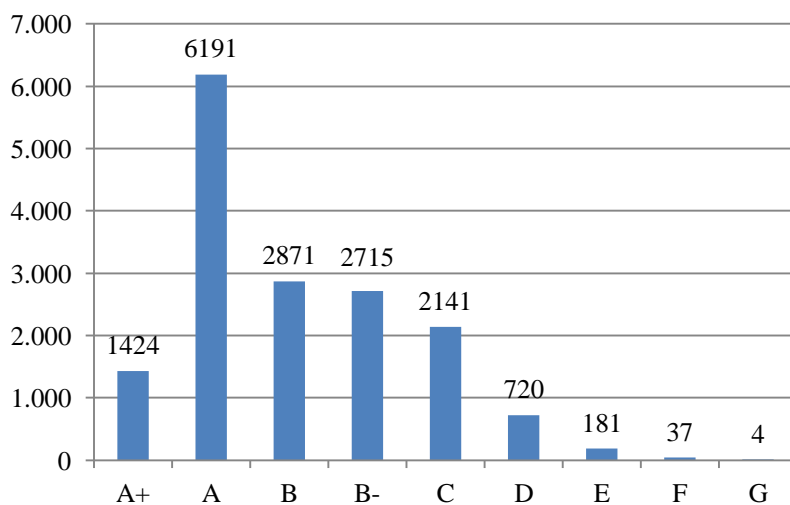


Figura 2.38 - Número de colectores solares térmicos instalados nos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classe energética.

2.8 ANÁLISE DE ESTUDOS DE CASO

O aumento da eficiência energética dos edifícios, a redução das emissões de CO₂ e a redução de custos associados a energia proveniente de fontes não renováveis, são possíveis com a adopção de várias medidas tais como a utilização de fontes de energia renováveis e os hábitos de poupança de energia e maior eficiência energética, por parte dos ocupantes dos edifícios residenciais. Apresentam-se, de seguida, alguns exemplos de bairros ecológicos com êxito que têm vindo a servir de modelo para o desenvolvimento do presente trabalho.

2.8.1 Estudos de Caso

BedZed – Sutton, Reino Unido (Energy Cities – BedZed, Sutton, UK)

BedZed, Beddington Zero Energy Development, foi a primeira comunidade sustentável sem emissões de carbono do Reino Unido, concluída em 2002 e localiza-se na cidade de Sutton, perto de Londres. Esta comunidade é constituída por 82 habitações e uma área de 1.600 m², direccionada para espaços de trabalho onde estão inseridos diversos serviços, tais como, loja, café, instalações desportivas, centro de saúde e creches.

O bairro BedZed foi gerado com o objectivo de criar uma rede de energia sem desenvolvimento de energias fósseis, que iria produzir, pelo menos, tanta energia a partir de fontes renováveis como aquela que consome. Tornando-se portanto num sistema livre de emissões de CO₂ para a atmosfera – sistema de “carbono-zero”.



Figura 2.39 - Vista em altura da comunidade BedZed, (BioRegional Solution for Sustainability, 2009).

As metas e objectivos deste projecto são:

- Não utilização de combustíveis fósseis;
- Redução de 50% das energias utilizadas para transporte;
- Redução de 60% da energia doméstica, em comparação com a média das famílias britânicas;
- Redução de 90% das necessidades de aquecimento;
- Uso de energias renováveis;
- Redução de 30% do consumo de água;
- Redução dos resíduos e incentivo da reciclagem;
- Utilização de materiais de construção a partir de fornecedores locais (para evitar gastos excessivos com o transporte);
- Desenvolvimento de recursos locais (rede de agricultura para consumo local);

- Desenvolvimento da biodiversidade nas áreas naturais.

O principal factor tido em conta na condução do BedZed foi o ambiente. O projecto foi iniciado pela BioRegional pretendendo-se que fosse um exemplo para mostrar que um modo de vida sustentável é possível, mantendo os padrões modernos. Este projecto foi programado para reduzir o impacto ambiental a todos os níveis (casa, incluindo a sua construção, energia e alimentos; trabalho; transportes; vida social; entre outros). O conceito pretende dar ênfase ao facto de que é possível viver num círculo local com produtos locais.

Relativamente à energia, os edifícios estão construídos com materiais maciços com bom comportamento térmico, pois armazenam calor durante a estação quente e libertam calor nos períodos mais frios. Os pormenores construtivos do isolamento de uma parede exterior apresentam-se nas figuras 1 e 2 do anexo VII.

Os terraços das casas são orientados a sul por forma a maximizar os ganhos de calor (passivos). As zonas de escritório são viradas a Norte para evitar o sobreaquecimento do espaço e a necessidade de utilização de ar condicionado (ver figura 3, anexo VII). A área coberta por painéis solares é de 777 m².

Para redução dos requisitos de energia todas as habitações e escritórios estão equipados com iluminação de baixo consumo e electrodomésticos energeticamente eficientes.

Os sistemas de reaproveitamento de água (ver figura 4, anexo VII), permitem que o consumo diário seja de 76 litros, sendo 18% deste valor água da chuva reaproveitada e água reutilizada. As torneiras instaladas são gaseificadas, os autoclismos são de pequenas dimensões e as banheiras são menores, com o objectivo de diminuir o consumo de água. A grande inovação é a transformação de água não potável em água que pode ser utilizada em autoclismos ou rega de jardins.

A desvantagem deste tipo de construção assenta no facto de ter um elevado preço. O projecto custou 17 milhões de euros, dos quais 14 milhões representam custos de construção. O custo foi 30% superior ao esperado. O preço de uma casa na comunidade BedZed custa 20% mais que o preço médio de um apartamento na mesma área.

Vauban – Friburgo, Alemanha (Energy Cities – Vauban, Freiburg, DE)

O bairro de Vauban situa-se perto da cidade de Friburgo e é constituído por 38 hectares. Tem 5.000 habitantes e oferece 600 postos de trabalho. Começou a ser planeado em 1993 e a fase de implantação teve início em 1997 (figura 2.40 e figura 2.41).



Figura 2.40 - Vista de Vauban, Friburgo, (Vauban.de).



Figura 2.41 - Vista de Vauban, Friburgo (Vauban.de).

Um dos principais cuidados durante o planeamento do projecto foi, sensibilizar os moradores e a opinião pública para o facto de um bairro com preocupações ambientais não só servir os interesses do ponto de vista ecológico, como também ajuda a economizar dinheiro a longo prazo.

O principal objectivo do projecto foi a implementação de um bairro que de uma forma cooperativa e participativa reunisse requisitos ecológicos, sociais, económicos e culturais.

Quanto à energia verificou-se que, todos os novos edifícios consomem 65 kWh/m²/ano, 92 edifícios foram construídos com o propósito de serem “casas passivas” consumindo 15 kWh/m²/ano, 10 edifícios foram construídos com a finalidade de serem “casas passivas melhoradas”, produzindo mais energia que aquela que necessitam. A rede de aquecimento e cogeração de energia é alimentada por 80% de lascas de madeira e 20% de gás. É um dos maiores bairros solares europeus pois, possui 2500 m² de painéis fotovoltaicos e 500 m² de painéis solares, recorrendo portanto ao uso activo de energia solar (figura 2.42).



Figura 2.42 - Vista em altura da comunidade Vauban, Friburgo (Vauban.de).

Grande parte das casas do bairro Vauban produz energia eléctrica em excesso, vendendo o excedente às companhias de distribuição de energia. Uma casa de 90m² pode ser aquecida por apenas 114 €/ano.

Relativamente ao trânsito e aos transportes públicos é sem dúvida um bairro com maior qualidade de vida, pois incentiva a redução do uso do automóvel de diversas formas: não existem estacionamentos à porta das residências (para a maioria da área residencial o regulamento proíbe a construção de estacionamento em propriedade privada); e os carros particulares são estacionados num parque comum a todos os moradores, localizado na periferia da zona residencial. Para distâncias curtas os habitantes podem ir a pé ou de bicicleta e para distâncias maiores (ligar Vauban ao centro da cidade de Friburgo) existem duas linhas de autocarros e um eléctrico.

No que diz respeito à água, 80% da área residencial possui um sistema de recolha de águas pluviais, através de infiltração. O sistema de esgoto é inovador pois, a recolha de fezes realiza-se através de tubos de vácuo que as transportam para uma unidade de biogás onde são fermentadas em conjunto com o lixo doméstico orgânico, gerando biogás, utilizado para cozinhar. As águas residuais domésticas, provenientes de lavagens de loiça, roupa e banhos, são limpas através de biofiltros constituídos por plantas e são reintroduzidas no ciclo da água.

Hammarby Sjöstad – Estocolmo, Suécia (Energy Cities - Hammarby Sjöstad, Stockholm, Suécia)

O bairro Hammarby Sjöstad, localiza-se em Estocolmo. Foi construído numa antiga zona industrial e portuária. O bairro tinha como objectivo fornecer 10.000 apartamentos para 25000 habitantes ocupando uma área de 200 hectares. A sua construção teve início em 1994. Este projecto pretendia servir de apoio à candidatura de Estocolmo para receber os Jogos Olímpicos de 2004, o que não se sucedeu (ver figuras 5 e 6, anexo VII).

Hammarby Sjöstad foi um projecto muito bem planeado, com o seu próprio modelo de reciclagem e de tratamento de esgotos, em que qualquer habitante do bairro faz parte de um ciclo ecológico, pretendendo-se que o sistema residencial seja baseado no uso de recursos sustentáveis. A maior parte da energia é produzida por painéis solares instalados nos telhados das habitações e por energia hídrica. Os resíduos combustíveis, provenientes do lixo doméstico, são separados e levados para incineração sendo o calor libertado utilizado para aquecimento das habitações.

O modelo integrado para a energia, resíduos e gestão da água é conhecido como o *modelo de Hammarby*, pode ser observado na figura 2.43. Ou seja, Hammarby usa um sistema de reciclagem “circuito fechado”, em que os habitantes contribuem para metade da produção de energia, sendo esta proveniente dos resíduos domésticos (utilizada para aquecimento), e os restantes 50% da energia produzida estão repartidos entre 34% que provém da energia hídrica produzida a partir de águas residuais e 16% que provém da combustão de óleo orgânico.

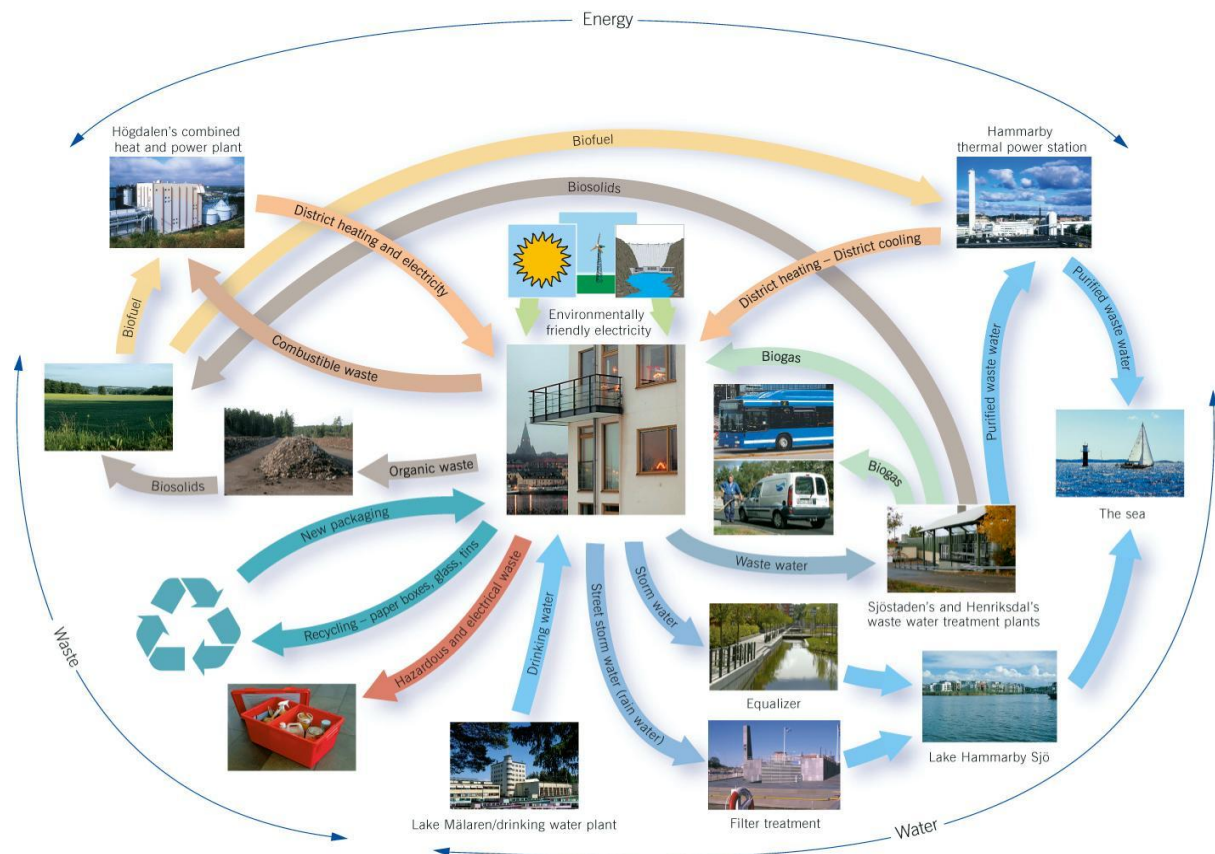


Figura 2.43 - Modelo de Hammarby (Architettura Ecosostenibile - Hammarby Sjöstad, Stockholm - Suécia).

O principal objectivo de Hammarby é que o impacto ambiental causado pelas emissões provenientes do bairro seja 50% inferior ao nível correspondente a áreas de habitação, a partir do início dos anos 90.

Os objectivos para 2015 são:

- 80% das viagens serem efectuadas em transportes públicos e 25% por carros eléctricos ou a biogás;
- Consumos de energia de edifícios de 50 kWh/m², dos quais 15 kWh/m² são provenientes de electricidade;
- Utilização de 100% de energias renováveis;
- Utilização de 80% de energias a partir de resíduos;
- Reciclagem de todos os resíduos e águas residuais provenientes das habitações e reaproveitamento sob a forma de energia renovável;

- Produção de biogás através de lamas;
- Redução de 60% do consumo de água por pessoa;
- Redução de 90% dos resíduos de aterro e redução de 40% de todos os resíduos produzidos.

Mira Sintra Um Bairro Sustentável – Sintra, Portugal (AMES, 2011; AMES, 2012a; AMES, 2012b)

Em 2007, a Agência Municipal de Energia de Sintra elaborou um estudo de Análise da Estrutura Habitacional e Soluções de Sustentabilidade Energética e Ambiental para o bairro de Mira Sintra. Com esse estudo determinou-se o elevado potencial relativamente à reabilitação energética, ambiental e social do aglomerado habitacional, isto porque, está muito bem localizado, pois tem uma óptima disposição e exposição solar devido ao espaçamento e orientação dos edifícios. Assim sendo é possível um aumento da qualidade de vida da população. No entanto, até então, nenhuma destas condições estava explorada, sendo este o ponto de partida para o desenvolvimento do projecto “Mira Sintra, Um Bairro Sustentável”.

O projecto de requalificação do bairro tinha objectivos gerais ao nível de:

- Conforto Térmico;
- Conforto Acústico;
- Conforto Ambiental.

Os objectivos específicos do projecto eram:

- Aumentar a qualidade de vida dos habitantes, no presente e no futuro;
- Diminuir os custos com energia;
- Desenvolvimento sustentável da freguesia;
- Reconhecimento e valorização da freguesia;
- Moradores sentirem-se orgulhosos da freguesia onde residem.

As entidades envolvidas pretendiam calcular a pegada de carbono associada ao consumo de energia antes e após a implementação do projecto; reduzir os consumos de energia; aumentar o número de condomínios participantes; sensibilizar e motivar a população e sobretudo estabelecer uma relação de confiança entre a população e os intervenientes no projecto.

Em 2008, iniciou-se a implementação do projecto com a instalação de painéis fotovoltaicos em 6 edifícios, durante o projecto-piloto, e em 2009 em mais três edifícios. Distribuíram-se cerca de 11000 lâmpadas pelos residentes e realizaram-se várias acções de sensibilização para a utilização racional da energia e para promover a eficiência energética. Em 2010, efectuou-se a instalação de cinco unidades de microprodução no condomínio Av. Timor Lorosae.



Figura 2.44 - Unidades de microgeração instaladas no

condomínio Timor Lorosae (AMES, 2012).

Tendo em conta alguns resultados já analisados nos Relatórios realizados pela Agência Municipal de Energia de Sintra conclui-se que, durante o 2º semestre de 2011, em todas as unidades de microgeração (5 unidades instaladas no Condomínio Timor Lorosae), a produção foi superior às previsões em todos os meses, excepto em Agosto uma vez que se registaram valores anormais de nebulosidade, afectando a produção fotovoltaica; e durante o 1º semestre de 2012 a produção voltou a ser superior às previsões em todos os meses.

Portanto, os resultados positivos alcançados na microprodução possibilitaram a diminuição dos custos com energia para os habitantes do bairro e permitiram que fossem evitadas cerca de 12,5 toneladas de CO₂ durante o período analisado (1 ano), contribuindo para a meta nacional de redução de emissões estabelecida no Plano Nacional para as Alterações Climáticas, PNAC.

Além das acções já efectuadas no bairro, existem projectos futuros a desenvolver, tais como:

- Identificar novos investidores;
- Replicar o projecto para os 200 edifícios do bairro;
- Atribuir Distinções – Edifício Verde (premiando aderentes);
- Promover sessões de sensibilização da população residente;
- Realizar Certificações Energéticas dos edifícios;
- Requalificar os edifícios e os espaços verdes;
- Instalar painéis nos postes de electricidade;
- Reciclar resíduos;
- Reaproveitar águas pluviais;
- Desenvolver infraestruturas colectivas;
- Implementar a agricultura biológica.

Paralelamente, a requalificação do bairro e o fundo de investimento gerado pela venda de electricidade vão permitir a colocação de isolamento nas fachadas e coberturas e a colocação de vidros duplos com corte térmico, por forma a melhorar o conforto térmico das habitações.

Este projecto aumentou a qualidade de vida do Bairro de Mira Sintra e da sua população e pretende servir de exemplo, promovendo o aumento da sustentabilidade do concelho de Sintra.

A tabela 2.5 apresenta a síntese das componentes e medidas de melhoria de eficiência energética e desempenho energético dos edifícios, implementadas nos Estudos de Caso anteriormente apresentados.

Tabela 2.5 - Tabela síntese das componentes e medidas implementadas nos estudos de caso anteriormente analisados.

Caso	Componentes		Medidas implementadas
<p>BedZed, Sutton, Reino Unido Primeira comunidade sustentável sem emissões de carbono no Reino Unido.</p>	Ambiental e económica.	Uso exclusivo de energias renováveis.	Rede de energia, auto-suficiente, exclusivamente a partir de fontes renováveis – principal objectivo.
		Evitar gastos excessivos com transporte de materiais e alimentos.	Utilização de materiais de construção a partir de fornecedores locais. Criação de uma rede de agricultura para consumo local.
		Diminuir os gastos e o consumo de água.	Instalação de sistemas de reaproveitamento de água (água da chuva e água reutilizada). Instalação de torneiras de baixo caudal, autoclismos pequenos e banheiras menores.
	Melhoria do desempenho energético e do conforto térmico das habitações.	Conservação da energia.	Construção com recurso a materiais maciços com bom comportamento térmico. Correcta orientação solar dos edifícios (terraços orientados a Sul para maximizar os ganhos solares passivos; escritórios orientados a Norte para evitar o sobreaquecimento).
	Melhoria da eficiência energética dos equipamentos.	Redução dos requisitos de energia.	Iluminação de baixo consumo e electrodomésticos energeticamente eficientes.
<p>Vauban, Friburgo, Alemanha Bairro com preocupações ecológicas, sociais, culturais e económicas a longo prazo.</p>	Ambiental e económica	Poupança e produção de energia.	Construção de “casas passivas”, casas que consomem menos energia que o normal e construção de “casas passivas melhoradas” que produzem mais energia que aquela que consomem, vendendo a que não necessitam.
	Ambiental e económica. Melhoria do conforto térmico das habitações.	Produção de energia.	Rede de aquecimento e cogeração alimentada por 80% de lascas de madeira e 20% de gás.
	Ambiental e económica.	Produção de energia.	Utilização de radiação solar para produção de energia (2500 m ² de painéis fotovoltaicos) e para aquecimento de AQS (500 m ² de painéis solares) – é um dos maiores bairros solares europeus. Geração de biogás a partir de fezes e de lixo orgânico, utilizado para cozinhar.
		Reaproveitamento de águas.	Sistema de recolha de águas pluviais, através de infiltração, existente em 80% da área residencial. Reintrodução das águas residuais domésticas no ciclo da água após limpeza através de biofiltros constituídos por plantas.

Caso	Componentes		Medidas implementadas
		Incentiva a redução do uso do automóvel.	Não existem estacionamentos à porta das residências. Transportes alternativos para curtas distâncias: bicicleta; Transportes alternativos para distâncias maiores: autocarros e eléctricos.
Hammarby Sjöstad, Estocolmo, Suécia Sistema residencial baseado no uso de recursos sustentáveis, sistema de reciclagem “circuito fechado”.	Ambiental e económica.	Produção de energia.	Energia eléctrica – Painéis fotovoltaicos instalados nos telhados das habitações. Produção de biogás através de lamas.
		Produção de energia Redução do consumo de água.	Produção de energia através da combustão de óleo orgânico (16% da energia produzida no sistema de reciclagem “circuito fechado”). Energia hídrica – a partir de águas residuais (34% da energia produzida no sistema de reciclagem “circuito fechado”).
	Ambiental e económica. Melhoria do conforto térmico das habitações.	Produção de energia. Redução dos resíduos de aterro e dos resíduos produzidos.	Reciclagem dos resíduos combustíveis existentes no lixo doméstico utilizados para incineração, aproveitando-se o calor libertado para aquecimento das habitações (50% da energia produzida no sistema de reciclagem “circuito fechado”).
	Mira Sintra Um Bairro Sustentável, Sintra, Portugal Projecto de reabilitação energética, ambiental e social.	Ambiental e económica.	Produção de energia
Gestão de resíduos.			Reciclagem de resíduos.
Diminuição dos consumos/custos com água.			Reaproveitamento de águas pluviais.
Melhoria do conforto térmico das habitações.	Conservação da energia	Colocação de isolamento nas fachadas e coberturas e a colocação de vidros duplos com corte térmico.	

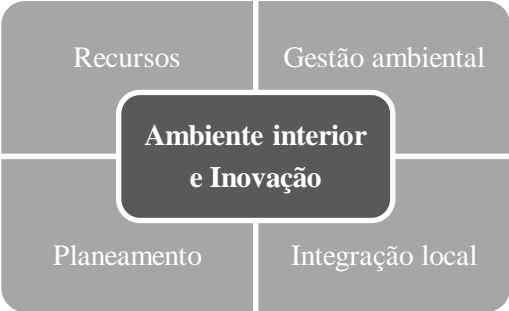
2.8.2 Factores e parâmetros mais determinantes para a eficiência energética dos edifícios

No quadro de desenvolvimento de um conjunto de factores que permitam identificar quais os determinantes que maior influência detêm para o sucesso das soluções com maior eficiência energética, desenvolve-se uma listagem em forma de tabela dos Estudos de Caso e respectivos parâmetros utilizados pelos sistemas de avaliação ambiental (tabela 2.6).

Tabela 2.6 - Matriz de coincidências/correlações - Estudos de Caso e respectivos parâmetros de avaliação ambiental.

	Parâmetros	Casos	BedZed, Sutton, Reino Unido Primeira comunidade sustentável sem emissões de carbono no Reino Unido.	Vauban, Friburgo, Alemanha Bairro com preocupações ecológicas, sociais, culturais e económicas a longo prazo.	Hammarby Sjöstad, Estocolmo, Suécia Sistema residencial baseado no uso de recursos sustentáveis, sistema de reciclagem “circuito fechado”.	Mira Sintra Um Bairro Sustentável, Sintra, Portugal Projecto de reabilitação energética, ambiental e social.
Ambiente Interior	Conforto Higrotérmico		✓	✓	✓	✓
	Conforto Iluminação		✓			
	Conforto Térmico		✓	✓	✓	✓
	Saúde e Bem-estar		✓	✓	✓	✓
Aspectos socioeconómicos e políticos	Aspectos globais de política		✓		✓	✓
	Aspectos sociais		✓	✓	✓	✓
	Custos e economia		✓	✓	✓	✓
	Densidade de desenvolvimento e interação da comunidade		✓	✓	✓	✓
	Acesso para todos					✓
	Diversidade económica					✓
	Amenidade e interação social		✓	✓	✓	✓
Integração Local	Ambiente envolvente		✓	✓	✓	✓
	Ecologia local		✓	✓	✓	✓
	Ocupação do solo		✓	✓	✓	✓
	Paisagem e património				✓	
	Requalificação de terrenos devolutos		✓	✓	✓	

	Parâmetros	Casos	BedZed, Sutton, Reino Unido Primeira comunidade sustentável sem emissões de carbono no Reino Unido.	Vauban, Friburgo, Alemanha Bairro com preocupações ecológicas, sociais, culturais e económicas a longo prazo.	Hammarby Sjöstad, Estocolmo, Suécia Sistema residencial baseado no uso de recursos sustentáveis, sistema de reciclagem “circuito fechado”.	Mira Sintra Um Bairro Sustentável, Sintra, Portugal Projecto de reabilitação energética, ambiental e social.
	Transporte – Emissão de CO ₂	✓			✓	✓
Inovação	Inovação no campo da sustentabilidade e no processo de design	✓		✓	✓	✓
Gestão Ambiental	Conteúdos recicláveis	✓		✓	✓	✓
Planeamento	Controlo de Qualidade	✓		✓	✓	✓
	Durabilidade	✓		✓	✓	✓
	Planeamento de operação do edifício	✓		✓	✓	✓
	Planeamento de construção	✓		✓	✓	
Recursos	Conservação da água	✓		✓	✓	✓
	Conservação de Energia	✓		✓	✓	✓
	Aproveitamento de águas residuais	✓		✓	✓	
	Aproveitamento de águas pluviais	✓		✓		✓
	Eficiência da água existente na envolvente	✓		✓	✓	
	Eficiência dos sistemas prediais	✓		✓	✓	✓

	Parâmetros \ Casos	BedZed, Sutton, Reino Unido Primeira comunidade sustentável sem emissões de carbono no Reino Unido.	Vauban, Friburgo, Alemanha Bairro com preocupações ecológicas, sociais, culturais e económicas a longo prazo.	Hammarby Sjöstad, Estocolmo, Suécia Sistema residencial baseado no uso de recursos sustentáveis, sistema de reciclagem “circuito fechado”.	Mira Sintra Um Bairro Sustentável, Sintra, Portugal Projecto de reabilitação energética, ambiental e social.
	Energia renovável	✓	✓	✓	✓
	Materiais	✓	✓	✓	
	Prioridade regional	✓			
	Produção local de produtos alimentares	✓			✓
Factores determinantes para a eficiência energética					

Perante o exposto os factores determinantes para a eficiência energética são, em primeiro lugar o Ambiente interior e a Inovação, seguindo-se os Recursos, a Gestão ambiental, o Planeamento e a Integração local.

SÍNTESE

Actualmente, o estilo de vida adoptado pela maioria da população exige um consumo exagerado de recursos energéticos devido ao aumento do consumo de energia e matérias-primas necessárias à sua produção. Por isso, para bem do ambiente e da humanidade, há que intervir apostando fortemente na utilização de fontes de energia renováveis, e portanto inesgotáveis, na produção de energia a partir destas e sobretudo numa diminuição dos consumos energéticos.

Relativamente a todo o ciclo de vida de um edifício, a maior parcela de utilização de energia ocorre durante a fase operacional do seu tempo de vida (superior a 40 anos alcançando em muitos casos os 100 anos), o que acontece devido aos consumos energéticos com a utilização de aparelhos ineficientes, instalados em edifícios com um mau desempenho energético.

A sensibilidade para a importância da utilização de energias renováveis é cada vez maior, no entanto, o número atingido ainda é muito inferior ao pretendido, para que se alcance uma construção mais sustentável. Relativamente à produção de electricidade a partir de energia solar, talvez não se aposte tanto como deveria, pois apesar de Portugal apresentar uns óptimos níveis de radiação solar, o custo de investimento ainda é bastante elevado devido ao fabrico sofisticado dos módulos fotovoltaicos. Existe ainda a possibilidade de aproveitar a radiação solar para aquecimento de águas sanitárias o que se torna mais económico. As famílias que aderirem à microprodução de energia, conseguem baixar as suas facturas de electricidade ou gás em cerca de 70%.

Deste modo, é importante adoptar medidas que visem:

- Aumentar o desempenho energético dos edifícios;
- Melhorar a eficiência energética dos edifícios; e
- Utilizar equipamentos energeticamente eficientes.

Previamente à implementação de qualquer medida é importante investigar qual o nível de desempenho energético do edifício, o que pode ser verificado tendo em conta os sistemas de avaliação de desempenho energético referidos anteriormente. Perante os resultados desta avaliação, pode optar-se por intervencionar o edifício realizando uma reabilitação energética do mesmo, ou apenas pela instalação de painéis fotovoltaicos que permitam a criação de uma unidade de microprodução de energia.

3. METODOLOGIA PARA A REABILITAÇÃO ENERGÉTICAS DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

3.1 AUSÊNCIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

Para que seja possível reduzir significativamente os consumos de energia, é importante adoptar medidas de melhoria de eficiência energética dos edifícios quer através de intervenções realizadas aos mesmos quer pelo papel que o cidadão desempenha.

Algumas intervenções eficazes em edifícios podem conduzir a poupanças de 30-35% no consumo de energia, mantendo ou até mesmo melhorando as condições de conforto. Os cidadãos devem adoptar comportamentos inteligentes e devem seleccionar equipamentos mais eficientes, (Projecto EnerBuilding, 2008).

Características que contribuem para um mau desempenho energético do edifício

Existem determinadas características de construção que contribuem para o mau desempenho energético dos edifícios, tais como, (DGEG, 2004c):

- Isolamento térmico insuficiente nos elementos opacos da envolvente;
- Existência de pontes térmicas na envolvente do edifício;
- Presença de humidade (afectando a durabilidade);
- Baixo desempenho térmico de vãos envidraçados e portas, originando grandes perdas de calor por transmissão térmica e por infiltrações de ar;
- Falta de protecções solares adequadas nos vãos envidraçados, originando sobreaquecimento no interior dos edifícios ou aumento das cargas térmicas e das necessidades energéticas no caso de habitações com sistemas de arrefecimento;
- Ventilação não-controlada, excessiva, originando maiores necessidades energéticas de aquecimento (Inverno), ou insuficiente, originando níveis de humidade relativa maiores no Inverno e sobreaquecimento no Verão, o que causa desconforto para os ocupantes, fenómenos de condensação e baixo nível de qualidade do ar interior.

Os excessivos consumos de energia são influenciados não só pelas condições referidas anteriormente como também, por comportamentos inadequados por parte dos ocupantes, tais como, (DGEG, 2004c):

- Manutenção dos sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento ligados, enquanto as janelas estão abertas;
- Climatização desnecessária dos espaços, permitindo temperaturas inferiores fora dos níveis recomendados, demasiado elevadas no Inverno e baixas no Verão.

As características de construção do edifício e dos sistemas de aquecimento e arrefecimento utilizados nas habitações têm grande influência nas condições de conforto, estando directamente relacionados com os custos de operação do edifício. Devem avaliar-se correctamente estas características para que se compreenda quais as linhas de acção que originam melhorias significativas no ambiente interior da habitação e menores custos de utilização de energia, (Projecto EnerBuilding, 2008).

3.2 MEDIDAS DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

3.2.1 Características exteriores dos edifícios

Um edifício deve ser projectado e construído tendo em atenção o local onde vai ser implementado. As condições climáticas do local são extremamente importantes para que o edifício seja energeticamente eficiente, proporcionando conforto aos seus moradores e recorrendo de forma

controlada à utilização de sistemas de aquecimento ou arrefecimento que consomem demasiada energia. Caso não se tenha em atenção estes aspectos um edifício nunca será um edifício eficiente.

Os custos energéticos que são despendidos na remodelação, construção e exploração dos edifícios são consideráveis, não podendo ser desprezados. Durante muitos anos existiu a falta de um quadro legal que regulamentasse a adopção desde a fase de projecto de soluções que visassem a diminuição dos consumos e a conservação de energia, o que fez com que se estivesse exclusivamente dependente da consciencialização e qualificação dos diferentes intervenientes no processo, (Amado, 2001).

Existem características exteriores dos edifícios que influenciam o seu desempenho energético, e devem ser consideradas logo na fase de projecto, tais como, (Projecto EnerBuilding, 2008):

- Forma do edifício: para que um edifício seja energeticamente eficiente deve ter uma relação superfície/volume baixa, ou seja, quanto menores forem as superfícies exteriores do edifício que envolve um volume aquecido, menores serão as transferências de calor (do interior, aquecido, para o exterior da habitação);
- Localização do edifício: é muito importante relativamente às necessidades térmicas do espaço interior, deve verificar-se qual a zona climática e se está localizado numa área com boa ventilação, mas sem estar sujeito a ventos fortes;
- Orientação e captação de energia solar: o grau de conforto térmico e os gastos de energia de um edifício são determinados perante a capacidade deste captar radiação solar nos períodos de maior necessidade (Inverno) e de ter a menor superfície possível exposta à luz solar quando existe a necessidade de dissipar calor (Verão), por isso, normalmente um edifício que seja muito eficiente no Inverno é pouco eficiente no Verão, ou vice-versa, existindo excepções. Regra geral prefere-se que a exposição solar das superfícies a Este e Oeste seja reduzida principalmente durante o Verão, e deve reduzir-se as paredes e janelas orientadas a Norte e aumentar as que estão orientadas a Sul, durante o Inverno. Podem obter-se bons resultados recorrendo a sistemas simples de protecção de janelas.

3.2.2 Evolução das soluções construtivas de elementos da envolvente exterior – paredes exteriores e vãos envidraçados

Existem diversos problemas relacionados com a energia na envolvente dos edifícios. Um edifício pode dividir-se em envolvente exterior e em envolvente interior. A envolvente exterior “é o conjunto dos elementos do edifício ou da fracção autónoma que estabelecem a fronteira entre o espaço interior e o ambiente exterior”. A envolvente interior “é a fronteira que separa a fracção autónoma de ambientes normalmente não climatizados (espaços anexos «não úteis»), tais como garagens ou armazéns, bem como de outras fracções autónomas adjacentes em edifícios vizinhos”, (Decreto-Lei n.º 80/2006).

Tal com analisado anteriormente, os edifícios podem não apresentar necessidades de reparação mas na realidade devem ser intervencionados para que se alcance uma melhoria do seu desempenho energético, para isso deve proceder-se a uma análise da sua envolvente.

A envolvente exterior é constituída pelas paredes exteriores e pelos vãos envidraçados, logo é importante analisar separadamente estes elementos.

Quanto às paredes exteriores a solução construtiva adoptada varia com a época de construção, havendo um aumento do uso de isolamento térmico a partir da entrada em vigor do RCCTE (1991), documento revogado pelo REH (2013), e conseqüentemente uma melhoria significativa do desempenho térmico dos edifícios (ver figura 1 do anexo VIII), (QUERCUS, 2008).

Analisando do mesmo modo as superfícies envidraçadas (ver figura 2 do anexo VIII), verifica-se a mesma tendência de melhoria depois da entrada em vigor do primeiro RCCTE. É de salientar o facto

de existirem vidros duplos com caixilharia PVC e vidros duplos com caixilharia de alumínio com corte térmico em habitações construídas antes de 1991, o que se deve a situações de reabilitação, (QUERCUS, 2008).

O desempenho energético de uma habitação é afectado pelas trocas de calor entre o ambiente exterior e interior do edifício, assim sendo o sistema construtivo da envolvente deverá depender da região em que este se insere.

3.2.3 Medidas de reabilitação para melhoria da eficiência energética

As medidas de eficiência energética que podem ser aplicadas na envolvente dos edifícios residenciais já existentes, podem realizar-se através de, (DGEG, 2004c):

- Reforço da sua protecção térmica – aumentando o isolamento térmico dos elementos da envolvente e controlando os ganhos solares através dos vãos envidraçados utilizando protecções solares adequadas – medida de reabilitação;
- Controlo das infiltrações de ar – reparando ou reabilitando a caixilharia exterior – medida de reabilitação;
- Recurso a tecnologias solares passivas – medida alternativa.

Tendo em consideração a análise custo-benefício as medidas de eficiência energética a adoptar deverão incidir em primeiro lugar na cobertura, de seguida no pavimento sobre espaços exteriores e só depois nas paredes exteriores, (DGEG, 2004c).

Habitualmente os custos associados à substituição de vidro simples por duplo, ou à substituição da caixilharia por uma com melhor desempenho térmico são maiores que os custos associados às medidas de melhoria das paredes exteriores e coberturas. Contudo, não deve ser esquecido o facto dos vãos envidraçados terem um importante peso no balanço térmico dos edifícios, podendo no Inverno ser responsáveis por 35 a 40% das perdas térmicas, e no Verão por sobreaquecimento interior exigindo maiores necessidades de arrefecimento que a restante envolvente exterior. Assim sendo, é extremamente essencial que se proceda a uma análise cuidada da sua implementação. Para melhoria da eficiência energética dos vãos envidraçados, também podem ser adoptadas medidas solares passivas, (DGEG, 2004c).

Perante as necessidades e deficiências dos edifícios de habitação e tendo em conta a sua época de construção, devem ser adoptadas soluções de reparação adequadas ao nível da envolvente exterior (pavimentos, paredes, coberturas e vãos envidraçados).

Envolvente opaca – Pavimentos

As perdas de calor pelos pavimentos são pouco significativas quando comparadas com as perdas através das paredes ou das coberturas, no entanto também condicionam o conforto térmico e a eficiência energética dos edifícios.

Quando os pavimentos estão em contacto com o exterior ou com espaços interiores não-aquecidos deve reforçar-se o isolamento térmico, as soluções apresentam-se na tabela 1 em anexo VIII.

O isolamento térmico inferior é a melhor opção do ponto de vista térmico, é uma solução mais rápida de executar, mais fácil e mais económica, no entanto, apenas pode ser utilizada quando o espaço subjacente ao pavimento é acessível e quando a redução do pé direito desse espaço não causa perturbações.

Envolvente opaca – Paredes exteriores

Para que seja possível uma melhoria do desempenho energético do edifício e do conforto, e uma diminuição dos custos de exploração uma das opções é reforçar o isolamento térmico das paredes exteriores.

Tipos de soluções de reforço do isolamento térmico de paredes exteriores e suas características de eficiência energética e de cariz económico apresentam-se na tabela 2 em anexo VIII.

Analisando todas as soluções, considera-se que a mais adequada para reforço do isolamento térmico em paredes exteriores é quando o isolamento térmico é aplicado pelo exterior, isto porque, diminui o risco de ocorrência de condensações internas, corrige as pontes térmicas eficazmente, não reduz a área útil das fracções e torna a parede mais impermeável à água. Contudo, é uma solução pouco recomendada do ponto de vista da arquitectura exterior do edifício porque, modifica o seu aspecto. A espessura de isolamento a utilizar varia conforme o tipo de parede e os requisitos mínimos regulamentares.

Envolvente opaca – Pontes térmicas planas

As pontes térmicas planas ocorrem devido à existência de elementos estruturais tais como, pilares, talões de viga e caixas de estore e apresentam uma resistência térmica inferior à do elemento da envolvente onde se inserem, (Isabel, 2014).

As pontes térmicas lineares ocorrem nas ligações entre elementos construtivos diferentes, nas quais ocorrem perdas de calor devido à alteração da geometria da envolvente, diminuição da resistência térmica na zona em causa e à interrupção do isolamento térmico, (Isabel, 2014).

A generalidade das pontes térmicas podem ser tratadas recorrendo às soluções propostas para as paredes exteriores, no entanto, no caso das caixas de estore é necessário combinar uma dessas soluções com a colocação de isolamento térmico no interior da caixa (Freitas, *et al.*, 2011).

O tratamento térmico realizado pelo interior é menos eficaz que o tratamento realizado pelo exterior, pois nem sempre garante a continuidade do isolamento na zona da ponte térmica, (Isabel, 2014).

Envolvente opaca – Coberturas

É o elemento sujeito a maiores amplitudes térmicas, sendo por isso, a intervenção de reabilitação energética prioritária. A sua reabilitação traz benefícios relativamente à diminuição das necessidades energéticas. É de salientar que se trata de uma medida muito simples e menos dispendiosa. As soluções recomendadas apresentam-se na tabela 3 do anexo VIII.

Os **principais isolantes térmicos** utilizados na reabilitação térmica dos pavimentos, paredes exteriores e coberturas nas soluções acima apresentadas, encontram-se mencionados na figura 3 do anexo VIII.

Vãos envidraçados

Além do reforço de isolamento térmico nas paredes é importante reabilitar os vãos envidraçados para diminuir as perdas térmicas para o exterior, reduzir as infiltrações de ar não-controladas e melhorar a ventilação natural, aumentar a captação de ganhos solares no Inverno e reforçar a protecção da radiação solar no Verão (ver tabela 4 do anexo VIII).

É muito importante, sempre que possível, adoptar janelas etiquetadas (ver figura 4 do anexo VI).

3.2.4 Medidas de melhoria do desempenho energético das habitações

Além das medidas de reabilitação podem ser implementadas outras medidas que contribuem significativamente para um edifício energeticamente mais eficiente, como por exemplo:

Iluminação natural (DGEG, 2004c)

É a forma mais confortável e económica de iluminar um espaço. No entanto, é uma preocupação que deve estar presente desde o início do projecto da habitação, sendo difícil a sua posterior correcção. A iluminação do espaço depende do tipo de ocupação que este terá, os fogos com permanência de pessoas durante o dia devem dispor-se de modo a que os respectivos vãos envidraçados se orientem para Sul, Nascente e Poente, onde o Sol terá incidência directa.

A coloração dos espaços também influencia bastante a iluminação, tectos e paredes brancos ou de cores claras facilita a reflectividade da luz.

A adopção de técnicas que permitam o recurso à iluminação vertical facilitam a distribuição da luz, por exemplo, através da instalação de clarabóias, lanternins, poços de luz, entre outras.

Os espaços com uma profundidade duas vezes superior ao seu pé direito, deveram estar dotados de mais do que uma abertura para o exterior, para que com recurso à iluminação bidireccional seja possível que todas as zonas da fracção recebam luz.

A área de envidraçados deve ser calculada de forma cuidada interligando aspectos de iluminação, bem como de aquecimento e arrefecimento para minimizar o consumo de energia. Devem ser recordadas as medidas de reabilitação de vãos envidraçados, já referidas anteriormente, para que funcionem na perfeição alcançando uma melhor eficiência energética.

O recurso à iluminação artificial deve ser o menor possível e devem ser utilizadas lâmpadas energeticamente mais eficientes.

Sistemas de sombreamento (Canha da Piedade, 1999)

Para protecção do interior dos edifícios pode recorrer-se a protecções externas como palas, toldos, persianas e portadas (figura 3.1), ou a protecções internas como cortinas e lâminas (figura 3.2). Na figura 3.3 encontra-se representado o sistema de sombreamento, de abertura. As árvores também são bons sistemas de sombreamento no Verão e não prejudicam os ganhos solares no Inverno, pois nesta estação do ano, se forem de folha caduca, não têm folhas, figura 3.4.

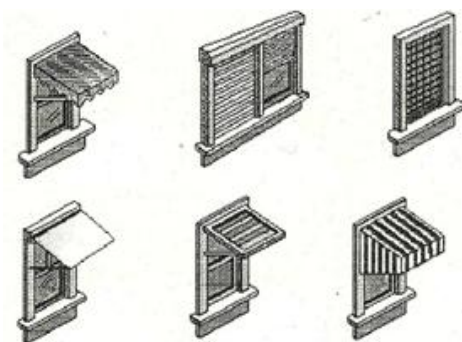


Figura 3.1 - Protecções externas, (Canha da Piedade, 1999).

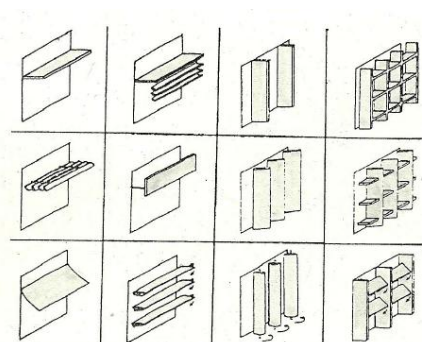


Figura 3.2 - Protecções internas, (Canha da Piedade, 1999).

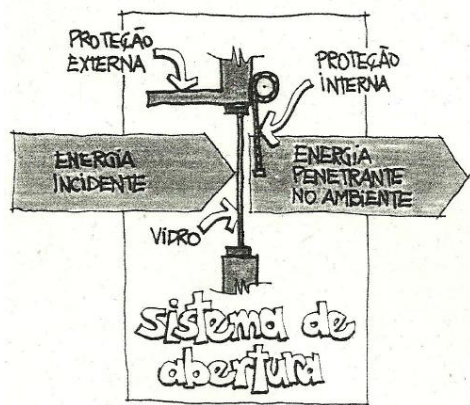


Figura 3.3 - Sistema de sombreamento, de abertura, (Canha da Piedade, 1999).

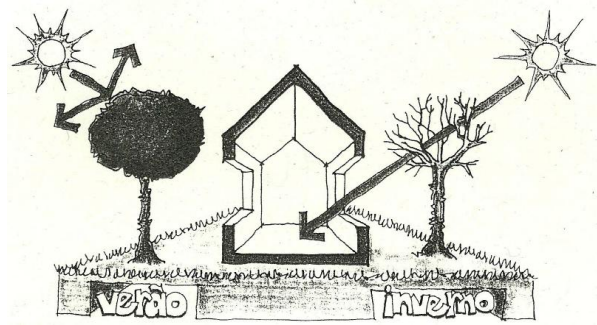


Figura 3.4 - Sistema de sombreamento natural – árvore, (Canha da Piedade, 1999).

Ventilação natural

As perdas por ventilação representam, no Inverno, cerca de 30% a 50% do consumo de energia, pelo que, do ponto de vista energético, seria desejável um valor de taxa de renovação horária do ar (R_{ph}) que fosse muito reduzido. No entanto, tal não é permitido, pois por razões de conforto higrotérmico, de saúde e de qualidade do ar interior é fundamental garantir uma taxa de renovação horária mínima, geral e permanente, de $0,6R_{ph}$, (Freitas, *et al.*, 2011).

A ventilação nos edifícios de habitação é um aspecto a considerar pois previne a ocorrência de diversas patologias.

A admissão de ar deve ser realizada através dos compartimentos principais (salas e quartos) e a saída de ar através dos compartimentos de serviço (cozinhas e instalações sanitárias). Para uma ventilação adequada de toda a habitação devem ser cumpridos os requisitos definidos na Norma Portuguesa 1037-1 2002 (Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás, Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural.) e na legislação nacional aplicável. É importante dar prioridade à utilização de ventilação natural mas caso esta se verifique insuficiente deve optar-se por instalar um sistema mecânico de extracção devidamente dimensionado.

Algumas recomendações a adotar no caso dos sistemas de ventilação naturais e mistos são, (Freitas, *et al.*, 2011):

- Admissão de ar nos compartimentos principais – efectuada através de aberturas auto-reguláveis colocadas nas fachadas;
- Extracção de ar – efectuada em todos os compartimentos de serviço;
- Permeabilidade ao ar das caixilharias – deve ser reduzida;
- Promover a passagem de ar entre compartimentos – devem utilizar-se dispositivos como grelhas aplicadas nas portas ou paredes ou prever a existência de folga na porta.
- Extracção natural de ar das instalações sanitária – devem utilizar-se grelhas adequadas, a tubagem deve ser isolada e devem instalar-se ventiladores estáticos.
- Instalação de ventiladores individuais nas cozinhas – devem ter velocidade variável e caudal mínimo constante associados a grelhas reguláveis de admissão de ar.

No Verão, à noite, a ventilação natural é desejável, e essa ventilação deve ser possível garantindo a segurança do edifício e o conforto acústico.

A ventilação mecânica é difícil de implementar em obras de reabilitação de edifícios, pois implica a instalação de condutas, tornando-se muito dispendiosa.

Protecção do edifício com espécies vegetais (Canha da Piedade, 1999)

A colocação de espécies vegetais nas fachadas dos edifícios protegem o interior do edifícios bem como os materiais de revestimento deste, quanto ao calor, frio, vento, chuva ruído e CO₂ (promove a rápida degradação de alguns materiais) figura 3.5.

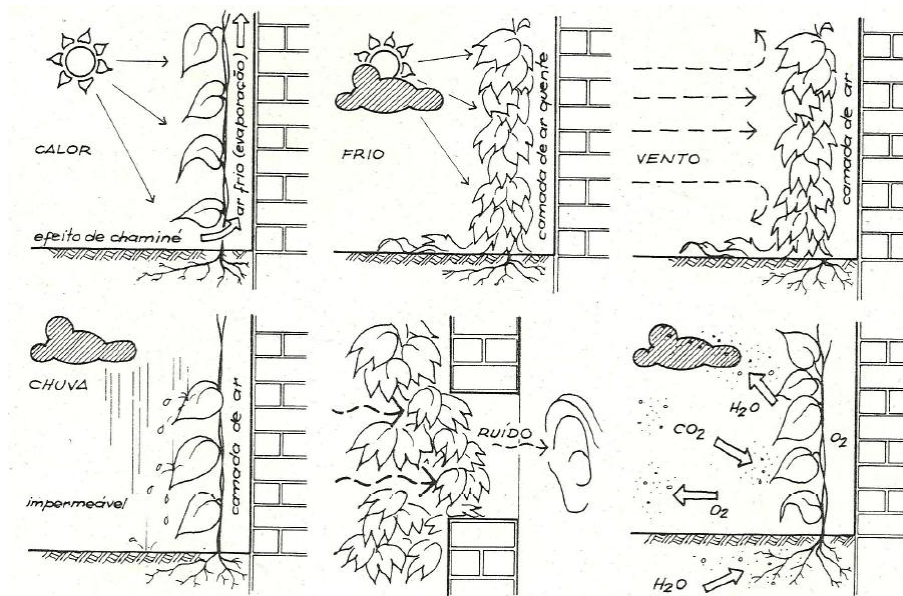


Figura 3.5 - Protecção do edifício com espécies vegetais contra as condições climáticas do exterior, (Canha da Piedade, 1999).

Hábitos dos moradores

Existem hábitos dos moradores que têm um peso significativo relativamente à conservação de energia, tais como:

- Abrir as janelas sempre que as condições sejam favoráveis, ou seja, no Verão, durante a noite, quando a temperatura do ar exterior é inferior à temperatura do ar interior, e no Inverno, quando ocorre o inverso;
- Abrir totalmente as janelas para ventilação por períodos curtos, em alternativa à abertura parcial das mesmas por longos períodos de tempo;
- Fechar os vãos envidraçados nos períodos nocturnos de Inverno, ou quando ocorram ganhos solares excessivos

3.2.5 Interpretação da Certificação Energética dos edifícios

A certificação energética tem como principal objectivo analisar quais as maiores deficiências relativamente às necessidades de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e energia primária e perceber quais as técnicas construtivas que devem ser utilizadas em reabilitação por forma a melhorar o desempenho energético dos edifícios. Propõe medidas de melhoria do desempenho energético aplicáveis em caso de intervenção no edifício. Essas medidas variam conforme as necessidades

verificadas em cada área. Na figura 3.6 encontram-se as percentagens do potencial de melhoria relativas a cada linha de acção.

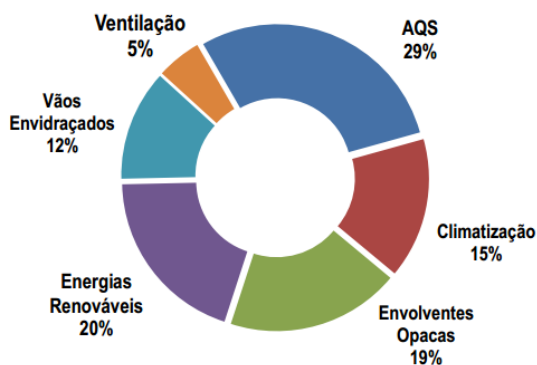


Figura 3.6 - Percentagem de propostas de melhoria nas diferentes linhas de actuação para melhoria da eficiência energética nos edifícios, (ADENE, 2013b).

Com as medidas de melhoria aplicadas ao nível dos parâmetros térmicos das janelas, paredes e coberturas, prevê-se que o cenário de evolução seja o apresentado na figura 3.7 e na figura 3.8. O objectivo em 2020 é alcançar resultados para que os novos edifícios sejam nZEB.

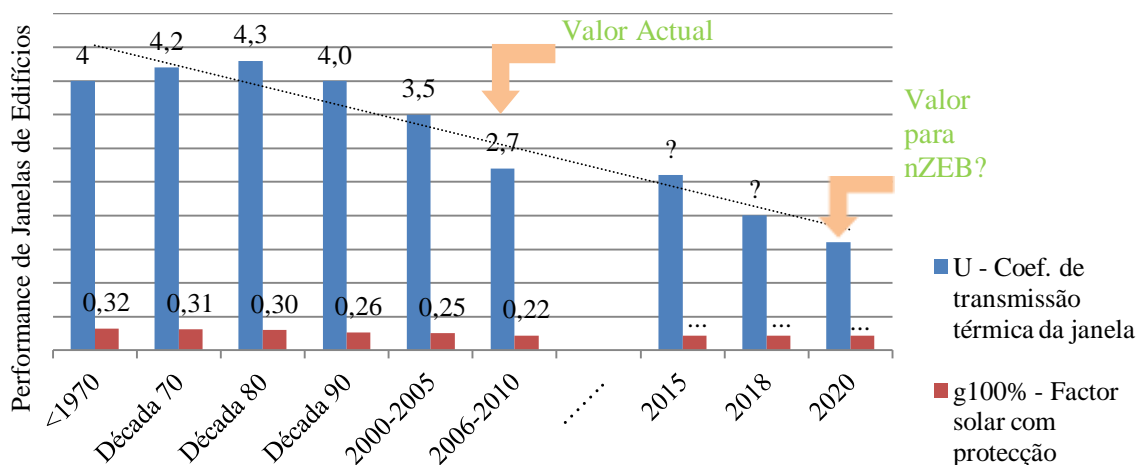


Figura 3.7 - Cenário de evolução de parâmetros térmicos de janelas (ADENE, 2012a).

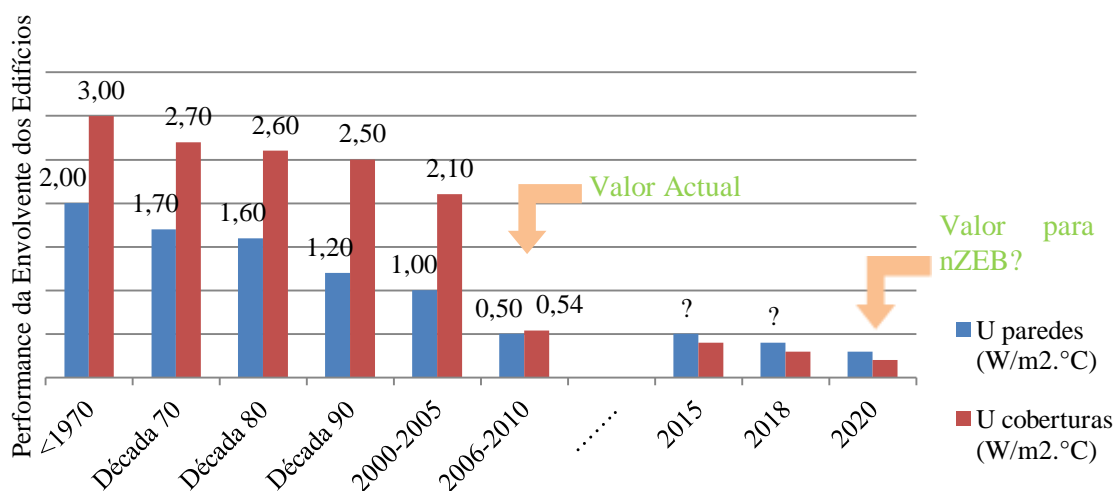


Figura 3.8 - Cenário de evolução de parâmetros térmicos de Paredes e Cobertura, (ADENE, 2012a).

Os edifícios anteriores a 2006 apresentam elevadas necessidades de energia, Figura 3.9. Com a introdução do RCCTE em 2006 na legislação nacional, essas necessidades baixaram significativamente ao nível do aquecimento e das AQS, figura 3.10.

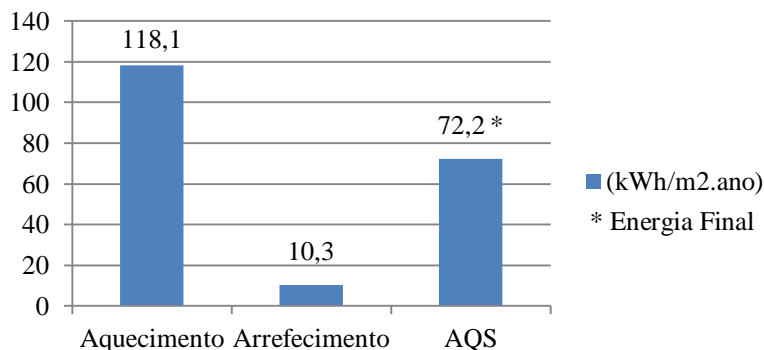


Figura 3.9 - Necessidades de energia dos edifícios anteriores a 2006, (ADENE, 2012a).

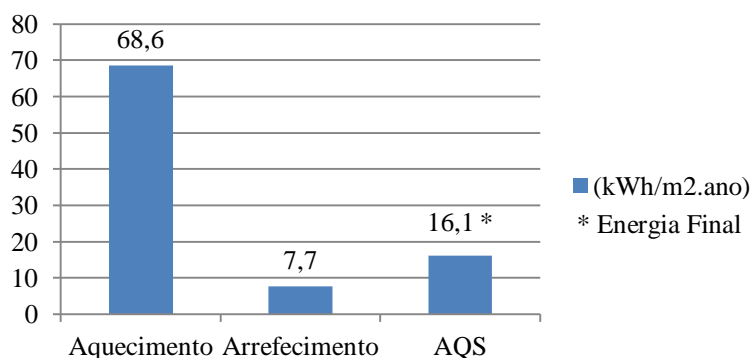


Figura 3.10 - Necessidades de energia dos edifícios de 2006 e posteriores, (ADENE, 2012a).

As necessidades de energia para aquecimento baixaram devido a uma melhoria da envolvente e as necessidades de energia para AQS baixaram devido ao recurso a energias renováveis. A grande maioria dos edifícios novos já prevê solar térmico o que não acontecia nos edifícios já existentes. Analisando os certificados emitidos para edifícios já existentes, CEs, apenas 5% dos edifícios apresentavam solar térmico (ver figura 4 do anexo VIII), enquanto que, analisando os certificados emitidos em fase de projecto para edifícios novos, DCRs, 94% apresentavam solar térmico (ver figura 5 do anexo VIII).

Devido à relevância das necessidades de aquecimento, na figura 3.10 pode observar-se a evolução das necessidades de energia para aquecimento devido ao nível de eficiência nos edifícios residenciais. Pretende-se que, com a aplicação de medidas de melhoria, se consiga em 2020, alcançar resultados que correspondam a edifícios nZEB.

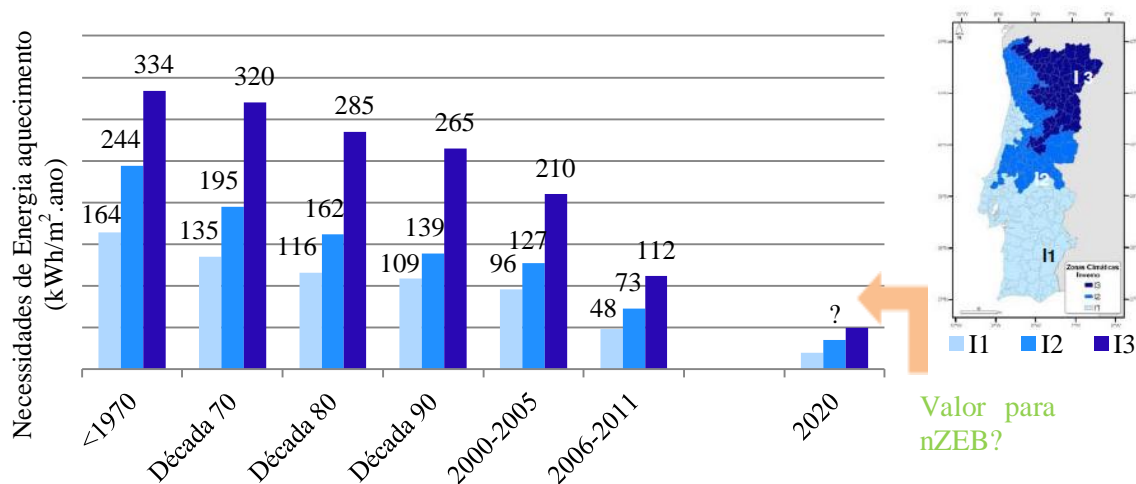


Figura 3.11 - Evolução das necessidades de energia para aquecimento (kWh/m².ano), (ADENE, 2012a).

Medidas de reabilitação sugeridas pela certificação energética

As propostas de medidas de melhoria nos certificados foram a ferramenta indutora de impacto da certificação energética. O certificado apresenta uma descrição sucinta das oportunidades de melhoria identificadas, bem como o custo estimado de investimento, a redução anual estimada da factura energética e a classe energética após a aplicação da medida.

Nas figuras 3.12, 3.13 e 3.14 apresentam-se excertos de certificados energéticos tipo, disponibilizados pela ADENE em diversas apresentações realizadas sobre o tema, onde pode ser observada a descrição das medidas de melhoria propostas:

Nº da Medida	Aplicação	Descrição da Medida de Melhoria Proposta	Custo Estimado do Investimento	Redução Anual Estimada da Fatura Energética	Classe Energética (após medida)
1		Aplicação de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve em paredes exteriores	550€	até 75€	C

* Edifício de habitação classificado energeticamente com classe C.

Figura 3.12 - Propostas de medidas de melhoria – Excerto de certificado energético exemplo 1 (ADENE a).

Nº da Medida	Aplicação	Descrição da Medida de Melhoria Proposta	Custo Estimado do Investimento	Redução Anual Estimada da Fatura Energética	Classe Energética (após medida)
1		Aplicação de isolamento térmico sob a laje de pavimento interior	2.300€	até 300€	D
2		Substituição do equipamento atual e/ou instalação de caldeira de condensação para preparação de águas quentes sanitárias	2.500€	até 400€	C
3		Substituição do equipamento atual e/ou instalação de sistema de ar condicionado multisplit reversível (bomba de calor) tipo inverter com classe energética A, para climatização	6.000€	até 800€	C

* Edifício de habitação classificado energeticamente com classe E.

Figura 3.13 - Propostas de medidas de melhoria – Excerto de certificado energético exemplo 2 (ADENE a).

Nº da Medida	Aplicação	Descrição da Medida de Melhoria Proposta	Custo Estimado do Investimento	Redução Anual Estimada da Fatura Energética	Classe Energética (após medida)
1		Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolamento em paredes exteriores.	3.500€	até 300€	C
2		Instalação de uma segunda caixilharia interior e melhoria do fator solar dos vidros.	1.800€	até 250€	B
3		Instalação de sistema solar térmico individual.	2.500€	até 300€	A
4		Substituição do equipamento atual e/ou instalação de esquentador de elevado rendimento para preparação de águas quentes sanitárias.	700€	até 75€	B
5		Correção de patologias por via de substituição de caixilharias em elevado estado de degradação.	700€	até 100€	C

* Edifício de habitação classificado energeticamente com classe D.

Figura 3.14 - Propostas de medidas de melhoria – Excerto de certificado energético exemplo 3 (ADENE, 2013a).

O actual SCE aposta fortemente na qualidade térmica dos elementos da envolvente. Uma das medidas de melhoria proposta com mais frequência ocorre ao nível da caixilharia e dos vãos envidraçados.

Quando se analisam os resultados referentes à classificação energética dos edifícios certificados no 1º semestre de 2009 (SCE versão 1.0), figura 3.15, conclui-se que, se todas as medidas de melhoria sugeridas nos certificados forem implementadas, os edifícios acima do limite mínimo para edifícios novos deixa de ser 40% e passa a ser 86%, ou seja, passam a existir mais edifícios de classes A+, A, B e B-, o que é um sinal bastante positivo, figura 3.16.

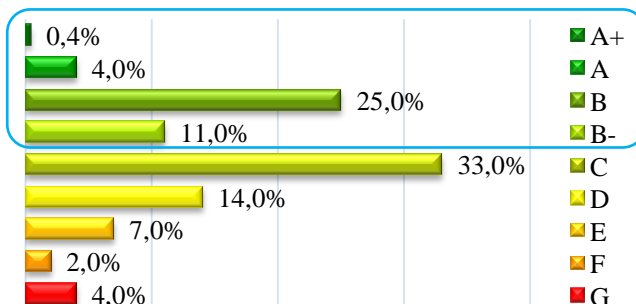


Figura 3.15 - Classificação energética (real) antes de implementadas as medidas de melhoria, 1º semestre 2009, (ADENE, 2010).

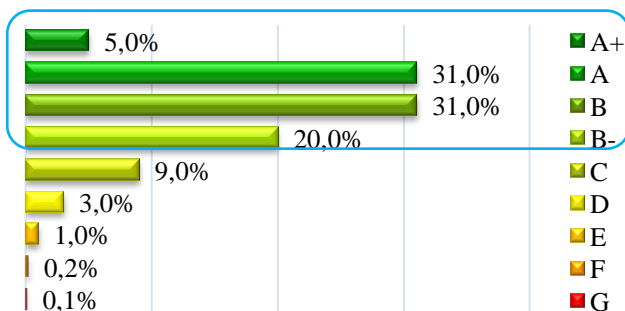


Figura 3.16 - Classificação energética (estimada) após implementadas as medidas de melhoria, 1º semestre 2009, (ADENE, 2010).

3.3 O CONTRIBUTO DA ENERGIA SOLAR PARA ALCANÇAR EDIFÍCIOS NZEB

As soluções passivas contribuem para a climatização do ambiente interior dos edifícios sem recurso a energia mecânica. Existem várias soluções solares que possibilitam a produção de calor, frio ou electricidade e outras que permitem uma significativa redução nos consumos energéticos, o que facilita que se alcance o objectivo nZEB.

Já foram anteriormente enumeradas algumas soluções solares passivas tais como: a orientação dos edifícios, a área de vãos envidraçados e a sua correcta localização, as palas de sombreamento, a iluminação natural, entre outras. Mas existem algumas que ainda não foram referidas, como por exemplo, (LNEG, 2010):

- Criação de sistemas de arrefecimento evaporativo – o solo e a vegetação que envolve o edifício, bem como a criação de espaços de água ou fontes com repuxo nas fachadas fazem variar as condições de inércia e de transmissividade da radiação solar;
- Melhoria do arrefecimento passivo e da ventilação natural – criando correntes de ar naturais através da remoção de paredes interiores ou criando aberturas adequadas em fachadas ou paredes interiores e ainda criando aberturas na cobertura por cima da caixa de escadas (efeito chaminé);
- Redução dos ganhos solares – utilizando cores claras nas fachadas e na cobertura;
- Utilização de sistemas Solares Térmicos ou destes em conjunto com bombas de calor – para aquecimento de águas, aquecimento ambiente e frio solar;
- Produção de electricidade por meio de sistemas solares fotovoltaicos;
- Produção de electricidade tirando partido do conceito BIPV (Building Integration of Photovoltaics). Este conceito assenta no facto de serem integrados na construção painéis solares como materiais de revestimento nas fachadas e coberturas, no entanto apenas se torna vantajosa a sua aplicação em edifícios novos poupando-se nos materiais de construção convencionais;
- Produção de electricidade e calor através de sistemas Solares de Concentração (CSP) de pequena dimensão. Estes sistemas são muito eficientes pois utilizam células de muito alta eficiência (multijunção) associadas a concentração, possibilitam a produção conjunta de electricidade e calor. As células multijunções permitem um melhor aproveitamento do espectro solar. São amplamente utilizadas a nível espacial. Contudo têm um custo elevado o que obriga a utilização de células de pequena dimensão e concentração para diminuir a área de células utilizada. O conceito de alta concentração engloba sistemas com óptica de reflexão ou refração.

A instalação de colectores solares térmicos é uma medida de melhoria de desempenho energético que deve ser implementada para aquecimento de águas sanitárias. A inclinação do colector influencia o seu rendimento. Um estudo realizado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) pretendeu avaliar o desempenho energético de colectores para diferentes inclinações: 5° coberturas em terraço, 22° inclinação média das coberturas em telha, 32° e 42° inclinações óptimas. Foi possível verificar que o desempenho energético dos colectores aumenta com o aumento da inclinação, figura 3.17, (Freitas, *et al.*, 2011).

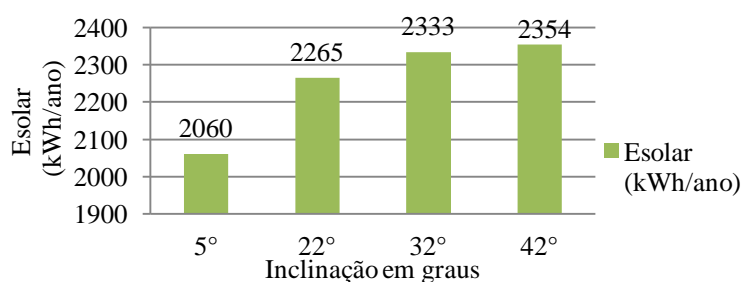


Figura 3.17 - Influência da variação da inclinação no rendimento dos colectores solares (4 m²), (Freitas, *et al.*, 2011).

Os dados apresentados de E_{solar} dizem respeito a 4 m² de colectores instalados num edifício no sul de Portugal. Mas as variações que ocorrem entre a inclinação mínima e a inclinação óptima são da mesma ordem de grandeza que as variações verificadas para os restantes concelhos do país.

Sistema solar passivo é aquele em que toda a energia térmica é transferida por meios naturais (radiação, condução e convecção natural), (Mendonça, 2005).

Os sistemas solares passivos para aquecimento classificam-se em três grupos, (Colombo, *et al.*, 1994):

- Ganho directo – a absorção, armazenamento e libertação de energia realiza-se directamente no compartimento, efeito de estufa (figura 3.18);
- Ganho indirecto – a radiação solar incide sobre uma massa térmica colocada entre o sol e o espaço a aquecer e a radiação absorvida por essa massa transforma-se em energia térmica que é transferida para o interior do edifício (figura 3.19);
- Ganho combinado – a captação de energia solar é realizada num espaço (estufa) ou num elemento (sistema termossifão) separado da zona habitável do edifício (figura 3.20).

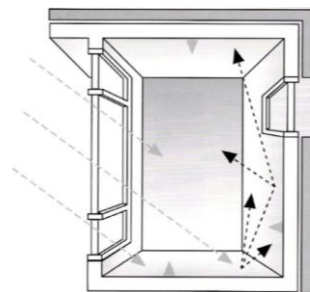


Figura 3.18 - Ganho Directo, (Colombo, *et al.*, 1994).

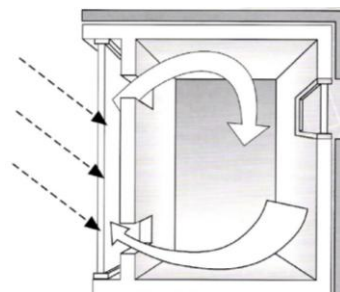


Figura 3.19 - Ganho Indirecto, (Colombo, *et al.*, 1994).

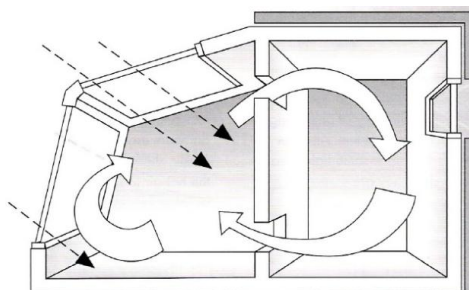


Figura 3.20 - Ganho Combinado, (Colombo, *et al.*, 1994).

Os sistemas solares passivos para arrefecimento classificam-se em três grupos, (Colombo, *et al.*, 1994):

- Arrefecimento directo – inclui a protecção solar e os procedimentos de arrefecer um ambiente colocando-o em contacto directo com a fonte fria (o céu durante a noite, o ar fresco nocturno, a terra ou a absorção do calor pela água ao evaporar-se);
- Arrefecimento indirecto – utiliza elementos (superfície radiante ou elemento de armazenamento térmico) que absorve o calor do edifício e radiando energia para o exterior ou permitindo o fluxo de ar fresco através dele conseguem arrefecê-lo;
- Arrefecimento separado – obtém ar fresco numa zona separada do ambiente que se pretende arrefecer através da circulação do ar exterior por uma tubagem enterrada ou que atravesse um leito de água, sendo que o ar arrefecerá mais quanto maior for o percurso antes de chegar ao edifício.

Na tabela 1 do anexo IX apresenta-se uma avaliação comparada dos sistemas solares passivos.

Donde se conclui que, todos os sistemas são vantajosos do ponto de vista energético uma vez que recorrem exclusivamente a energias renováveis.

Para alcançar os edifícios nZEB pretende-se que ocorra uma significativa diminuição do consumo de electricidade nos edifícios bem como uma maior produção desta a partir de fontes renováveis. Estes sistemas solares passivos permitem que tal facto aconteça contribuindo todos para que existam edifícios mais sustentáveis e com um melhor desempenho energético. Contudo, o recurso a uma só solução pode não ser suficiente para garantir as condições de conforto dos ocupantes.

4. AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO

4.1 OBJECTIVO

O edifício de habitação unifamiliar analisado é produtor de energia, além de consumidor, condição que no presente estudo foi tratada no sentido de compreender qual o contributo do sistema solar fotovoltaico instalado, para a avaliação entre necessidades de consumo e potencial de produção.

O objectivo consiste pois no estudo comparado entre o consumo/produção em dois diferentes momentos: de projecto e real – e com base nessa avaliação desenvolver uma análise custo-benefício relativamente ao sistema instalado.

4.2 OBJECTO DE ANÁLISE

O Caso de Estudo foca-se num edifício de habitação unifamiliar (figura 4.1), de dois pisos, na Urbanização Quinta do Perú, em Azeitão, concelho de Sesimbra. Situa-se numa parcela de terreno que confronta a norte e a poente com lotes onde foram construídos edifícios de habitação unifamiliar, e a sul e nascente com o campo de golfe.

O edifício foi projectado no ano 2000 e a sua construção foi concluída em 2002.

A parcela de terreno onde o edifício foi construído apresenta uma área total de 2.599,00 m², sendo a área de implantação da habitação de 366,05 m², cujas plantas constituem o anexo XVI.



Figura 4.1 - Vista da fachada principal do edifício de habitação.

O estudo realizado na fase ante-projecto apresentou uma proposta para as localizações das diferentes valências da habitação, tendo como premissa assegurar as áreas complementares ao pleno funcionamento da habitação e garantir o programa determinado num contexto de que ocorressem condições de privacidade na relação exterior/interior.

A elaboração do projecto realizou-se no ano 2000 e foram tidas em atenção as normas gerais e específicas da construção, bem como as disposições suplementares sobre compartimentos, pavimentos, paredes, coberturas, acessos verticais, RCCTE, Regulamento Contra Incêndios em Edifícios de Habitação e Espaços Comerciais e demais normas aplicáveis do Regulamento Geral das Edificações Urbanas.

Os vãos foram estrategicamente localizados no volume para permitir a penetração da luz solar sempre que possível em direcção perpendicular ao espaço, de modo a evitar a criação de zonas de penumbra.

O dimensionamento dos espaços procurou não só responder em termos de áreas, mas em termos de relações de proximidade, geometria e orientação solar recomendáveis aos usos previstos dos espaços. Na tabela 1 do anexo X encontra-se a caracterização dos espaços.

Processos construtivos

Os processos construtivos previstos na fase de projecto são os tradicionais para este tipo de edifício de habitação unifamiliar, racionalizados e tecnicamente melhorados com a introdução de materiais mais eficientes em termos de isolamento térmico e acústico e para a conservação energética.

Existiu especial cuidado no controlo da radiação solar e no sombreamento passivo pelo exterior dos vãos nos quadrantes mais desfavoráveis. Todos os envidraçados a sul estão protegidos por sistemas de sombreamento exterior passivos, de modo a ser conseguido um bom rendimento energético do edifício e controlo do nível de luminosidade.

Os tectos dos diferentes pisos são tectos falsos com iluminação embutida que na face à dimensão e geometria dos espaços funcionam como correctores acústicos.

O edifício é alimentado por baixa tensão a partir da rede pública, sendo a potência instalada de 20,7 kVA.

Relativamente à iluminação o projecto prevê a utilização de aparelhos de iluminação equipados com lâmpadas tubulares fluorescentes de baixo consumo, dotados de balastos electrónicos de alta frequência, para redução de consumos e diminuição da trepidação da luz. O tipo de aparelhos será escolhido de acordo com o espaço segundo os critérios de funcionalidade e eficiência, sendo adaptados aos diferentes usos previstos para os espaços.

Na tabela 4.1, que será apresentada mais adiante, estão descritos os processos construtivos e no anexo XVII é apresentado um desenho do pormenor construtivo da cobertura e paredes exteriores.

Sistemas de produção de energia instalados

Desde 2011 que o edifício está dotado de um sistema solar fotovoltaico (figura 4.2) e de um sistema solar térmico (figura 4.2) para aquecimento de águas quentes sanitárias.

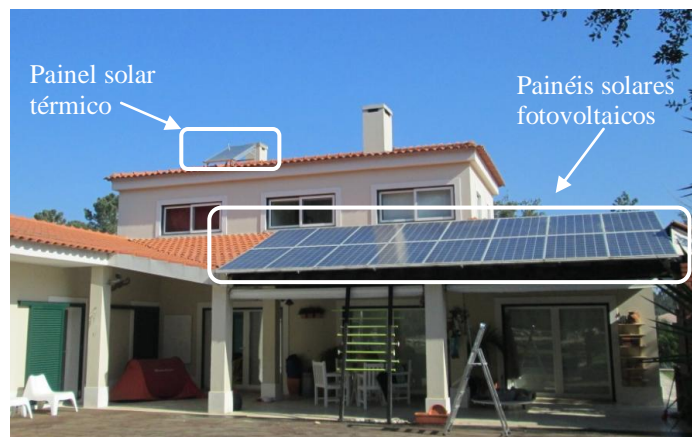


Figura 4.2 - Vista das fachadas interiores do edifício de habitação e dos painéis solares.

Sistema solar fotovoltaico – Microgeração:

Em 2011 foi instalada uma unidade de microgeração na habitação, uma vez que, o investimento numa unidade deste tipo podia beneficiar o proprietário na dedução do IMI em 5%, caso o edifício fosse de classe A ou A+, o que se verificava. Além disso, o rendimento anual proveniente da venda de energia à rede eléctrica até ao montante de 5000€/ano estava isento de tributação em sede de IRC, sendo apenas tributado o excedente. Actualmente o sistema encontra-se um pouco alterado neste sentido estando os benefícios fiscais para este tipo de investimento inactivos.

Componentes da unidade de microgeração:

- 16 módulos *Qcell-Q.Pro, G2*, com 230W de potência nominal (ver figura 1 do anexo X);
- Inversor *SMA SB3800* (ver figura 2 do anexo X);
- Contador *Actaris ACE SL7000* (ver figura 2 do anexo X).

Cada módulo fotovoltaico contém 60 células multicristalinas que absorvem a luz solar e produzem electricidade sob a forma de corrente contínua que, ao passar pelo inversor é convertida em corrente alternada. O período de vida útil do sistema são 25 anos.

Tal como imposto e regulamentado no Decreto-Lei 118-A/2010, a energia produzida é vendida à rede.

O Regime adoptado foi o Regime Bonificado, logo a potência do sistema deve ser no máximo 50% da potência contractada, ou seja, 3,68 kW. No Regime Bonificado é obrigatório instalar, no mínimo, 2 m² de painéis solares térmicos para AQS. No Regime Bonificado existe uma cota anual de potência disponível durante um período limitado de tempo, até que a mesma se esgote. A tarifa definida para os primeiros 8 anos do contracto foi 0,40€/kWh e para os 7 anos seguintes de 0,24€/kWh (com um valor mais baixo que nos 8 primeiros), sendo que, findo este período a tarifa de venda será a que for estabelecida anualmente pela ERSE.

O equipamento que constitui este sistema bem como a sua instalação traduziu-se num custo de 23.000€.

Sistema solar térmico para aquecimento de AQS:

A instalação da unidade de microgeração exige a instalação de um sistema solar térmico para aquecimento de AQS, com uma área de, pelo menos, 2 m².

O sistema solar térmico de circulação forçada é constituído por:

- Colectores solares *SilverSol 12* (ver figura 3 do anexo X);
- Depósito de 200L (ver figura 4 do anexo X);
- Resistência eléctrica.

A instalação deste colector solar não é suficiente por si só nas épocas de maior consumo, por isso, existe simultaneamente um sistema capaz de atender às necessidades, o sistema adoptado é um esquentador *Vulcano SensorHDG* (ver figura 5 do anexo X);

O equipamento que constitui este sistema bem como a sua instalação traduziu-se num custo de aproximadamente 2.850€.

Tabela 4.1 - Caracterização das soluções construtivas e dos sistemas solares

Edifício	Cobertura	Cobertura Inclinada Revestimento: telha cerâmica e desvão ventilado, isolada termicamente por poliestireno extrudido.	$U_{\text{ascendente}}$ (W/m ² . °C)	$U_{\text{descendente}}$ (W/m ² . °C)	U_{REF} (W/m ² . °C)
		COB EXT ISOL EXT	0,44	0,43	0,40
	Paredes	Parede duplas de alvenaria de tijolo cerâmico com caixa de ar ventilada e poliestireno extrudido, com as espessuras de projecto e segundo a disposição adequada ao seu bom funcionamento face aos agentes higrtermiatmosféricos e acústicos. Sempre que necessário serão alvenarias cintadas por montantes e lintéis moldados na espessura.	U (W/m ² . °C)	U_{REF} (W/m ² . °C)	
		PEXT PD Zona Corrente (Nordeste, Sudeste, Sudoeste, Noroeste)	0,50	0,50	
		PTP VG PL EXT Zona de ponte térmica plana (Nordeste, Sudeste, Sudoeste, Noroeste)	0,58	0,50	
	Pavimentos	Os pavimentos são construídos em laje fungiformes. Revestimento: ladrilho de lioz, mosaico cerâmico e pranchas de madeira de faia.	$U_{\text{f,eq}}$ (W/m ² . °C)	$U_{\text{f,eq,REF}}$ (W/m ² . °C)	
		PAV TÉRREO	1,00	0,50	
	Vãos envidraçados	Caixilharias em alumínio lacado com corte térmico e vidro duplo com caixa de ar intermédia desumidificada.	U_{wdn} (W/m ² . °C)	U_{REF} (W/m ² . °C)	
		ENV CRR e ENV CRR SOMBREADO Nordeste, Noroeste Sudeste, Sudoeste	3,00	2,90	
		ENV CRR SOMBREADO cortina	3,40	2,90	
		Energia primária (kWh_{EP}/m².ano)			
Sistemas com recurso a energia renovável	Colector solar	Produção de Energia Renovável Térmica	9,40		
	Colectores fotovoltaicos	Produção de Energia Renovável Eléctrica	63,93		
	Recuperador de calor a biomassa	Produção de energia sob a forma de calor.	47,08		

4.3 DADOS DO DESEMPENHO ENERGÉTICO PREVISTO

Para a realização de todos os cálculos foi utilizada a “Nova Folha de Cálculo”, disponibilizada pelo ITeCons, criada segundo o Decreto-Lei n.º 118/2013, para aplicação do REH.

Na folha de cálculo foram inseridos os dados referentes ao edifício, bem como os dados relativos aos equipamentos, actualmente instalados, mencionados acima. Nas tabelas 1, 2 e 3 do anexo XI, encontram-se respectivamente, os dados climáticos da zona, as características físicas do edifício e por último os resultados dos cálculos referentes à transmissão, ventilação, ganhos aquecimento, ganhos arrefecimento, energia nominal para aquecimento, energia para arrefecimento e energia global.

Classificação energética do edifício em análise

As necessidades nominais anuais globais de energia primária, foram as necessidades calculadas para o sistema actual, encontram-se na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Necessidades nominais anuais globais de energia primária.

	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência (kWh _{EP} /m ² .ano)	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais (kWh _{EP} /m ² .ano)
Energia primária para aquecimento	119,20	78,75
Energia primária para arrefecimento	20,42	14,87
Energia primária para a preparação de AQS	9,98	11,53
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	120,41	-
Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc})	29,19	105,15

Perante os resultados apresentados de N_{tc} e N_t, na tabela 4.2, recorre-se à equação 2.2, donde resulta:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \Leftrightarrow R_{Nt} = \frac{29,19}{105,15} \Leftrightarrow R_{Nt} = 0,28 \quad (\text{Equação 2.2})$$




Logo, como R_{Nt} = 0,28, segundo os intervalos apresentados na tabela 1 do anexo VI, o edifício em estudo é de classe energética A (figura 4.3).



Figura 4.3 - Classe energética A, do edifício de habitação em análise.

Os indicadores de desempenho para as condições de conforto térmico de referência (necessidades de energia final/ A_p) do edifício encontram-se apresentadas na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Indicadores de desempenho do edifício em análise.

		Aquecimento Ambiente 	Arrefecimento Ambiente 	AQS 
Necessidades de Energia Final/ A_p [kWh/m ² .ano]	Referência	62,2	5,9	11,5
	Edifício	75,9	8,2	10,2
Renovável		89%	63%	94%
Eficiência relativamente à referência		18,1% Menos eficiente	28,0% Menos eficiente	12,7% Mais eficiente

A energia renovável apresenta um contributo de 87% no consumo de energia do edifício, correspondente à percentagem das necessidades de energia finais, cobertas pelos sistemas activos instalados (painel solar térmico, painéis solares fotovoltaicos e recuperador de calor).

As emissões de CO₂ estimadas, devido ao consumo de energia, são de 1,5 t/ano.

Analisando os valores das necessidades nominais anuais de energia útil apresentados na tabela 4.4, observa-se que, as maiores necessidades de energia estão associadas ao aquecimento, sendo estas aproximadamente 4,5 vezes superiores às necessidades de arrefecimento.

Tabela 4.4 - Necessidades nominais anuais de energia útil do edifício em análise.

Necessidades nominais anuais de energia útil	kWh/m ² .ano
Aquecimento	62,39
Arrefecimento	13,67
Preparação de AQS	9,91

Pretende-se verificar se o potencial de produção de energia eléctrica, do sistema solar fotovoltaico satisfaz as necessidades de aquecimento da habitação.

Analisando as necessidades nominais anuais de energia primária para aquecimento, valor apresentado na tabela 3 do anexo XI, e os valores de produção de energia primária com recurso a energia renovável apresentados na tabela 4.1,conclui-se que, as necessidades anuais de energia primária para aquecimento são diminuídas pelo contributo do calor produzido através do recuperador a biomassa, conforme a figura 4.4.

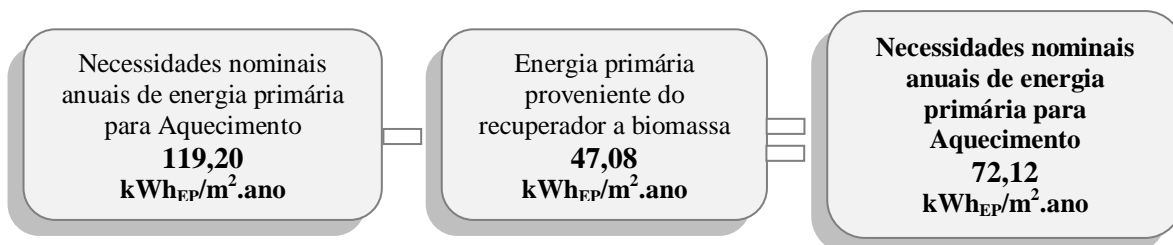


Figura 4.4 - Esquema representativo da diminuição das necessidades nominais anuais de energia primária para aquecimento devido ao contributo da energia proveniente do recuperador de calor.

O ideal seria que, a energia produzida pelos painéis solares fotovoltaicos satisfizesse as necessidades nominais anuais de energia primária para aquecimento, no entanto, observando os valores apresentados na figura 4.5 tal não se verifica.

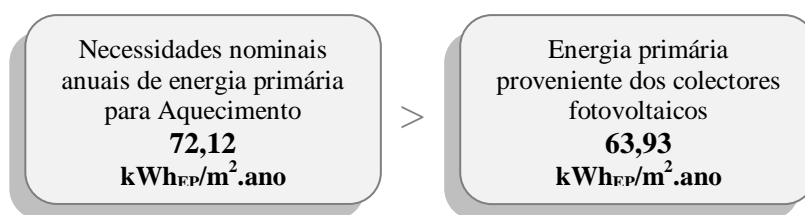


Figura 4.5 - Comparação da quantidade de energia primária necessária para o aquecimento e da quantidade de energia primária produzida pelos painéis fotovoltaicos.

Para que seja possível alcançar as necessidades quase nulas de energia, NZEB, é importante tomar medidas que visem alcançar esse objectivo. A diferença entre a energia necessária e a energia produzida é 8,19 kWh_{EP}/m².ano, ou seja, 11%.

Estudando as necessidades energéticas para preparação de AQS, é possível perceber que, são satisfeitas quase na totalidade pela energia produzida através do colector solar térmico, figura 4.6.

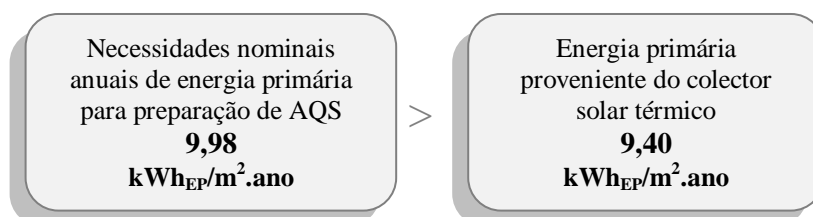


Figura 4.6 - Comparação da quantidade de energia primária necessária para preparação de AQS e da quantidade de energia primária produzida pelo painel solar térmico.

Perante os resultados apresentados na figura4.6, conclui-se que, a energia primária proveniente do colector solar térmico satisfaz 94% das necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS, o que é um valor bastante favorável.

4.4 DADOS REAIS DO DESEMPENHO ENERGÉTICO

Energia consumida

Através das facturas de electricidade é possível compreender qual o consumo decorrente da utilização do edifício estudado. Para que a análise seja o mais credível possível o período analisado deverá ser de, pelo menos, um ano.

As facturas fornecidas pelo utilizador da habitação correspondem a um período de 1 ano e 7 meses, de Janeiro de 2013 a Julho de 2014.

As facturas referentes ao consumo de electricidade não apresentam valores mensais, ou seja, as leituras não eram efectuadas mensalmente, pelo que, foi realizada uma média diária de kWh consumidos e multiplicada pelo número de dias, para obter os dados referentes aos kWh consumidos durante um mês.

Na tabela 1 do anexo XII encontram-se os resultados mensais da energia consumida durante o período analisado, transpostos para o gráfico apresentado na figura 4.7.

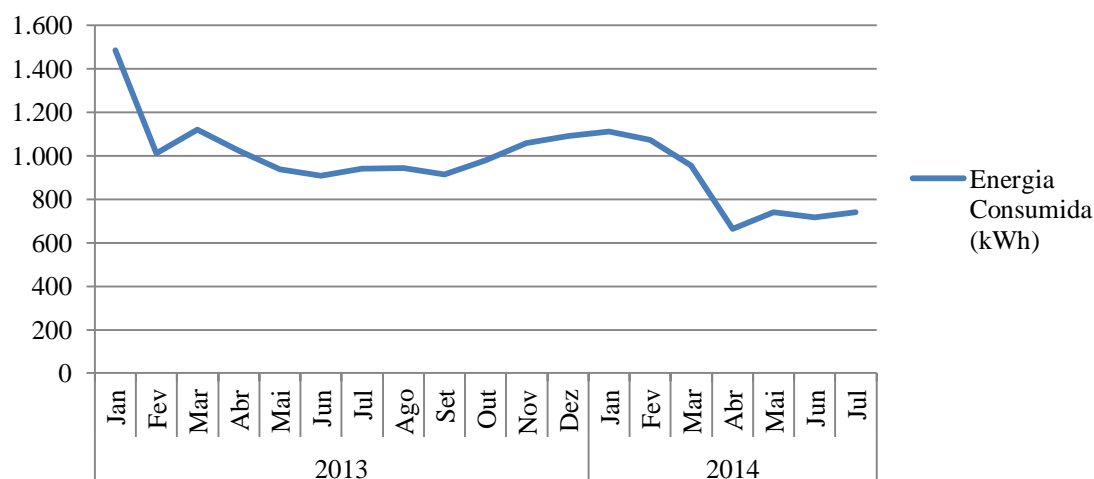


Figura 4.7 - Evolução da energia consumida pelo edifício e seus utilizadores ao longo do período analisado.

Observando o andamento da curva representada na figura 4.7 é possível compreender que, o consumo decorrente da utilização do edifício é maior durante os meses correspondentes à estação de aquecimento.

Depois de efectuada a análise referente à energia consumida pelo edifício, deve analisar-se a quantidade de energia produzida pelo sistema solar fotovoltaico, de modo a efectuar o balanço energético do edifício.

Energia produzida

Os valores relativos à produção de energia são directamente retirados das facturas, uma vez que as leituras eram efectuadas mensalmente.

Na tabela 1 do anexo XII encontram-se os resultados mensais da energia produzida durante o período analisado.

Os resultados mensais de consumo e produção de energia, apresentados na tabela 1 do anexo XII, foram transpostos para o gráfico apresentado na figura 4.8.

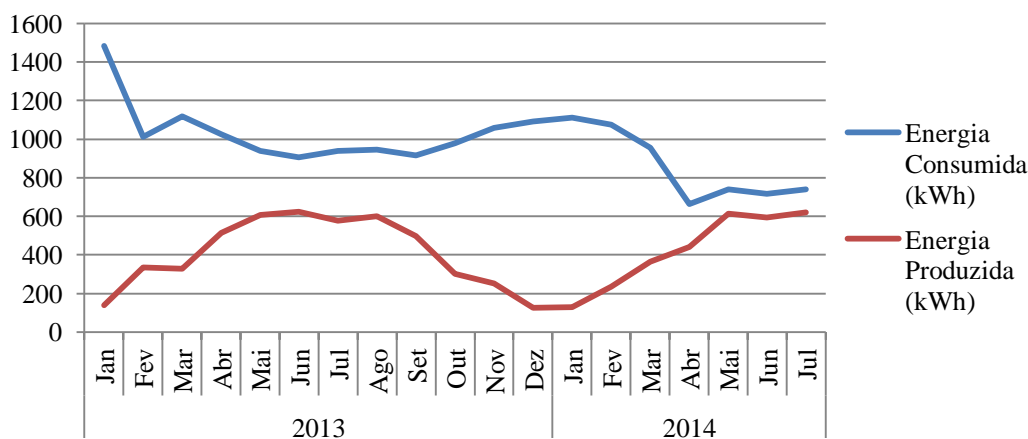


Figura 4.8 - Evolução dos valores mensais da energia consumida pelo edifício e seus utilizadores e da energia produzida pelos painéis, no período analisado.

Fazendo o balanço energético conclui-se que, a energia consumida é aproximadamente duas vezes superior à energia produzida.

Pela observação da figura 4.8 é possível compreender que, o período em que se consome uma maior quantidade de energia é coincidente com o período em que a produção de energia proveniente dos painéis fotovoltaicos é menor, o que se verifica essencialmente nos meses de Inverno. Comprovando que, tal como analisado anteriormente as necessidades energéticas maiores estão relacionadas com a estação de aquecimento.

Como a produção de energia por parte dos painéis fotovoltaicos está relacionada com a radiação incidente no local, foram consultados os valores da radiação solar global mensal dos meses de Janeiro de 2013 a Julho de 2014, no local onde se encontra implementada a habitação, de modo a comparar os valores de produção de energia vendidos à rede eléctrica com os valores da radiação solar.

O Instituto Português do Mar e da Atmosfera disponibiliza mensalmente Boletins Climatológicos nos quais é possível encontrar mapas idênticos ao apresentado na figura 1 do anexo XII, donde pode ser retirado o valor da radiação solar global de um determinado mês e de um determinado local.

Deste modo, os valores extraídos dos mapas em MJ/m² e convertidos para kWh/m² encontram-se apresentados na tabela 2 do anexo XII, mesmo não sendo precisos permitem que se faça uma análise comparativa da relação da radiação incidente no local (kWh/m²) com a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos (kWh).

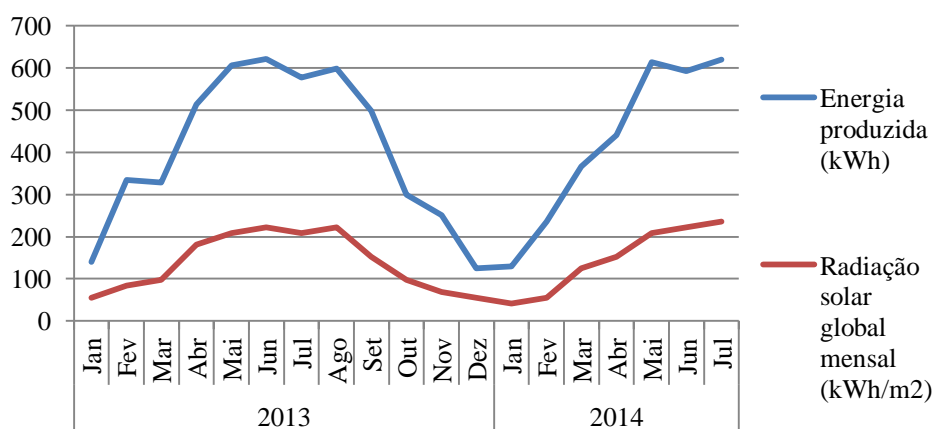


Figura 4.9 - Curvas representativas da evolução da radiação solar incidente no local e da energia produzida pelos painéis, no período de um ano, (IPMA, 2013a até IPMA, 2013f e IPMA, 2014a até IPMA, 2014g).

Conforme apresentado na figura 4.9 quanto maior a radiação solar incidente no local maior é a energia produzida pelos painéis, tal como esperado. Ambas têm tendência para aumentar nos meses de Primavera, apresentando os valores máximos no pico do Verão, diminuindo nos meses de Outono, apresentando valores mínimos nos meses de Dezembro e Janeiro.

4.5 BALANÇO ECONÓMICO DOS CUSTOS ENTRE CONSUMO E RECEITAS

No que diz respeito aos custos com a electricidade consumida e às receitas com a electricidade produzida, os valores devem ser comparados, pelo menos, ao final de um ano, porque nos meses de maior consumo a produção é menor por serem meses de Inverno.

Fazendo um balanço económico, utilizando as facturas analisadas, conclui-se que, em 2013, o custo com electricidade consumida excedeu a receita obtida com a venda da electricidade produzida (figura 4.10), o que não se verifica em 2014 (Janeiro a Julho), pois a receita foi superior ao custo (figura 4.11). De salientar que no ano 2013 os valores considerados foram directamente retirados das facturas e no ano 2014 foram tidos em consideração os valores retirados das facturas de Janeiro a Julho (correspondente a 58,3% do ano) acrescidos de 41,6% (parte do ano em falta).

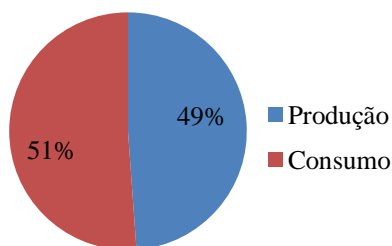


Figura 4.10 - Balanço económico referente ao ano 2013.

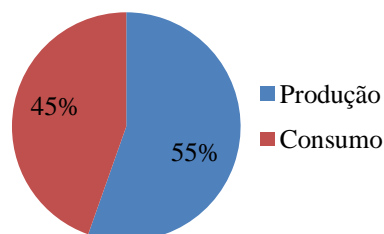


Figura 4.11 - Balanço económico referente ao ano 2014.

Mesmo nos anos em que o balanço não é positivo, depois de recuperado o investimento este tipo de soluções é uma mais valia para o consumidor, pois recupera sempre algum dinheiro, caso não dispusesse deste sistema gastaria a mesma quantidade de electricidade e não recuperava nada. O que comprova que, não contabilizando o custo do fornecimento do sistema, existe vantagem económica anual em ter instalado um sistema deste tipo.

4.6 ENTREVISTA AO UTILIZADOR

As conclusões retiradas da entrevista realizada ao utilizador apresentam-se na tabela 4.5, as quais nem sempre correspondem aos dados reais medidos, o que transmite que a sensação de conforto pode ter influência no uso de equipamentos de conforto ambiental utilizados de electricidade.

Tabela 4.5 - Conclusões retiradas da entrevista realizada ao utilizador.

Ocupação	Durante o período analisado existiam, diariamente, três pessoas a viver na habitação.
Sistema de aquecimento	Inicialmente era utilizado o sistema de aquecimento central, alimentado a gasóleo via caldeira mas, praticamente não era utilizado, por isso, foi retirado o equipamento e anulado o sistema.

Sistema de aquecimento	<p>O sistema consumia bastante e não se justificava a sua utilização uma vez que, a habitação apresenta boas condições térmicas.</p> <p>Existe uma lareira na sala (dotada de sistema de extracção mecânica) que é suficiente para aquecer o espaço.</p>	
Sistema de arrefecimento	<p>A habitação não está dotada de equipamentos de arrefecimento pois, apresenta boas condições térmicas no verão.</p>	
Sistema de produção de AQS	<p>Inicialmente o sistema para preparação de AQS era o mesmo que para o aquecimento central, alimentado a gásóleo – sistema de acumulação.</p> <p>Posteriormente colocou-se um esquentador ligado a uma caldeira que acumula água quente proveniente do painel e em caso de insuficiência é accionado o sistema a gás natural – sistema de acumulação.</p>	
Ventilação	<p>Sistema de exaustão de gases de combustão e fumos na cozinha.</p> <p>Sistemas de ventilação independente nas instalações sanitárias, mesmo nas que são dotadas de vão de janela.</p>	
Energia renovável produzida para consumo	Colector solar térmico	<p>O painel solar térmico aquece a água encaminhando-a para a caldeira, caso esta não se encontre à temperatura pretendida o esquentador auxilia o sistema solar.</p> <p>Nos períodos de maior incidência de radiação solar a água aquecida pelos painéis solares é suficiente para o consumo, não existindo a necessidade de recorrer ao esquentador.</p>
	Colectores solares fotovoltaicos	<p>Toda a energia produzida pelos painéis solares é vendida à rede eléctrica, no entanto, por comparação dos valores consumidos e dos valores produzidos o utilizador afirma que no Verão e nos períodos em que a radiação solar é frequente, os painéis solares produzem mais energia que aquela que é consumida, no Inverno a radiação solar incidente é menor e por vezes os painéis produzem menos energia do que aquela que é consumida.</p>

4.7 COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMOS REAIS E PREVISTOS

Para calcular os dados previstos do desempenho energético do edifício foi utilizada a folha de cálculo acima mencionada, com tal, recorrendo à análise efectuada constata-se que o edifício apresenta necessidades energéticas maiores ao nível do aquecimento, o que é comprovado pelos resultados reais apresentados pelas facturas de electricidade, uma vez que, o consumo de electricidade aumenta na estação de aquecimento, por os utilizadores recorrerem a aparelhos eléctricos para alcançar os níveis mínimos de conforto do ambiente interior.

Neste contexto torna-se evidente que, o edifício em estudo requer medidas de intervenção de modo a que possa, de forma passiva, serem reduzidas as necessidades de aquecimento. Tal pode ser efectuado, através do reforço do isolamento térmico da envolvente horizontal (pavimento), por ser o parâmetro com menor nível de desempenho.

Outra possível intervenção, ao nível da redução dos consumos, é dependente dos procedimentos do utilizador, que constitui um factor de difícil controlo.

4.8 CONTRIBUTO PARA MELHORIA

Com o objectivo de diminuir os consumos de energia os utilizadores da habitação devem estar sensibilizados para a utilização eficiente dos equipamentos. Como tal, podem ser tomadas medidas que se revelam muito importantes poupando energia, ambiente e dinheiro.

Relativamente aos electrodomésticos que existem nas habitações, os maiores consumidores de energia são os frigoríficos, os combinados e as arcas congeladoras por terem um uso contínuo, consumindo cerca de 32% da energia consumida numa residência. De seguida, apresentam-se as televisões pois apesar de terem uma potência baixa também têm um funcionamento quase contínuo, muitas vezes deixadas em standby durante várias horas, consumindo 15% da energia que consumiriam se estivessem ligadas, (ADENE, 2012a; INA, 2012).

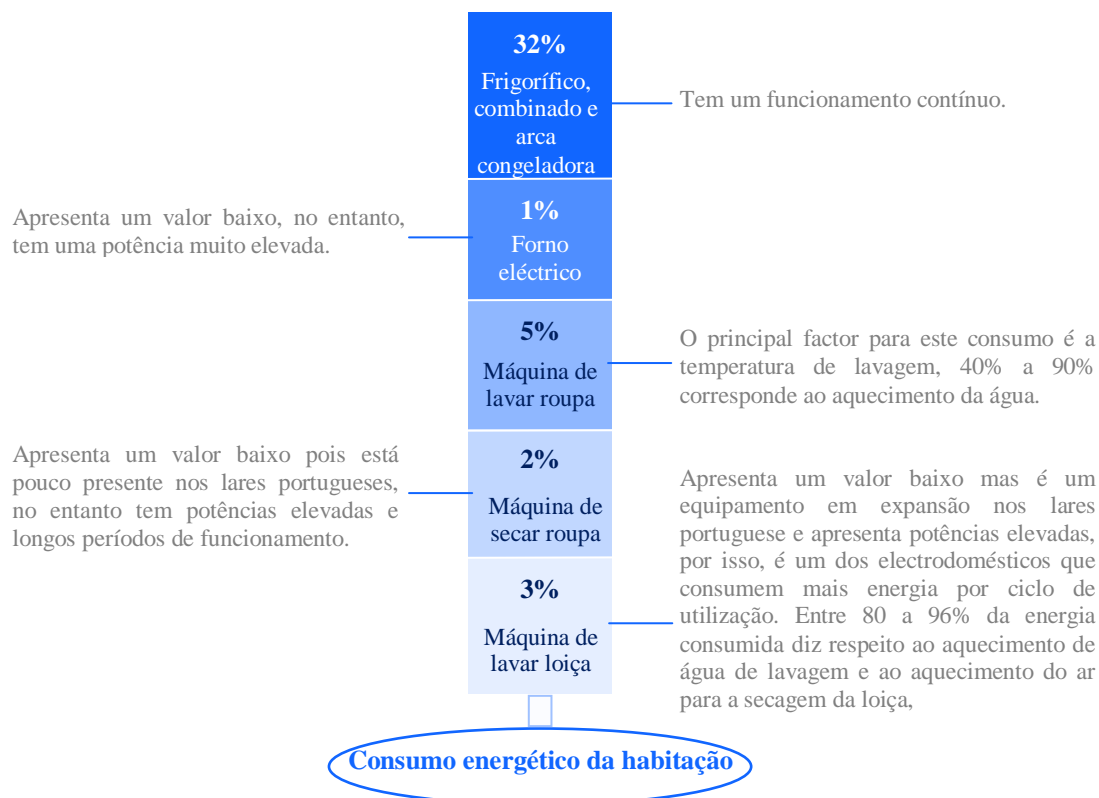


Figura 4.12 - Consumo de energia eléctrica, numa habitação, relativamente aos grandes electrodomésticos, (INA, 2012).

Para minimizar o consumo de energia destes electrodomésticos é ideal adoptar medidas como as apresentadas na tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Medidas para alcançar uma diminuição significativa do consumo de electricidade nas habitações, (INA, 2012).

Electrodomésticos	Medidas que visam a eficiência energética
Frigorífico, combinado e arca congeladora.	<ul style="list-style-type: none"> - Deve-se evitar abrir desnecessariamente a porta do equipamento, e quando se abrir não deve ser de forma brusca, pois a temperatura aumenta de forma repentina obrigando a um maior esforço por parte do equipamento e conseqüentemente um maior consumo; - A grelha traseira deve ser limpa regularmente pois a sujidade dificulta as trocas térmicas; - A arca congeladora ou congelador deve ser descongelada regularmente, pois o gelo acumulado é isolante térmico dificultando o arrefecimento, o que implica um maior gasto de energia para manter a mesma temperatura;

Electrodomésticos	Medidas que visam a eficiência energética
Frigorífico, combinado e arca congeladora.	<ul style="list-style-type: none"> - O termostato deve estar ajustado para os 5°C no frigorífico e entre -15°C e 18°C no congelador, qualquer grau a menos aumentará o consumo energético; - As borrachas devem ser limpas e verificadas garantindo que estão em bom estado para evitar perdas de frio; - O equipamento deve estar num local fresco e ventilado; - O equipamento deve ter a capacidade que o utilizador necessita de forma a não o sobrecarregar demais, pois a temperatura no seu interior deverá ser uniforme. <p>Redução em 40% o consumo de energia.</p>
Forno eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Deve evitar-se abrir a porta demasiadas vezes, utilizando iluminação que permita vigiar os cozinhados; - Os recipientes devem ser de cerâmica ou vidro, pois retêm melhor o calor permitindo reduzir a temperatura do forno; - Deve desligar-se o forno 5 ou 10 minutos antes do cozinhado estar preparado, aproveitando-se o calor remanescente; - A temperatura deve ser regulada de forma adequada. <p>Redução em 30% o consumo de energia.</p>
Máquina de Lavar Roupa	<ul style="list-style-type: none"> - Se possível optar por máquinas bitérmicas, com duas entradas de água independentes, sendo alimentadas por água fria da rede de abastecimento e por água quente proveniente do sistema de AQS; - Optar por programas de baixas temperaturas (adoptando um detergente mais eficiente para estas temperaturas) e o mais curtos possível; - Utilizar a capacidade máxima da máquina; - Os ciclos de pré-lavagem devem ser evitados, é preferível pôr a roupa de molho previamente fora da máquina. <p>Redução em 50% o consumo de energia.</p>
Máquina de secar roupa	<ul style="list-style-type: none"> - A sua utilização deve ser evitada ao máximo, optando-se por secar a roupa ao sol; Utilizar a capacidade máxima da máquina; - Centrifugar a roupa na máquina de lavar com a maior velocidade possível, para que esta contenha a menor água possível; - Limpar o filtro da máquina regularmente. - Devem evitar-se programas longos e com temperaturas elevadas, pois a temperatura do ar é aquecida por resistência eléctrica o que se torna pouco eficiente em termos energéticos. <p>Redução em 50% o consumo de energia.</p>
Máquina de Lavar Loiça Máquina de Lavar Loiça	<ul style="list-style-type: none"> - Optar pelo programa económico, se disponível, por ser mais curto no qual a lavagem da loiça é feita a temperaturas mais baixas, permitindo a poupança de energia e de água; - Utilizar a máquina apenas quando estiver totalmente cheia, sem a sobrecarregar; - Abrir a máquina antes da secagem e deixar a loiça secar ao ar. <p>Redução em 50% o consumo de energia.</p>

Além das medidas enumeradas devem adoptar-se equipamentos de classe energética o mais eficiente possível (A, A+, A++, A+++), mesmo tendo um custo de aquisição por vezes superior aos equipamentos menos eficientes ao longo da sua vida útil poderão trazer poupanças significativas na factura energética. Os equipamentos não devem ter maior potência do que o necessário. A manutenção adequada e a limpeza dos electrodomésticos prolonga a sua vida e poupa energia.

A iluminação representa 14% da electricidade consumida, por isso, não deve ser esquecida. Nos pontos de luz que estejam acesos mais do que uma hora por dia, devem instalar-se lâmpadas

fluorescentes compactas ou tubulares fluorescentes, em vez de lâmpadas incandescentes. As lâmpadas fluorescentes para um nível idêntico de iluminação, poupam até 80% de energia e duram 8 vezes mais. Colocar reguladores de intensidade luminosa electrónicos também é uma boa opção e colocar detectores de presença para que as luzes se acendam e apaguem automaticamente em locais de passagem, como halls, garagens e zonas comuns, (ADENE, 2012a).

“A eficiência energética dos equipamentos passa pela forma como são utilizados”, (INA, 2012).

Tendo em conta as necessidades energéticas da habitação em estudo, compreende-se que, devem ser tomadas medidas que visem diminuir as necessidades de aquecimento, pois são estas que apresentam valores mais elevados.

Numa habitação as necessidades de aquecimento são inconstantes ao longo do ano e ao longo do dia, existindo oscilações de temperatura diária, além disso não é necessária a mesma temperatura em todas as divisões, pois algumas são utilizadas durante o dia e outras durante a noite, as zonas utilizadas durante o dia exigem temperaturas superiores. Normalmente uma temperatura entre os 19°C e os 21°C é suficiente para a maioria das pessoas, além disso, durante a noite, nos quartos basta ter uma temperatura de 15°C a 17°C para os ocupantes se sentirem confortáveis. Por isso, é muito importante dispor de um sistema de regulação de aquecimento que adapte as temperaturas da habitação às necessidades dos ocupantes, (ADENE, 2012a).

Apesar da temperatura exigida nos espaços com ocupação noturna ser inferior à temperatura exigida nos espaços com ocupação diurna, possivelmente, na habitação em análise, as necessidades de aquecimento têm um peso maior na zona dos quartos e escritório do que na sala e cozinha. Isto porque, a zona do edifício correspondente aos quartos recebe luz solar ao final do dia, o que se torna vantajoso no Verão, mas desvantajoso no Inverno, uma vez que, ao final do dia os ganhos solares são fracos. Além disso, a cozinha que tem as suas próprias fontes de calor requerendo, por isso, menos aquecimento e a sala tem recuperador de calor. Sempre que possível é importante maximizar a entrada de luz solar no Inverno.

Não deve ser esquecido que é importante a ventilação dos espaços para a renovação do ar, sendo importante que só se ligue o aquecimento depois de fechadas as janelas, (ADENE, 2012a).

Caso a habitação esteja vazia durante muitas horas é importante considerar a programação dos equipamentos de aquecimento, para que as temperaturas sejam diferentes conforme o ciclo horário, nomeadamente nos fins de semana ou em dias específicos.

Durante a noite devem-se fechar as cortinas e persianas para evitar perdas de calor significativas, (EDP, 2012).

Deve-se evitar o recurso a aquecedores (radiadores) eléctricos, as bombas de calor eficiente são uma boa opção, apesar de serem mais caras reduzem o consumo de electricidade entre 65% a 80%. Além disso devem ser feitas revisões regulares aos equipamentos de climatização, (EDP, 2012).

A habitação em estudo dispõe da tarifa bi-horária, ciclo semanal sem feriados, ou seja, os preços do kWh são menores nas 7 horas de vazio por dia e nas 17 horas de vazio aos sábados e domingos, do que nos restantes períodos, fora do vazio (sendo 0,0955 €/kWh no vazio e 0,1821 €/kWh fora do vazio, em 2014). Logo, este ciclo favorece a utilização da electricidade com maior intensidade, aos fins de semana e durante a noite, como tal o utilizador deve ter isso em consideração e optar pelos períodos de vazio para recorrer à utilização de grandes electrodomésticos, como máquinas de lavar roupa e loiça, forno ou aquecimento.

Analisando os valores do coeficiente de transmissão térmica da envolvente exterior da habitação, apresentados na tabela 4.1, é possível compreender que todos estão próximos do U de referência, excepto os valores correspondentes ao pavimento e aos envidraçados.

Os vãos envidraçados são constituídos por caixilharias em alumínio lacado com corte térmico e vidro duplo com caixa de ar intermédia desumidificada, pelo que não há muito a melhorar. O projecto não admitia portadas exteriores mas o dono da habitação decidiu instalar este sistema de sombreamento, logo no momento de construção do edifício.

Quanto ao pavimento, com vista a aumentar o isolamento térmico podem ser adoptadas medidas tais como as enumeradas na tabela 1 do anexo VIII.

4.9 ANÁLISE DA SOLUÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Antes da instalação do sistema solar fotovoltaico a empresa fornecedora realizou uma análise económica do investimento, em 2010, provando ao seu cliente que a instalação de uma unidade de microgeração em Regime Bonificado seria um bom investimento, apresentando as seguintes projecções financeiras:

- Montante investido: 23.000€
- Pay-Back: 5º Ano
- Lucro a 20 anos: 35.366€
- Lucro a 25 anos: 51.148€
- Lucro a 30 anos: 70.814€

A tarifa de referência fixada na data da instalação, segundo o Decreto-Lei n.º 118-A/2010 de 25 de Outubro, foi de € 400/MWh (0,40 €/kW) para o primeiro período de 8 anos e de € 240/MWh (0,24 €/kW) para o segundo período de 7 anos (Decreto-Lei n.º 118-A/2010).

Actualmente, a instalação deste tipo de equipamento não se mostra tão vantajosa em termos monetários, pois a partir de Dezembro de 2013, segundo a Portaria n.º 431/2012, os valores da tarifa de referência baixaram significativamente fixando-se em € 130/MWh, para o primeiro período de 8 anos e em € 20/MWh, para o segundo período de 7 anos (Portaria n.º 431/2012).

Na tabela 1 do anexo XIII apresentam-se os dados utilizados para a realização da análise económica do investimento realizada pelo fornecedor, apresentada na tabela 2 e na tabela 3 do anexo XIII, admitindo que a produção anual esperada seria de 9200 kWh/ano (considerando 2500h de sol por ano).

Segundo a empresa, a taxa de rendibilidade, TIR, é 15,3%, trata-se da taxa máxima de rendibilidade do projecto, não é mais do que a taxa de actualização que, no final do período de vida do projecto, iguala o valor actual líquido, VAL, a zero. O VAL tem como objectivo avaliar a viabilidade de um projecto de investimento através do cálculo do valor actual de todos os seus *cash flows*, sendo o valor actual, o valor hoje de um determinado montante a obter no futuro. Como qualquer investimento apenas gera *cash flows* no futuro, é necessário actualizar o valor de cada um desses *cash flows* e compará-los com o valor do investimento. Caso o valor do investimento seja inferior ao valor actual dos *cash flows*, o VAL é positivo, o que significa que o projecto apresenta uma rentabilidade positiva.

Nesta análise realizada pelo fornecedor é possível constatar que o *pay-back* não ocorre no 5º ano como dito anteriormente mas sim no 7º, sendo esse o momento em que o *cash flow* deixa de apresentar um valor negativo.

4.10 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE PROPOSTA E RESULTADOS REAIS

Verifica-se que, segundo a empresa os painéis fotovoltaicos iriam produzir quantidades significativas de energia estimando-se 9200 kWh/ano (admitindo 2500h sol por ano), no entanto, tal não se verifica pois, durante o período analisado os painéis apenas produziram aproximadamente 5000 kWh/ano. Isto é, o potencial de produção do sistema solar fotovoltaico comercializado não tem o desempenho informado pela empresa, o que se poderá dever a várias situações, tais como, produto instalado de

menor qualidade que o anunciado pelo fabricante, má instalação, estimativa demasiado optimista do número de horas de sol para o local.

Recorrendo ao simulador de produção de electricidade proveniente de energia solar, disponibilizado *online* pelo PVGIS (ver figura 1 do anexo XIV), é possível determinar a produção esperada por um sistema do tipo do PV instalado. Introduzindo os dados necessários relativos à localização do edifício e ao sistema instalado, obtém-se os valores simulados presentes na tabela 1 e na figura 2 do anexo XIV.

A produção de electricidade estimada pelo simulador foi de 5445 kWh/ano, o que comprova que a simulação efectuada pela empresa instaladora dos painéis é irreal. O valor apresentado pelo simulador encontra-se próximo da realidade do ano 2013 (facturas de produção analisadas), pois segundo as facturas a produção ronda os 5000 kWh/ano.

Perante o exposto, mediante novos dados procedeu-se à análise económica do investimento, semelhante à realizada pela empresa mas adaptada à realidade, conforme as tabelas 2 e 3 do anexo XIV. Admitindo 1500 h de sol por ano e portanto, uma produção de 5520 kWh/ano, estando assim próxima da produção apresentada nas facturas analisadas. De salientar que, os resultados monetários conseguidos com a venda de electricidade, nos anos 2013 e 2014, já haviam sido estudados para a realização do balanço económico acima apresentado (em 2013, os valores foram retirados directamente das facturas; e em 2014 foram tidos em consideração os valores retirados das facturas que perfazem 1200€, valor correspondente a 58,3% do ano, acrescidos de 850€, valor correspondente aos restantes meses do ano, 41,6%, totalizando 2050€.

Para que seja possível comparar os resultados obtidos através da análise económica realizada pelo fornecedor e da análise económica efectuada no presente estudo, recorre-se aos resultados apresentados na tabela 4.7, posteriormente utilizados na equação 4.1.

Tabela 4.7 - Dados utilizados para a análise económica.

$C_{inicial}$ - Custo do sistema inicial (€)	23.000
P_{proj} - Valor de projecto da produção de energia eléctrica (kWh/ano)	9200
P_{real} - Valor real da produção de energia eléctrica (kWh/ano)	5520
R_8 - Remuneração nos primeiros 8 anos (€/kWh)	0,40
R_7 - Remuneração nos 7 anos seguintes (€/kWh)	0,24

$$C_{inicial} - \left[\underbrace{(P_{proj} \times R_8 \times 8 + P_{proj} \times R_7 \times 7)}_{\text{Receitas de projecto}} - \underbrace{(P_{real} \times R_8 \times 8 + P_{real} \times R_7 \times 7)}_{\text{Receitas reais}} \right] = \alpha \quad (\text{Equação 4.1})$$

Sendo α , a diferença entre as receitas da venda de energia à rede eléctrica durante os primeiros 15 anos, segundo os valores de projecto admitidos pelo fornecedor e as receitas segundo o presente estudo, que admite valores mais próximos da realidade.

Para o cálculo do α , substituindo as letras pelos respectivos valores apresentados na tabela 4.7, obtém-se:

$$\alpha = (9200 \times 0,40 \times 8 + 9200 \times 0,24 \times 7) - (5520 \times 0,40 \times 8 + 5520 \times 0,24 \times 7) \quad (\text{Equação 4.2})$$

$$\Leftrightarrow \alpha = 17958,4 \text{ €}$$

Perante o resultado obtido compreende-se que, a empresa fornecedora do sistema PV anteviu que o cliente iria receber, com a venda de electricidade, mais 17.958,4€ do que efectivamente receberá, tendo em conta valores de produção mais próximos da realidade, em 15 anos.

Assim sendo, segundo o estudo realizado pelo fornecedor o *pay-back* ocorreria no 7º ano, enquanto que, no presente estudo, face à produção real, o *pay-back* ocorrerá no 12º ano.

4.11 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO

Na análise económica além de se considerar o custo do investimento e as receitas com venda da energia produzida também devem ser considerados os custos com o consumo de electricidade.

Os dados utilizados para a realização da análise económica para o período de vida útil do sistema PV, 25 anos, podem ser consultados nas tabelas 1 e 2 do anexo XV, a análise pode ser consultada nas tabelas 3 e 4 do anexo XV.

De salientar que, os custos correspondentes ao consumo de electricidade, nos anos 2013 e 2014, já haviam sido estudados para a realização do balanço económico acima apresentado (em 2013, os valores foram retirados directamente das facturas; e em 2014 foram tidos em consideração os valores retirados das facturas que perfazem 965€, valor correspondente a 58,3% do ano, acrescidos de 685€, valor correspondente aos restantes meses do ano, 41,6%, totalizando 1650€.

Relativamente aos custos com electricidade, admitidos na análise económica, para os anos que se seguem considerou-se a evolução prevista para o preço da electricidade, tendo sido associada ao cálculo de custo da energia a taxa de escalada de preço de energia.

Segundo o Roteiro para a Energia 2050, admitem-se alguns cenários para a evolução do preço da energia e efeito de medidas de descarbonização, donde resulta a perspectiva de que existirá um aumento entre 36 e 39% até 2050, prevendo-se que os preços aumentem de forma estável até 2030 e diminuam ligeiramente até 2050 (Comissão Europeia, 2011).

Segundo o Público e na sequência de uma entrevista ao ex-presidente da Entidade Reguladora de Serviços Energéticos, este defende que Portugal acompanhará o aumento referido anteriormente posicionando-se abaixo da média europeia (Jornal Público, 2012).

Assim sendo, na análise económica elaborada foi admitido um aumento anual de 1,5% até 2030 e um posterior decréscimo anual de 0,5% até 2035 (último ano mencionado na análise).

Se considerarmos o valor entre consumo e produção obtemos uma necessidade constante de aproximadamente 7500 kWh/ano, segundo os resultados do ano 2013, e aproximadamente 5000kWh/ano, segundo a estimativa efectuada para o ano 2014.

Em face disso e considerando o mercado liberalizado de energia e o nivelamento dos valores consumo/produção, o que irá ocorrer é que o sistema pode não ter uma data determinada de *pay-back* por proporcionar desde cedo (ano 9) uma redução do *cash flow* necessário para dispender com custos fixos mensais de energia. Tal contexto leva a que se tenha em conta então o nível de desempenho, ao longo do tempo, do sistema instalado (a ficha técnica dos painéis garante 90% do rendimento inicial nos primeiros 10 anos e 80% até aos 25 anos), as suas necessidades de manutenção, o que seguramente conduzirá a que a decisão por este tipo de soluções seja não tanto de origem económica mas de sustentabilidade.

A EPBD recast, de 2010, determina que os Estados-Membros devem estabelecer requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios e dos elementos construtivos, de modo a alcançar um equilíbrio óptimo em termos de rentabilidade entre os investimentos efectuados e os custos de energia economizados ao longo do ciclo de vida do edifício.

Custo-óptimo é o valor teórico óptimo para as poupanças energéticas e custos associados. Este valor deve ser determinado a partir da curva de custos correspondendo à zona mais baixa, logo de menor custo.

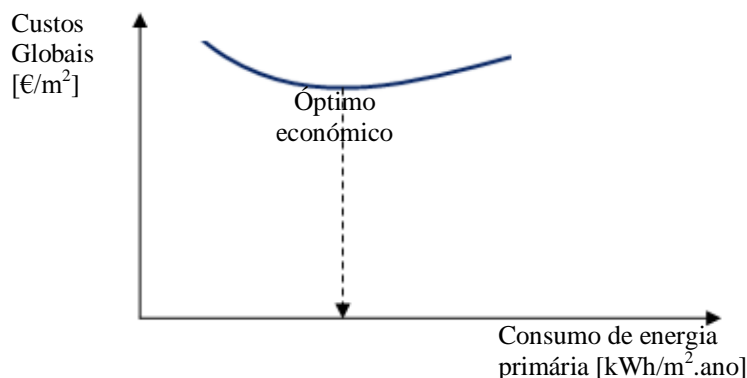


Figura 4.13 - Desenvolvimento de uma curva - posição do custo-óptimo (apenas exemplo), (BPIE, 2010).

Para que seja possível alcançar uma curva de custos clara, é necessário adoptar medidas que se encontrem de acordo com os regulamentos actuais e com as melhores práticas de eficiência energética, também é bastante relevante efectuar combinações dessas mesmas medidas para que se consiga alcançar o conceito de edifícios passivos e edifícios ZEB, com necessidades quase nulas de energia.

Perante medidas que apresentem custos semelhantes, as adoptadas devem ser aquelas que resultem em menores necessidades energéticas e por sua vez conduzam a maiores benefícios ambientais e à redução da dependência energética.

Na figura 4.14 apresenta-se a curva de custos bem como duas áreas distintas, uma à direita do ponto óptimo e outra à esquerda. A área da direita do ponto óptimo representa os requisitos mínimos estabelecidos pela directiva EPBD, representando soluções que poderiam ser melhoradas dos pontos de vista económico e energético. Os Estados-Membros devem ser mais exigentes a nível energético adoptando requisitos ainda mais restritivos que os requisitos que caracterizam o óptimo económico. A implementação desses requisitos resulta nas soluções que se encontram representadas pela área à esquerda do ponto óptimo e que podem originar edifícios de necessidades quase nulas de energia, nZEB.

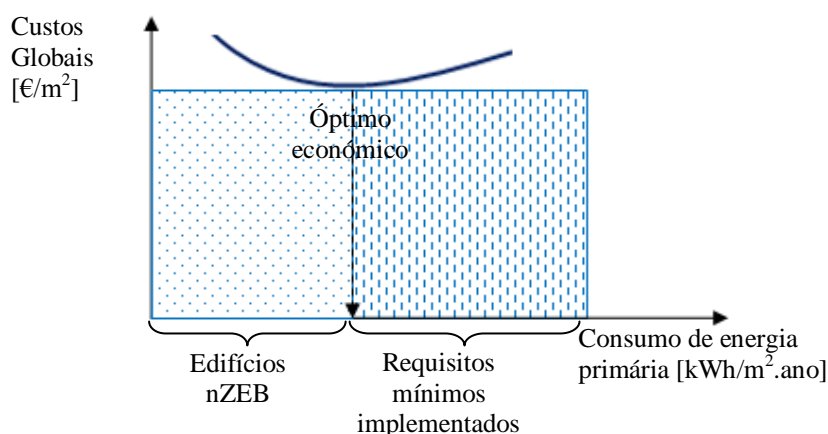


Figura 4.14 - Curva de custos: posição do custo-óptimo, dos requisitos mínimos implementados e do custo associado a edifícios de necessidades energéticas quase nulas, nZEB, (BPIE, 2010).

Método de custos globais

Este método encontra-se enunciado no Regulamento Delegado (UE) n.º 244/2012 de 16 de Janeiro de 2012 que complementa a Directiva 2010/31/UE. Trata-se do cálculo do custo global, expresso em valor líquido actualizado, para cada edifício de referência. Devem ser definidas as seguintes categorias de custos:

- Custos iniciais de investimento;
- Custos de utilização – incluem os custos decorrentes da substituição periódica de componentes dos edifícios, podendo também incluir, se pertinente, as receitas decorrentes da energia produzida, que os Estados-Membros podem utilizar no cálculo financeiro;
- Custos de energia. Devem refletir o custo global da energia, incluindo preço, tarifas de capacidade e tarifas de rede.
- Custos de eliminação, se pertinente.

Através da equação 4.3, este método relaciona as características temporais dos diferentes tipos de custos. A estes deve aplicar-se a taxa de desconto através do factor de desconto, para que sejam expressos em termos do valor no ano inicial, acrescidos do valor residual descontado. O resultado final é o custo actualizado ao início do período de cálculo, que tem em conta as diferentes características temporais dos custos ao longo de todo esse período.

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right] \quad (\text{Equação 4.3})$$

Em que:

τ - Período de cálculo

$C_g(\tau)$ - Custo global (relativo ao ano inicial τ_0) no período de cálculo

C_I - Custo de investimento inicial para a medida ou conjunto de medidas j

$C_{a,i}(j)$ - Custo anual no ano i para a medida ou conjunto de medidas j

$R_d(i)$ - Factor de desconto para o ano i , com base na taxa de desconto r a calcular

$V_{f,\tau}(j)$ - Valor residual da medida ou conjunto de medidas j no final do período de cálculo (em relação ao ano inicial τ_0)

Para calcular $R_d(i)$ recorre-se à fórmula seguinte:

$$R_d(i) = \left(\frac{1}{1 + \frac{r}{100}} \right)^p \quad (\text{Equação 4.4})$$

Sendo p o número de anos a partir do período inicial e r a taxa de desconto real.

A equação adapta-se à análise em separado de soluções que possam ser adoptadas no edifício, para que se compreenda qual o seu impacto a nível do desempenho energético da habitação.

A solução analisada no presente trabalho já se encontra instalada pretendendo-se apenas compreender qual sua a rentabilidade económica e ambiental.

O quadro legal aplicável à microgeração à data da instalação no caso de estudo era um, no qual o valor da venda considerava uma variação dos valores unitários de venda ao longo do tempo não considerando a perda de eficiência do sistema.

Por outro lado, a EPBD preconiza a adopção de uma taxa de juro para o período da utilização (vida do sistema) que é global, não tendo lugar a que a mesma possa estar ligada à mencionada redução do potencial de produção que por sua vez irá acumular-se ao resto dos custos como a taxa de juro de referência e que se evidenciam como custos de produção. Tal situação torna claro a não vantagem da aplicação da fórmula constante da Directiva Europeia.

4.12 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Em face do projecto em estudo e do seu contexto de elaboração de projecto de construção, e a determinação nessa fase do seu nível de desempenho energético, que é o parâmetro com maior impacto no objecto deste estudo, verifica-se que o posicionamento da habitação face à orientação solar foi otimizado e que as necessidades de aquecimento e arrefecimento foram substancialmente reduzidas em face do projecto.

Em igual sentido o sistema de vãos e a introdução de ventilação natural nos diferentes espaços contribui para a redução de consumos energéticos, tal como o complemento da lareira no espaço de sala.

A introdução de um sistema de produção de energia como complemento para redução da factura energética, teve por base um estudo desenvolvido por uma empresa de especialidade que dimensionou e instalou um sistema que, contribuindo para a redução da factura energética, tem um deficiente estudo de viabilidade económica por considerar mais os benefícios fiscais que o efectivo rendimento de produção energética. Tal deve-se a que, a confrontação entre consumo energético real e produção serem sempre diferentes com situação de perda para a produção (menor que o consumo).

Não obstante o dimensionamento do sistema ser um balanço entre área disponível e interesse do futuro produtor no investimento, considera-se que era possível à data do estudo desenvolvido pela empresa proceder a um balanço mais otimizado dos rendimentos do sistema em face do histórico dos dados climáticos e do nível de desempenho do sistema.

Neste contexto, e conforme já anteriormente discutido, o cálculo do sistema instalado não teve em consideração factores como a redução do nível de eficiência do sistema de produção de energia, nem as alterações legislativas já previstas e com temporalidade que irá incluir o período de cálculo do retorno do investimento.

5. CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÃO

Os edifícios hoje existentes em Portugal, encontram-se envelhecidos mas não numa situação muito degradada. No entanto, o seu desempenho apresenta um nível de consumo energético bastante elevado, em grande parte decorrente do facto de na época em que foram construídos não existir ainda regulamentação relativa ao desempenho térmico da sua envolvente, facto este que contribuiu para que se mostrem necessárias intervenções essencialmente a nível térmico. Acresce a este facto, as cada vez maiores exigências da população, ao nível do conforto ambiental no interior das habitações, culminando num maior recurso a energias provenientes de fontes não renováveis por serem de acesso facilitado.

O impacto ambiental causado pelos edifícios tem efeitos duradouros, e com um longo ciclo de vida, dado ser a fase operacional aquela que tem um maior período temporal. Contrariando esta tendência tem vindo a ser procurado introduzir soluções de construções sustentáveis que, com a adopção de variadas acções, contribuem para edifícios energeticamente mais eficientes. Paralelamente, é importante a adopção de novos comportamentos de consumo de energia e recorrer a energias renováveis para produção de energia final.

Existem diversos sistemas que permitem a avaliação do desempenho energético dos edifícios, permitindo a identificação das necessidades de reabilitação energética adequadas a cada caso, que permitem por antecipação melhorar o futuro desempenho dos edifícios, situação que reforça a eficiência energética.

Os edifícios de necessidades energéticas quase nulas são uma meta a alcançar por parte dos Estados-Membros, conforme dispõe a EPBD, contudo este tipo de edifícios habitacionais apresentam alguns obstáculos do ponto de vista económico, para a introdução das necessárias medidas de eficiência energética para reduzir a procura de energia, e introduzir sistemas que possibilitem a geração de energia a fim de alcançar um equilíbrio no desempenho. Um edifício deste tipo, apenas poderá ser possível integrando sistemas de produção de energia térmica e eléctrica com recurso a energia solar, (Adhikari, *et al.*, 2012).

No presente estudo pretendeu-se analisar a valia da introdução do sistema solar fotovoltaico instalado num edifício de habitação unifamiliar, relativamente ao seu contributo para um equilíbrio entre a energia produzida pelo sistema e a energia consumida pelo edifício e ao período de retorno do financiamento.

A análise deste caso de estudo permitiu compreender que a análise desenvolvida pela empresa instaladora do sistema não foi adequada à realidade do local e do equipamento, e que apesar de contribuir para a redução da factura energética apresenta um período de retorno muito aquém do espectável, o que se deve ao facto do consumo energético real ser superior à produção. O sistema instalado não possui os requisitos que faça com que ocorra um equilíbrio dos valores.

Conclui-se assim que, todos os estudos para a instalação de sistemas de energia renováveis devem ter em consideração o real potencial de produção de energia que o local oferece, bem como uma análise da eficácia dos sistemas e das necessidades de consumo que a introdução de soluções passivas não consigam garantir, para que ocorra um equilíbrio e um conforto para os utilizadores, por forma a que estes não façam recursos a equipamentos que promovam consumos de energia mesmo que temporários.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A eficiência e o desempenho energético são preocupações que devem estar presentes no dia-a-dia das sociedades e da sua população.

As fontes de energia renováveis são hoje um dos caminhos mais viáveis para suporte da melhoria da qualidade de vida das populações, por permitirem uma poupança significativa na factura dos consumidores.

Um dos desenvolvimentos futuros do presente trabalho é o estudo comparativo entre diferentes soluções de sistemas de produção de energia renováveis possíveis de introduzir nos edifícios de habitação com vista a que se possa identificar o real contributo de cada sistema.

Por outro lado, o desenvolvimento de um conjunto de parâmetros orientadores aplicáveis aos processos de reabilitação energética que possam vir a reforçar o alcançar de um balanço energético quase nulo dos edifícios habitacionais é outro dos desenvolvimentos possíveis deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ADENE a - Agência para a Energia, www.adene.pt (10 de Março de 2014).
- ADENE, Agência para a Energia - *A importância da legislação na eficiência energética dos Edifícios*. Lisboa, 8 de Maio de 2012, 2012a.
- ADENE, Agência para a Energia - *Energia 2020, Eficiência Energética - O Sistema de Certificação Energética e o seu Impacto*. FCUL, 8 de Fevereiro de 2010.
- ADENE, Agência para a Energia - *EPBD (recast) e as implicações para Portugal*. Conferência: Net Zero-Energy Buildings Conference. Lisboa, 26 de Junho de 2012, 2012b.
- ADENE, Agência para a Energia - *Guia da Eficiência Energética*. Lisboa, Julho de 2012, 2012c.
- ADENE b, Agência para a Energia - *SEEP Janelas, Sistema de Etiquetagem energética de Produtos*. <http://www.seep.pt/pt-PT/Produtos/Paginas/SEEP-Janelas.aspx> (24 de Julho de 2014).
- ADENE, Agência para a Energia, Certificação Energética e Ar Interior de Edifícios - *Tudo sobre o Certificado Energético da sua Habitação*. ADENE, 2013a. http://www.adene.pt/sites/default/files/guiace_14_0.pdf (25 de Junho de 2014).
- ADENE, Agência para a Energia; Nuno Baptista - *Certificação energética de edifícios em Portugal - Impacto dos regulamentos na construção e as oportunidades de melhoria do parque habitacional, GE2C'S*. Espanha, 30 de Novembro de 2012, 2012d.
- ADENE, Agência para a Energia; Nuno Clímaco - *O Parque Edificado - Estatísticas, Seminário ITeCons. Santarém*, Julho de 2014.
- ADENE, Agência para a Energia; Rui Fragoso - *Encontro 2013 ADENE - Agências Regionais e Municipais de Energia. O novo enquadramento legal do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)*. Miraflores, 2013, 2013b.
- ADENE, Agência para a Energia; DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia; LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia; ANQEP, Agência Nacional para a Qualificação e o Ensino Profissional - *Projeto BUILD-UP SKILLS PORTUGAL - Formação para as renováveis e eficiência energética no sector da Construção*, Lisboa, 2012.
- AdEPORTO - Agência de Energia do Porto. <http://www.adeporto.eu/index.php> (26 de Maio de 2014).
- Adhikari R.S.; Aste, N.; Del Pero, C.; Manfren, M. - *Net Zero Energy Buildings: Expense or Investment?*. Energy Procedia, Vol. 14, págs. 1331-1336. Elsevier, 2012.
- AGENEAL - Agência Municipal de Energia de Almada. <http://www.ageneal.pt/default.asp> (26 de Maio de 2014).
- Amado, Miguel P. - *1ª Conferência Construção e Reabilitação Sustentável de Edifícios no Espaço Lusófono - O Processo da Construção Sustentável*. Caparica, 2011.
- Amado, Miguel P. - *Conservação Energética em Edifícios de Habitação e Nível de Conforto Ambiental, Construção 21 - Congresso Nacional da Construção*. Lisboa, 2001.
- Amado M. P.; Pinto A. J; Santos C. V. - *The Sustainable Building Process*. RMIT University Australia, Melbourne. Austrália, 2007.
- Amado, M. P., Ribeiro, R. S. e Carrapiço, I. C. - *CINCOS 10 - Congresso de Inovação na Construção Sustentável - Cidades Sustentáveis, Desafio para o século XXI*. Cúria, 2010.

Amado, M. et al - *Relatório de Candidatura à Concessão de Terrenos em Cacuaco – Angola*. Cunhas e Irmãos, SARL. Luanda, 2009.

AMES - Agência Municipal de Energia de Sintra. <http://www.ames.pt/site/home.asp> (26 de Maio de 2014).

AMES - Agência Municipal de Energia de Sintra - *Análise às Unidades de Microgeração presentes no Condomínio Timor Lorosae, Mira Sintra - 1º Semestre 2012*. Colares, Sintra, 2012a.

AMES - Agência Municipal de Energia de Sintra - *Análise às Unidades de Microgeração presentes no Condomínio Timor Lorosae, Mira Sintra - 2º Semestre 2011*. Colares, Sintra, 2011.

AMES - Agência Municipal de Energia de Sintra - *Microgeração em Mira Sintra 2011*. 18 de Janeiro de 2012b. <http://www.ames.pt/site/noticia.asp?id=147§ion=13> (20 de Maio de 2014).

AMESEIXAL - Agência Municipal de Energia do Seixal. <http://www.cm-seixal.pt/ameseixal/> (26 de Maio de 2014).

Appleton, João - *Reabilitação de Edifícios Antigos - Patologias e tecnologias de intervenção*. Edições Orion, Amadora, 2011

APREN, Associação de Energias Renováveis - *Energias Renováveis*. <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/o-que-sao/> (15 de Abril de 2014)

Architettura Ecosostenibile - Hammarby Sjöstad, Stockholm - Suécia - *Un modello per le città sostenibili del futuro: Hammarby Sjöstad*. <http://www.architetturaecosostenibile.it/architettura-in-europa/modello-citta-sostenibili-futuro-hammarby-sjostad-737.html> (6 de Maio de 2014).

AREAL - Agência Regional de Energia e Ambiente do Algarve. <http://www.areal-energia.pt/index.php> (26 de Maio de 2014).

AREAM, Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira - *Desempenho Energético dos Edifícios*. <http://www.aream.pt/download/brochuras/brochuraedificios.pdf> (2 de Abril de 2014)

Baldwin, R. et al. - *BREEAM 98 for offices: an environmental assessment method for office buildings – BRE Report*. IHS BRE Press, Bracknell, Berkshire, 1998.

Baldwin, R. et al. - *Environmental Assessment for New Office Designs – BRE Report*. IHS BRE Press, Bracknell, Berkshire, 1990.

BioRegional Solution for Sustainability - *BedZED seven years on - The impact of the UK's best known eco-village and its residents*. Julho de 2009. <http://www.bioregional.com/news-views/publications/bedzed-seven-years-on/> (21 de Maio de 2014).

BioRegional Solution for Sustainability - *BedZED: Toolkit Part II, A practical guide to producing affordable carbon neutral developments*. Outubro de 2003. <http://www.bioregional.com/news-views/publications/toolkitforcarbonneutraldevelopmentspart2oct03/> (6 de Maio de 2014).

BioRegional Solution for Sustainability - *One Planet Communities - BedZED, UK*. <http://www.bioregional.com/flagship-projects/one-planet-communities/bedzed-uk/> (6 de Maio de 2014).

BPIE, Buildings Performance Institute Europe - *Cost Optimality, Discussing methodology and challenges within the recast Energy Performance of Buildings Directive*. Bruxelas, Setembro de 2010.

BREEAM. <http://www.breeam.org/about.jsp?id=66> (2 de Abril de 2014)

Canha da Piedade, A. - *Curso de Física da Construção e Tecnologias Solares Passivas*, ISEL - CEEC. Lisboa, 1999.

CICA, *Confederation of International Contractor's Associations*. Industry as a partner for sustainable development. The Beacon Press, 2002.

Cole, R. J.; Larsson, N. - *Green Building Challenge: Lessons Learned from GBC'98 and GBC2000, Proceedings: International Conference Sustainable Building 2000*. Maastricht, The Netherlands, 2000.

Colombo, R.; Landabaso, A.; Sevilla A. - *Design handbook : passive solar architecture for Mediterranean area*. Joint Research Centre, European Commission, Institute for Systems Engineering and Informatics, 1994.

Comissão Europeia - *Roteiro para a Energia 2050*. Bruxelas, Dezembro, 2011.

COPREL - *Departamento de Climatização e Energias Renováveis - Energia Solar Térmica*. http://coprel.pt/index.php?mod=articles&action=viewArticle&article_id=161&category_id=73 (15 de Abril de 2014)

Declaração de Retificação n.º 2 até 4/2014. D.R. 1.ª série n.º 22 (31-1-2014) págs. 761-763

Decreto-Lei n.º 78/2006. D.R. I SÉRIE-A n.º67 (4-4-2006) págs. 2411-2415.

Decreto-Lei n.º 79/2006. D.R. I SÉRIE-A n.º67 (4-4-2006) págs. 2416-2468.

Decreto-Lei n.º 80/2006. D.R. I SÉRIE-A n.º 67 (4-4-2006) págs. 2468-2513.

Decreto-Lei n.º 118/2013. D.R. 1.ª série n.º 159 (20-8-2013) págs.4988-5005.

Decreto-Lei n.º 118-A/2010. D.R. 1.ª série n.º 207 (25-10-2010) págs. 4834(2)-4834(16).

Despacho (extrato) n.º 15793-C até L/2013. D.R. 2.ªsérie n.º234 (3-12-2013) págs.35088(9)-35088(88).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanços Energéticos Nacionais 1990-2003*. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanço Energético Nacional 2004, 2004a*. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanço Energético Nacional 2005, 2005*. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanço Energético Nacional 2006, 2006*. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanço Energético Nacional 2007, 2007*. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanço Energético Nacional 2008, 2008*. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanço Energético Nacional 2009, 2009*. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanço Energético Nacional 2010, 2010*. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanço Energético Nacional 2011 (Provisório)*, 2011. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Balanço Energético Nacional 2012 (Provisório)*, 2012a. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Caracterização Energética Nacional 2012*, 2012b. <http://www.dgeg.pt/>. (14de Abril de 2014).

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial*. Lisboa, Abril de 2004, 2004b

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Petróleo, Gás Natural e Carvão - Estatísticas rápidas*. Lisboa, 10 de Agosto de 2012, 2012c.

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia - *Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais*. Lisboa, Novembro de 2004, 2004c.

DGEG, Direcção Geral de Energia e Geologia; INE, Instituto Nacional de Estatística - *Inquérito ao consumo de energia no sector doméstico, 2010*. Lisboa, 2011.

DIRECTIVA 2010/31/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. L 153 (18-6-2010) págs. 13-35.

EDP, Energias de Portugal - *Dicas de Eficiência Energética, Viva a sua casa com uma energia mais sustentável*. Odívelas, Junho 2012.

ENA, Agência de Energia e Ambiente da Arrábida - Projecto ECOSAVE Sensibilização para a utilização de electrodomésticos. *Guia para a utilização eficiente dos electrodomésticos*. Setúbal, Janeiro de 2012.

ENAT a - *ENAT, Energias Naturais - Biomassa*. <http://pt.enat.pt/pt/produtos/biomassa/caldeiras-a-pellets> (15 de Abril de 2014)

ENAT b - *ENAT, Energias Naturais - Energia Solar Térmica*. <http://pt.enat.pt/pt/produtos/energia-solar-t%C3%A9rmica> (15 de Abril de 2014)

Energaia - Agência de Energia do Sul da área metropolitana do Porto. <http://www.energaia.pt/> (26 de Maio de 2014).

Energias Renováveis em Portugal - Sistemas Solares Térmicos. <http://energias-renovaveis.info/energia-solar/os-sistemas-solares-termicos/> (15 de Abril de 2014)

Energy Cities - BedZed, Sutton, UK. http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/Sustainable_Districts_ADEME1_BedZed.pdf (6 de Maio de 2014).

Energy Cities - Hammarby Sjöstad, Stockholm - Suécia. http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/Sustainable_Districts_ADEME1_Hammarby.pdf (6 de Maio de 2014).

Energy Cities - Vauban, Freiburg - DE. http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/Sustainable_Districts_ADEME1_Vauban.pdf (6 de Maio de 2014).

Energy Star, a - *Energy Star*. <http://www.energystar.gov/index.cfm> (23 de Maio de 2014).

Energy Star, b - *Energy Star - Home Energy Yardstick*. https://www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=HOME_ENERGY_YARDSTICK.showGetStarted (23 de Maio de 2014).

Energy Star, c - *ENERGY STAR Certified Homes, Version 3 (Rev. 07). Inspection Checklists for National Program Requirements*. https://www.energystar.gov/ia/partners/bldrs_lenders_raters/downloads/Inspection_Checklists.pdf?41e2-12dd (23 de Maio de 2014).

Energy Star, d - *ENERGY STAR Certified Homes, Version 3 (Rev. 07). National Program Requirements*. https://www.energystar.gov/ia/partners/bldrs_lenders_raters/downloads/National_Program_Requirements.pdf?41e2-12dd (23 de Maio de 2014)

EUROSTAT - *Energy, Transport and Environment Indicators, 2013 Edition*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2013.

Fernandes, D; Pina dos Santos, C; Faria, P. - *A Realidade da Reabilitação em Portugal - Uma abordagem térmico-energética - 2º CIHEL, LNEC*. Lisboa, 2013.

Ferreira, João de Jesus - *A utilização racional e eficiente da energia em grandes edifícios*. Energia - Guia de Eficiência Energética nos Edifícios, 8ª edição, págs. 48-55. Engenho e Media Lda, Maio de 2014.

Fonseca, P.; Almeida, A.; Nunes, U. - *Ideal EPBD*, 26 de Julho de 2011. http://www.ideal-epbd.eu/download/pap/PT_findings_recommendations.pdf (14 de Junho de 2014)

Freitas, V. P.; Guimarães, A.; Ferreira, C.; Alves, S. - *Edifícios Existentes*. ADENE - Agência para a Energia, Março 2011.

Hernandez, P; Kenny, P. - *From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)*. Energy and Buildings, Vol. 42, págs. 815-821. Elsevier, 2010.

IEA, International Energy Agency - Solar Heating & Cooling Programme. *SHC Task 40 - Net Zero Energy Solar Buildings*. <http://task40.iea-shc.org/objectives> (26 de Maio de 2014).

iisBE - *Iniciativa Internacional para a Sustentabilidade do Ambiente Construído*. <http://www.iisbe.org/> (2 de Abril de 2014).

INE - Instituto Nacional de Estatística - *Censos 2011 Resultados Definitivos - Portugal*. Lisboa, 2012, 2012a.

INE, Instituto Nacional de Estatística - *Estatísticas da Construção e Habitação*, 2009. Lisboa, 2010.

INE, Instituto Nacional de Estatística - *Estatísticas da Construção e Habitação*, 2010. Lisboa, 2011.

INE, Instituto Nacional de Estatística - *Estatísticas da Construção e Habitação*, 2011. Lisboa, 2012 b.

INE, Instituto Nacional de Estatística - *Estatísticas da Construção e Habitação*, 2012. Lisboa, 2013.

INETI, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P., Departamento de Energias Renováveis - *Edifício SOLAR XXI, Um edifício energeticamente eficiente em Portugal*. Lumiar, Dezembro de 2005.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Julho 2013*. Lisboa, 2013, 2013a.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Agosto 2013*. Lisboa, 2013, 2013b.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Setembro 2013*. Lisboa, 2013, 2013c.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Outubro 2013*. Lisboa, 2013, 2013d.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Novembro 2013*. Lisboa, 2013, 2013e.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Dezembro 2013*. Lisboa, 2013, 2013f.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Janeiro 2014*. Lisboa 2014, 2014a.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Fevereiro 2014*. Lisboa 2014, 2014b.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Março 2014*. Lisboa 2014, 2014c.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Abril 2014*. Lisboa 2014, 2014d.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Maio 2014*. Lisboa 2014, 2014e.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Junho 2014*. Lisboa 2014, 2014f.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - *Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental - Julho 2014*. Lisboa 2014, 2014g.

Isabel, A.; Simões, N.; Mendes, P. A.; Januário, R.; Fino, R.; Gil, V. - *Manual de Boas Práticas - Reabilitação de Edifícios Urbanos*. ITeCons - Construção, Engenharia, Ambiente, Sustentabilidade. Coimbra, Julho 2014.

ITIC, Instituto Técnico para a Indústria da Construção - *O sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior dos edifícios: Oportunidades para o sector da construção*. Lisboa, Março de 2008.

Jornal Público - Entrevista a Jorge Vasconcelos, Fevereiro de 2012. <http://www.publico.pt/economia/noticia/jorge-vasconcelos-electricidade-aumentara-20-a-30-ate-2030-1534551> (20 de Agosto de 2014).

LiderA - *Sistema de Avaliação da Sustentabilidade*. <http://www.lidera.info/index.aspx> (3 de Abril de 2014)

Lisboa E-Nova - *Agência Municipal de Energia e Ambiente de Lisboa*. <http://lisboaenova.org/index.php> (26 de Maio de 2014).

LNEG, Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia - *Energia Solar e o seu contributo para os Edifícios de Balanço Energético Nulo*. Lisboa, 17 de Maio de 2010.

Maldonado, Eduardo - *As Políticas Nacional e Europeia para os Edifícios: Objectivos a Atingir, 10's Jornadas de Climatização*. Lisboa, 2010.

Marszala, A. J.; Heiselberg, P.; Bourrelle, J. S.; Musall, E.; Voss, K.; Sartori, I.; Napolitano, A. - *Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies*. Energy and Buildings, - Vol. 43, págs. 971-979. Elsevier, 2011.

Meisel, A. - *LEED Material A Resource Guide to Green Building*. Princeton Architectural, New York, EUA, 2010.

Mendonça, Paulo - *Habitar sob uma segunda pele - Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*, Universidade de Coimbra - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Coimbra, 2005.

Observatório do QREN, Quadro de Referência Estratégico Nacional - *Estudo de Avaliação - Contributo das intervenções do QREN em contexto urbano para o aumento da eficiência energética*. Coimbra, Junho de 2013.

OEINERGE - Agência Municipal de Energia e Ambiente de Oeiras. <http://www.oeinerge.pt/> (26 de Maio de 2014)

Paiva, J. V.; Aguiar, J.; Pinho, A. - *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*. Vol. 2. LNEC/INH. Lisboa, Dezembro de 2006.

PCS, Portal da Construção Sustentável - Certificação. http://www.csustentavel.com/PT/certificacao/#cert_edifi (24 de Junho de 2014).

Pina dos Santos, Carlos - *Conferência NZEB - Apresentação: Reabilitação de edifícios para promoção do conforto e da eficiência energética*, LNEG - Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia, Junho de 2012. <http://www.lneg.pt/download/5656/Reabilita%E7%E3o%20de%20edif%EDcios%20para%20promo%E7%E3o%20do%20confortoe%20da%20efici%EAncia%20energ%E9tica%20-pina%20santos.pdf> (20 de Abril de 2014).

Pinheiro, Manuel Duarte - *LiderA – Liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade. Apresentação Sumária do Sistema de Avaliação da Sustentabilidade da Construção, Versão para Ambientes Construídos (V2.00b)*, 2009. http://www.lidera.info/resources/LiderA_V2_00b.pdf (3 de Abril de 2014).

Pinheiro, Manuel Duarte - *LiderA - Sistema voluntário para a Sustentabilidade dos Ambientes Construídos*, 2011. http://www.lidera.info/resources/LiderA_Apresentacao_geral_2011_v1.pdf (3 de Abril de 2014).

Pinheiro, Manuel Duarte - *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente. Amadora, 2006.

Pinheiro, Manuel Duarte - *Construção Sustentável - Mito ou realidade? - VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente*. Lisboa, 2003.

Portaria n.º 349-A/2013. D.R. 1.ª série n.º 232 (29-11-2013) págs. 6624(13)-6624(17)

Portaria n.º 349-B/2013. D.R. 1.ª série n.º 232 (29-11-2013) págs. 6624(18)-6624(29)

Portaria n.º 431/2012. D.R. 1.ª série n.º 252 (31-12-2013) págs. 7326-7327

Projecto EnerBuilding - *Manual do Consumidor - Eficiência energética nos edifícios residenciais*. Deco, Lisboa, 2008.

PVGIS, *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive maps and animations*. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe> (27 de Agosto de 2014).

PVGIS, *Photovoltaic Geographical Information System - Institute for Energy and Transport - European Commission*, 2001-2012. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm> (15 de Abril de 2014).

QUERCUS - *Projecto EcoFamílias - Relatório Final*. Lisboa, 2008.

REGULAMENTO DELEGADO (UE) N.º 244/2012 DA COMISSÃO. L 81 (21-3-2012) págs. 18-36

Sartori, I.; Napolitano, A.; Voss, K. - *Net zero energy buildings: A consistent definition framework*. Energy and Buildings, Vol. 48, págs. 220-232. Elsevier, 2012.

Silva, V. G. - *Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: Estado atual e discussão metodológica*. São Paulo, 2007.

Solar - One, Fotovoltáico. http://www.solar-one.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=397&lang=pt (15 de Abril de 2014).

Sunergetic, Microgeração - http://www.sunergetic.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=54 (15 de Abril de 2014)

Torcellini, Paul A.; Ph.D.; P.E.; Crawley, Drury B. - *Understanding Zero-Energy Buildings*. ASHRAE, 2006.

USGBC, United States Green Building Council - *LEED - Leadership in Energy & Environmental Design*. <http://www.usgbc.org/leed> (2 de Abril de 2014)

Vauban.de - Our history. <http://www.vauban.de/en/topics/history> (6 de Maio de 2014).

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development - *Eficiência Energética em Edifícios - Realidades empresariais e oportunidades, Relatório Síntese*, BCSD Portugal, 2009.

ANEXOS

ANEXO I – Consumo energético nos edifícios de habitação

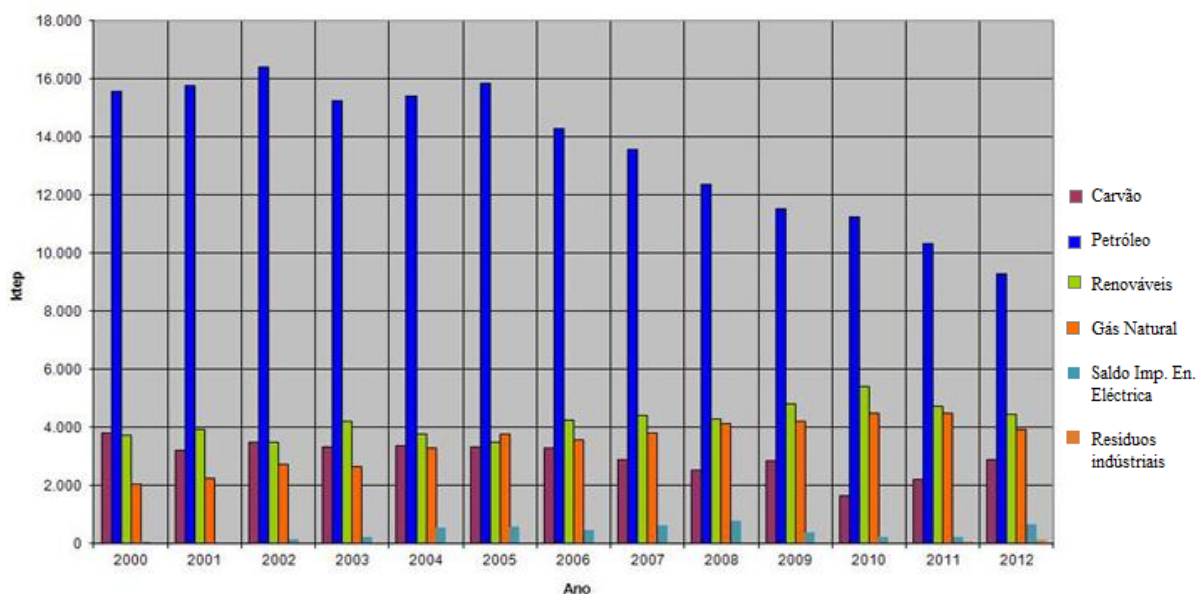


Figura 1 - Evolução do Consumo de Energia Primária, em Portugal de 2000 a 2012, (DGEG, 2012b).

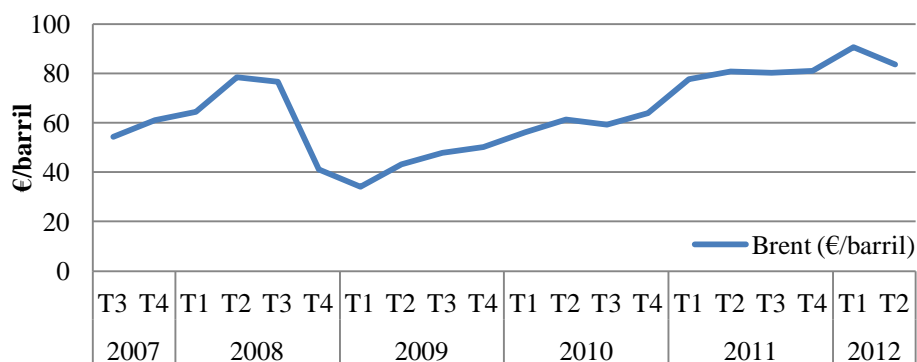


Figura 2 - Evolução Trimestral do Brent (€/barril de Brent) de 2007 a 2012, (DGEG, 2012c).

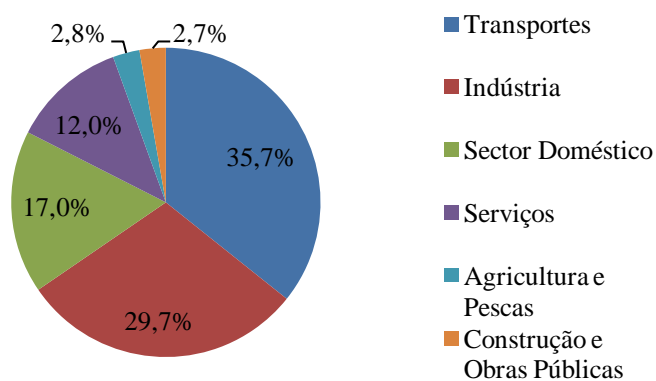


Figura 3 - Balanço energético de 2012, provisório, (DGEG, 2012a).

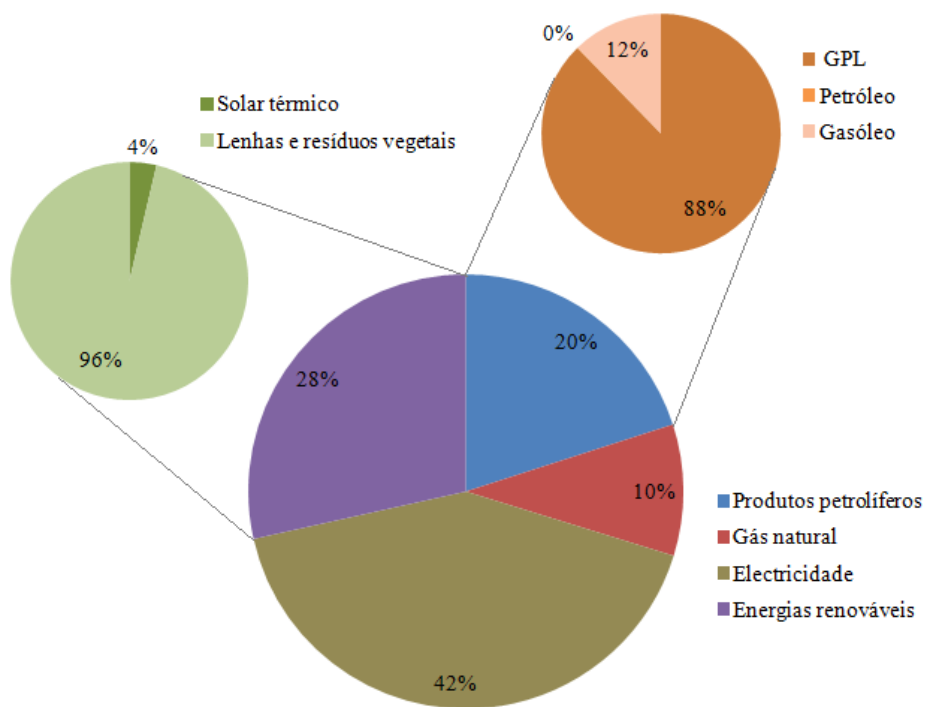


Figura 4 - Consumo energético do sector doméstico por fontes de energia, em Portugal, 2012 (provisório) (%), (DGEG, 2012a).

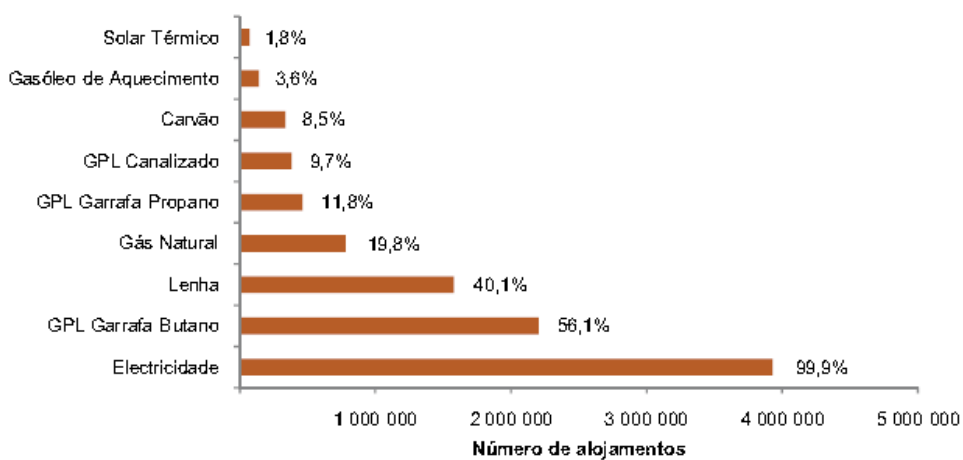


Figura 5 - Alojamentos que consomem energia por tipo de fonte, 2010 (DGEG; INE, 2011).

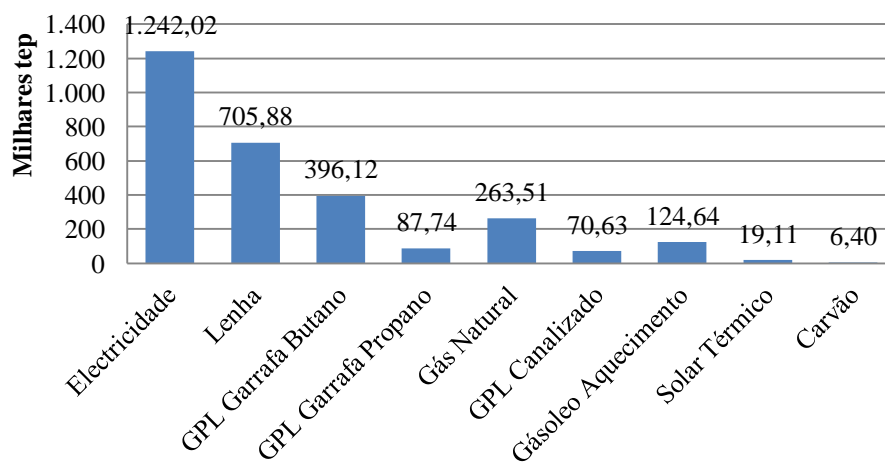


Figura 6 - Consumo com energia no alojamento por tipo de fonte, 2010 (DGEG; INE, 2011).

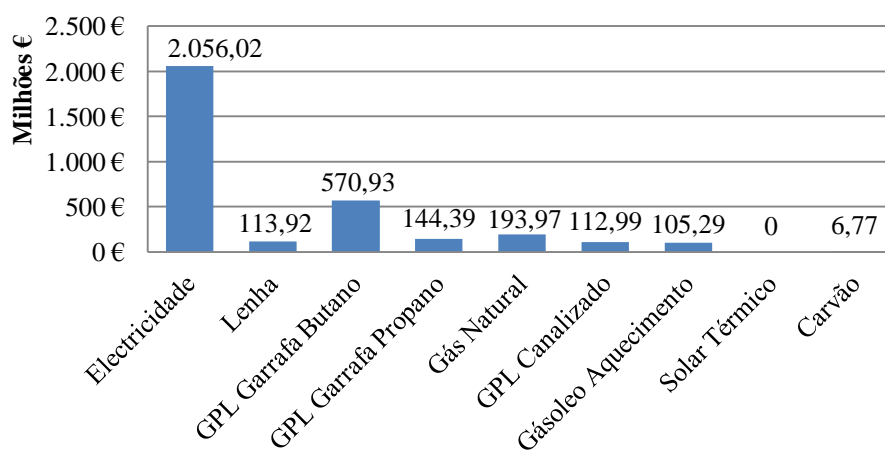


Figura 7 - Despesa com energia no alojamento por tipo de fonte, 2010 (DGEG; INE, 2011).

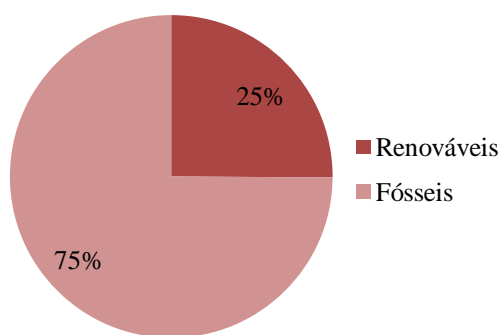


Figura 8 - Consumo de energias renováveis e fósseis, 2010 (%), (DGEG; INE, 2011).

ANEXO II – Efeitos do consumo energético

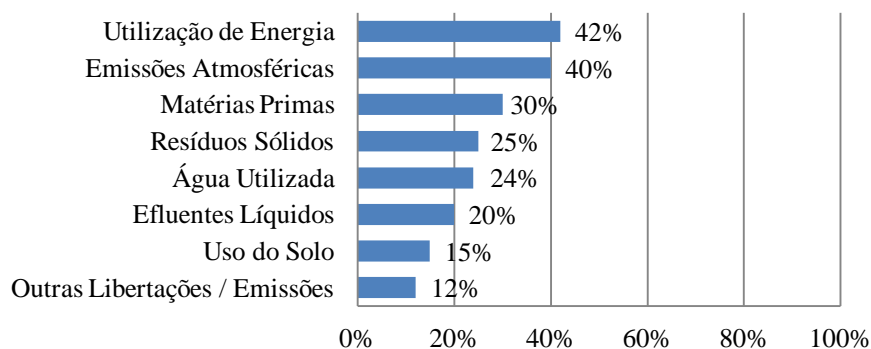


Figura 1 - Impactes ambientais dos edifícios nos EUA (%) (Pinheiro, 2006).

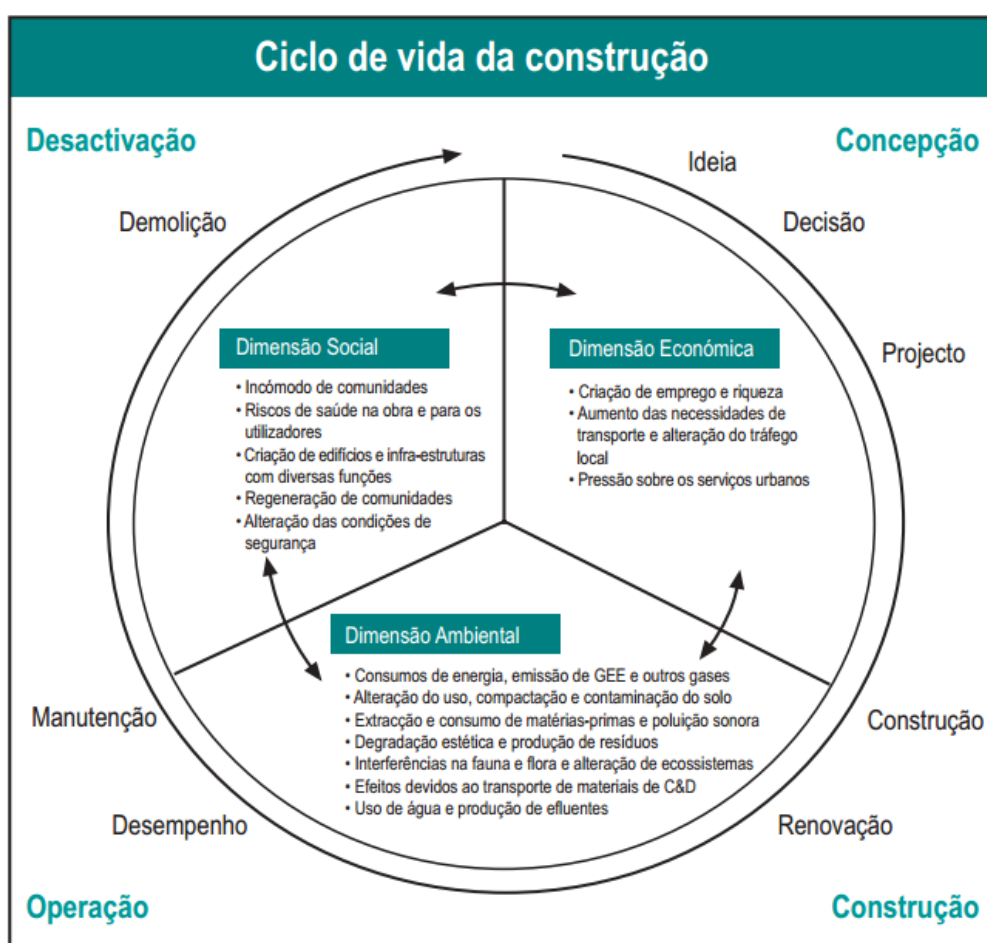


Figura 2- Impactes Ambientais no ciclo de actividades da construção, (CICA, 2002), (Pinheiro, 2006).

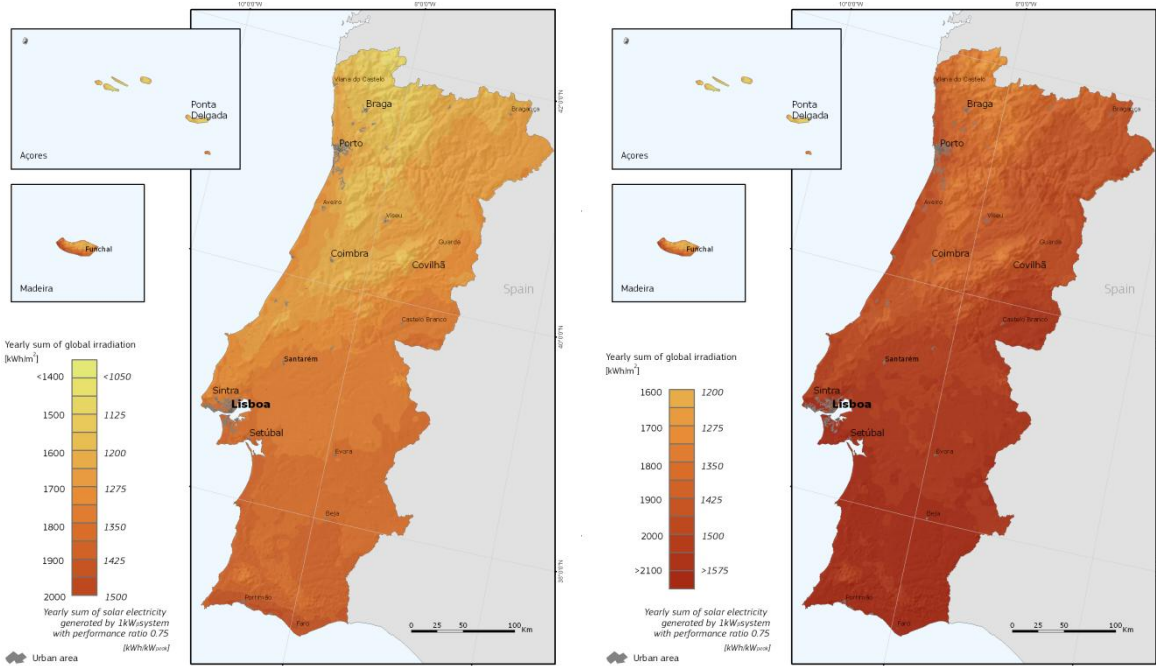


Figura 3 - Irradiação global e potencial de energia solar (módulos fotovoltaicos montados horizontalmente (esquerda) e módulos fotovoltaicos de forma otimizada montados de forma inclinada (direita)), (PVGIS, European Commission, 2001-2012).

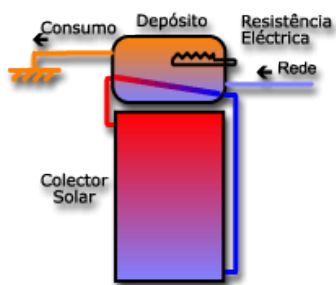


Figura 4 - Esquema de circulação em termosifão (COPREL).

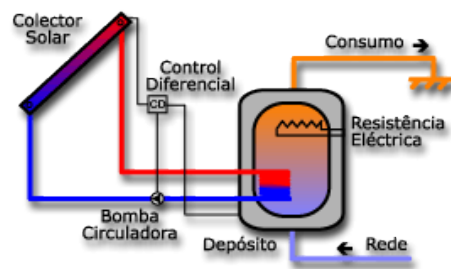


Figura 5 - Esquema de circulação forçada (COPREL).

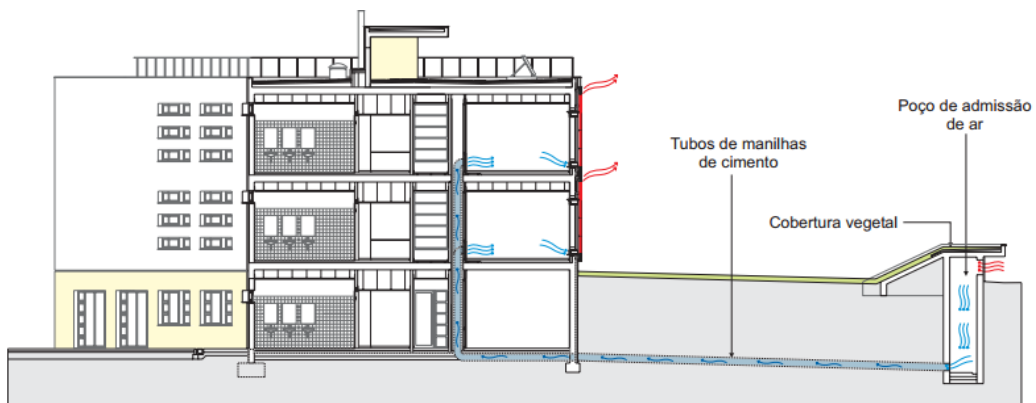


Figura 6 - Sistema de arrefecimento do ar através de tubos enterrados, (INETI, 2005).

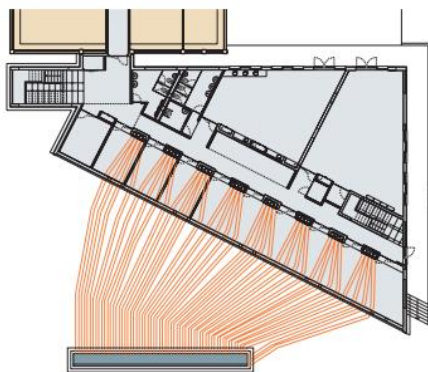


Figura 7 - Traçado da tubagem entre o poço de admissão de ar e o interior do edifício, (INETI, 2005).



Figura 8 - Saídas de ventilação no interior das salas, (INETI, 2005).

ANEXO III – Reabilitação de edifícios

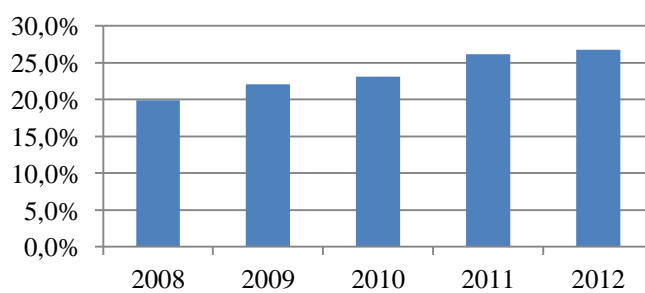


Figura 1 - Evolução das obras de reabilitação do edificado, em Portugal, 2008-2012, (INE, 2010) até (INE, 2013).

ANEXO IV – O quadro legal para apoio à eficiência energética dos edifícios

Tabela 1 - Planos e Projectos de agências municipais de energia (AMES), (AMESEIXAL), (Lisboa E-Nova), (Energia), (AdEPORTO), (AGENEAL), (OEINERGE) (AREAL).

Agência Municipal de Energia	Projectos e Planos	Missão / Objectivos dos Projectos
AMES Agência Municipal de Energia de Sintra	EcoConselho	Serviço de esclarecimento direccionado para responder a dúvidas relacionadas com a utilização racional de energia e com aplicação de energias renováveis.
	PES, Plano Energético de Sintra	Pretende conhecer os consumos de energia que ocorrem no território do município; fornecer à câmara municipal de Sintra os instrumentos necessários à tomada de decisão para se atingir uma política energética municipal integrada; e definir acções que conduzam Sintra na direcção de um Município Sustentável ao nível energético.
	Ciência e Tecnologia: A Energia e o Ambiente	Visa alargar os conhecimentos da população escolar nas áreas das Energias Renováveis, da Utilização Racional de Energia e Água e da Valorização dos óleos alimentares usados.
	Parques Urbanos Sustentáveis	Reabilitar o Parque Urbano de S. Marcos, tornando-o sustentável a nível energético e de abastecimento de água.
AMESEIXAL Agência Municipal de Energia do Seixal	Projecto EcoFamílias	Promove o consumo sustentável, através da avaliação do consumo energético das famílias e do potencial de redução do mesmo, quer pela alteração de hábitos de utilização dos equipamentos, quer pela sua substituição por outros energeticamente mais eficientes.
Lisboa E-Nova Agência Municipal de Energia-Ambiente de Lisboa	Eficiência Energética: Estratégia Energético-Ambiental para Lisboa	Foram actualizados e quantificados os fluxos da energia, dos materiais e da água canalizada, sintetizando-se os resultados nas Matrizes Energética, da Água e dos Materiais. Essas matrizes permitem aferir quantitativamente, e corrigir se necessário, a evolução do desempenho da cidade, em termos de consumo de Energia, de Água e de Materiais, bem como da emissão de poluentes e da produção e reciclagem de resíduos.
	Eficiência Energética: Projecto Urban Sol Plus	Desenvolvido no âmbito do Programa Energia Inteligente Europa e o seu objectivo é promover a adopção de sistemas solares térmicos em edifícios multi-residenciais existentes e edifícios classificados como património histórico.

Agência Municipal de Energia	Projectos e Planos	Missão / Objectivos dos Projectos
		<p>Possibilita que o consumidor conheça os seus consumos de energia e seja capaz de tomar decisões e alterar comportamentos através de uma análise consciente dos seus perfis de consumo energético e de um processo de aprendizagem e consciencialização contínuos.</p> <p>Pretende melhorar a sua eficiência energética através de uma interacção entre o consumidor, novas soluções tecnológicas e informação.</p>
<p>Energaia Agência Municipal de Energia do Sul da Área Metropolitana do Porto, Gaia</p>	<p>Covenant of Mayors - Pacto de Autarcas</p>	<p>Foi assumido um compromisso formal que visa superar os objectivos definidos pela UE para 2020, reduzindo as emissões GEE em, pelo menos 20%, como resultado da aplicação de um plano de ação em matéria de energia sustentável.</p>
	<p>Energyprofiler</p>	<p>Tem como objectivo principal a identificação de padrões de consumo de energia dos portugueses, caracterizando as diferenças entre os consumidores de energia das diferentes regiões de Portugal Continental e Ilhas.</p>
<p>AdEPORTO Agência de Energia do Porto, Área Metropolitana do Porto a Norte do Douro</p>	<p>Estratégia e Planeamento</p>	<p>Sabendo que todos os recursos são finitos e que a sua utilização gera impactos no meio envolvente, é importante definir uma estratégia de actuação que garanta que os recursos disponíveis são utilizados de forma eficiente. Para definir uma estratégia adequada é necessário começar por fazer um diagnóstico energético-ambiental, completado por uma análise de sensibilidade relativamente a cenários prováveis.</p>
	<p>Projectos de Intervenção</p>	<p>Pretende-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver guias de termos de referência e procedimentos de eficiência energética específicos para a reabilitação urbana, para o edificado social existente, para os edifícios públicos, incluindo escolas, piscinas, etc.; - Apoiar o licenciamento e certificação de edifícios em termos de desempenho térmico de acordo com a regulamentação em vigor; e - Promover auditorias energéticas e de qualidade do ar interior em edifícios públicos e, a partir daí, identificar as medidas a serem tomadas a diferentes níveis: construção, sistemas mecânicos, gestão, entre outros.
<p>AGENEAL Agência Municipal de energia de Almada</p>	<p>Projecto Eco n'Home</p>	<p>Pretende-se por em prática um serviço que irá alcançar uma redução significativa do consumo de energia por habitação, com base numa metodologia a definir no âmbito do projecto.</p>
	<p>Programa GreenLight</p>	<p>Empresas e organizações, públicas e privadas, comprometem-se a melhorar a iluminação nos seus espaços sempre que, e onde quer que, a economia energética justifique o investimento, e a instalar os melhores sistemas de iluminação eficiente nos edifícios.</p>

Agência Municipal de Energia	Projectos e Planos	Missão / Objectivos dos Projectos
<p align="center">OEINERGE Agência Municipal de Energia e Ambiente de Oeiras</p> <p align="center">OEINERGE Agência Municipal de Energia e Ambiente de Oeiras</p>	<p align="center">Projecto EcoCasa – as EcoFamílias</p>	Pretende-se: - Fomentar a mudança de comportamentos, a eco-eficiência e uma correcta gestão da energia a nível doméstico; - Sensibilizar para a problemática da conservação e utilização racional da energia, visando a utilização de soluções ao alcance do consumidor, aumentando a eficiência do sistema energético.
	<p align="center">Projecto EcoCafés</p>	Este projecto desafia alguns comerciantes a colaborarem no programa de monitorização de consumos energéticos dos seus cafés. Serão aconselhados sobre formas de melhorar o desempenho energético das suas instalações e conseqüente diminuição dos custos com energia.
	<p align="center">Consultório de Energia e Ambiente</p>	Visa promover a informação e sensibilização dos cidadãos para o uso racional da energia e para a protecção do ambiente. Pretende criar uma janela para o esclarecimento das questões relacionadas com a energia e o ambiente, das mais restritas às mais amplas.
	<p align="center">Projecto Água Quente para o Complexo Desportivo da Associação de Bombeiros Voluntários dos Estoris</p>	Pretende-se identificar o sistema de águas quentes sanitárias (para banhos e piscinas) mais apropriado para este equipamento desportivo. Como alternativa ao gás natural foi equacionado o sistema de água quente solar. Além da avaliação de propostas para alteração do sistema de AQS foram estudadas formas de racionalizar a procura de água, substituindo os chuveiros, torneiras, autoclismos e outros dispositivos, assim será possível reduzir a factura de água e a factura energética (consumos de gás inferiores porque o volume de água a usar por banho ser inferior).
<p align="center">AREAL Agência Regional de Energia e Ambiente do Algarve</p>	<p align="center">Projecto Nearly Zero, Energia em Edifícios Desportivos</p>	O projeto pretende reduzir o consumo de energia em instalações desportivas através do uso de pacotes integrados de renovação, novas tecnologias, métodos de poupança de energia e energias renováveis.
	<p align="center">Projeto PV Net Metering, Promoção da energia fotovoltaica através de monitorização via net</p>	Pretende: - Compilação de estudos, para cada país envolvido, sobre as políticas de net-metering ideais para ligar o sistema PV à rede em edifícios públicos, comerciais, residenciais e industriais; - Criação de uma ferramenta de otimização de medição que poderá ser utilizada pelas autoridades e serviços públicos de energia elétrica; - Criação de um conjunto de diretrizes resultantes do conhecimento gerado através da execução do projeto, a ser distribuído às autoridades públicas no sector da energia; - Promoção dos benefícios tangíveis dos sistemas fotovoltaicos através de

Agência Municipal de Energia	Projectos e Planos	Missão / Objectivos dos Projectos
		<p>demonstrações concretas e de campanhas publicitárias dirigidas aos cidadãos de cada país parceiro;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Criação de uma rede de colaboração transnacional, que envolva autoridades públicas no sector da energia, estabelecida com o objetivo de proporcionar o intercâmbio de informações a longo prazo sobre o desempenho de várias estratégias destinadas a aumentar o consumo de energia PV; - Desenvolvimento de um conjunto de instalações piloto de rede inteligente de medição com acesso remoto aos dados.
<p style="text-align: center;">AREAL Agência Regional de Energia e Ambiente do Algarve</p>	<p style="text-align: center;">Projecto MEDEEA - “Mediterranean Implementation of the European Energy Award” Implementação do Prémio Europeu de Energia</p>	<p>Visa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Premiar Municípios através da ferramenta European Energy Award; - Alcançar a meta energética europeia dos “20-20-20” para as regiões do mediterrâneo; - Promover a adesão ao Pacto dos Autarcas; - Dotar os Municípios de um plano estratégico de energia e mobilidade.
	<p style="text-align: center;">Projecto Enerintown, Monitorização e controle do consumo energético em edifícios municipais através da internet</p>	<p>Pretende que haja uma monitorização dos consumos energéticos via internet. Através da informação sobre os diferentes tipos de consumo pretende-se potenciar a identificação de deficiências e por esta via incrementar a eficiência energética.</p>
	<p style="text-align: center;">Projecto SOLAREAL</p>	<p>O objectivo é a promoção da energia solar térmica para a produção de água quente no Algarve, através da compilação de dados e da construção de uma base que sirva de apoio aos decisores públicos e privados.</p>

ANEXO V – Desempenho energético dos edifícios

Tabela 1 - Análise comparativa dos sistemas de avaliação.

Sistemas	Parâmetros	BREEAM	SBTOOL	LEED	LIDERA	Energy Star
Ambiente Interior	Conforto Acústico	✓	✓		✓	
	Conforto Higrotérmico	✓	✓			✓
	Conforto Iluminação	✓	✓	✓	✓	✓
	Conforto Térmico	✓	✓	✓	✓	✓
	Iluminação natural/artificial	✓	✓	✓		✓
	Qualidade do ar interior	✓	✓	✓	✓	✓
	Monitorização da distribuição do ar			✓		✓
	Planeamento da qualidade do ar interior da construção (durante a construção e antes da ocupação)			✓		
	Ruído Interior		✓		✓	
	Saúde e Bem-estar	✓	✓	✓		
	Ventilação Interna		✓	✓		
Aspectos socioeconómicos e políticos	Aspectos globais de política	✓				
	Aspectos sociais		✓			
	Custos e economia		✓			✓
	Controlabilidade		✓			✓
	Densidade de desenvolvimento e interação da comunidade			✓		
	Acesso para todos				✓	✓
	Diversidade económica				✓	
	Amenidade e interação social				✓	
	Participação e Controlo				✓	✓
	Custos no ciclo de vida				✓	✓
Cargas ambientais e impacto no ambiente exterior	Emissões atmosféricas	✓	✓	✓	✓	✓
	Poluição da água	✓			✓	
	Poluição do ar	✓		✓		✓
	Resíduos da construção	✓	✓	✓	✓	
	Resíduos de uso do edifício	✓	✓		✓	
	Efluentes		✓	✓	✓	
	Impactes na envolvente	✓	✓			
	Poluição ilumino-térmica			✓	✓	
	Ruído exterior				✓	
Integração Local	Ambiente envolvente	✓	✓			
	Contexto de implantação	✓	✓	✓		
	Características culturais e locais		✓			

	Sistemas Parâmetros	BREEAM	SBTOOL	LEED	LIDERA	Energy Star
	Ecologia local	✓		✓	✓	
	Ocupação do solo	✓	✓	✓	✓	
	Paisagem e património		✓		✓	
	Requalificação de terrenos devolutos			✓		
	Transporte – Emissão de CO ₂	✓		✓		✓
	Transporte – Localização	✓		✓		
Inovação	Inovação no campo da sustentabilidade e no processo de design	✓		✓	✓	
Gestão Ambiental	Controlo dos resíduos de construção	✓		✓		
	Procedimentos ambientais	✓			✓	✓
	Acreditação profissional	✓		✓		
	Medição e verificação		✓	✓		✓
	Conteúdos recicláveis			✓		
	Reforço de sistemas de climatização			✓		
	Reutilização de materiais			✓		
Planeamento	Adaptabilidade	✓	✓			
	Controlo de Qualidade		✓	✓		
	Durabilidade				✓	
	Flexibilidade		✓	✓		
	Planeamento de operação do edifício		✓	✓		✓
	Planeamento de construção		✓	✓		
Recursos	Conservação da água	✓	✓	✓	✓	
	Conservação de Energia	✓	✓	✓	✓	✓
	Aproveitamento de águas residuais			✓		
	Aproveitamento de águas pluviais			✓		
	Eficiência da água existente na envolvente			✓	✓	
	Eficiência dos sistemas prediais			✓		
	Energia renovável			✓		✓
	Materiais	✓	✓	✓	✓	
	Materiais ecológicos			✓	✓	
	Prioridade regional			✓	✓	
	Produção local de produtos alimentares				✓	

ANEXO VI – Elementos estatísticos

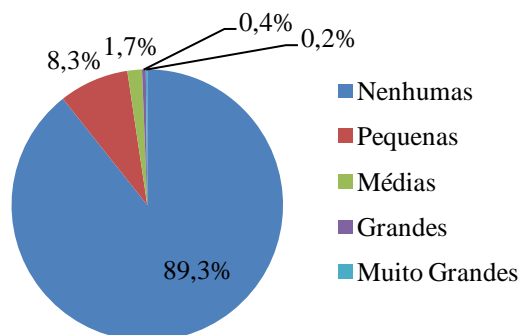


Figura 1 - Necessidades de reparação, ao nível da cobertura (INE, 2012a).

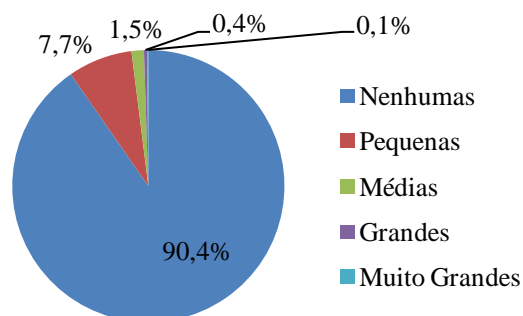


Figura 2 - Necessidades de reparação, ao nível da estrutura (INE, 2012a).

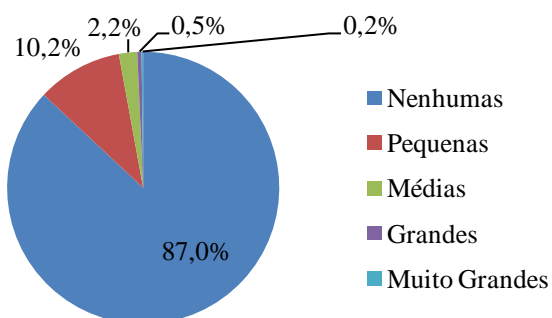


Figura 3 - Necessidades de reparação, ao nível das paredes e caixilharia exteriores (INE, 2012a).

Tabela 1 - Intervalos de valor de R_{Nt} para determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação (Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013).

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A+	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B-	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$



Figura 4 - Etiqueta energética SEEP Janelas (ADENE, b).

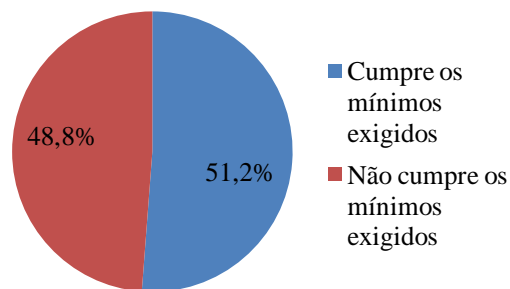


Figura 5 - Percentagem de edifícios construídos entre 1991-2011 em Portugal que cumpre e não cumpre os mínimos exigidos pela entidade de certificação ADENE.

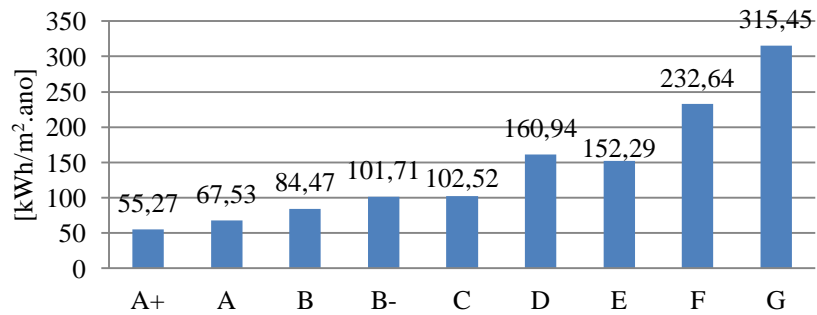


Figura 6 - Média da energia necessária para aquecimento dos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classificação energética.

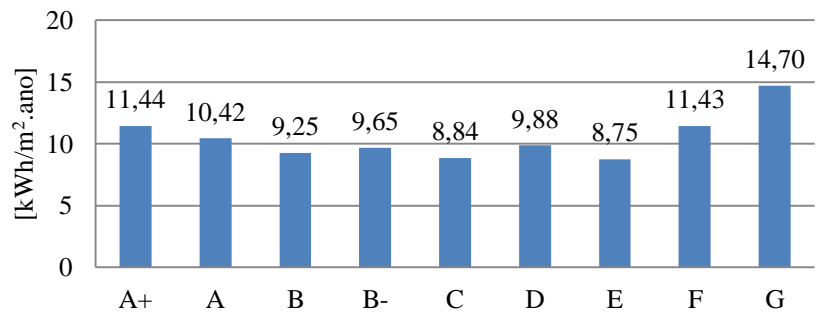


Figura 7 - Média da energia necessária para arrefecimento dos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classificação energética.

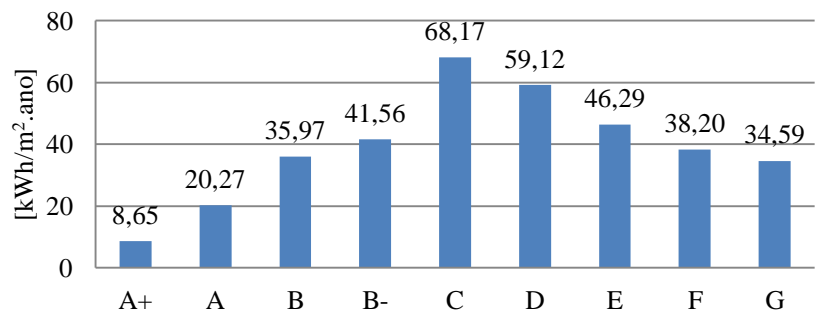


Figura 8 - Média da energia necessária para produção de AQS dos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classificação energética.

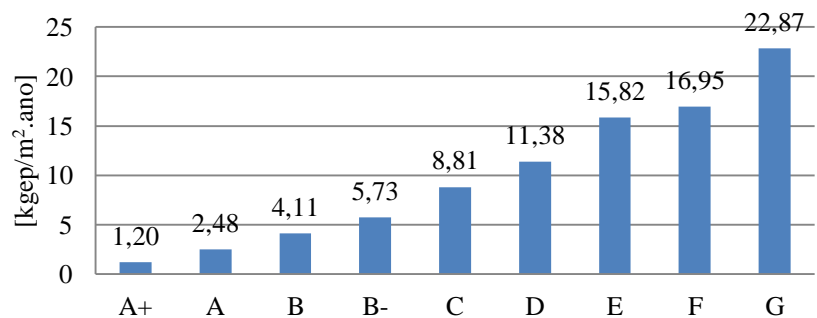
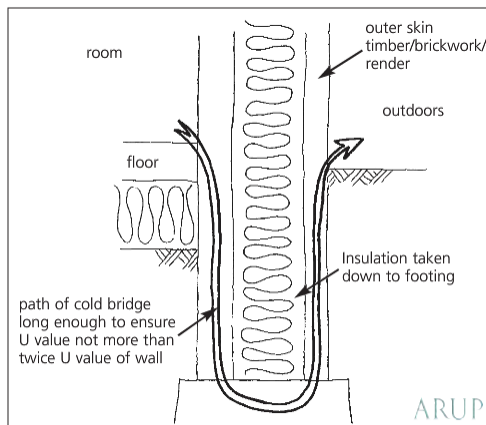


Figura 9 - Média da energia primária necessária nos edifícios construídos em Portugal entre 1991-2011, segundo a sua classificação energética.

ANEXO VII – Análise de Estudos de Caso



Design detail to avoid cold bridge

Figura 1 - Esquema do pormenor construtivo de uma parede exterior (BioRegional Solution for Sustainability, 2003).



Figura 2 - Pormenor construtivo do isolamento numa parede exterior (BioRegional Solution for Sustainability).

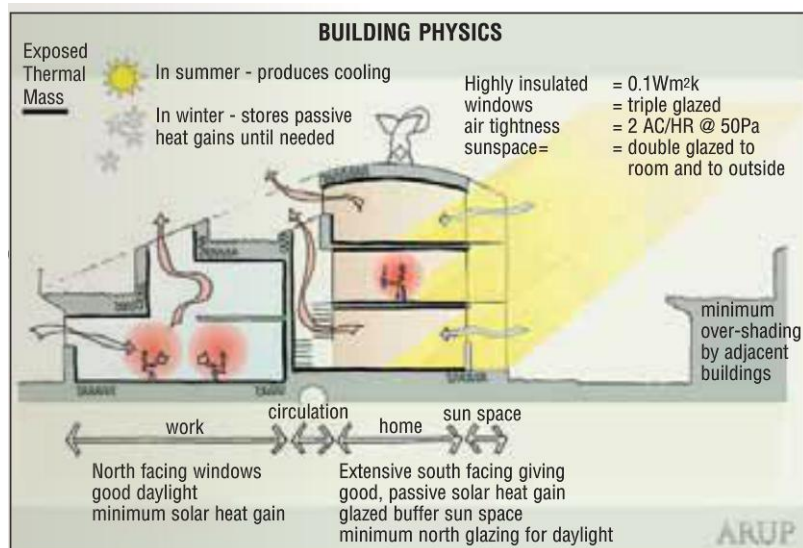


Figura 3 - Esquema do comportamento térmico dos edifícios (BioRegional Solution for Sustainability, 2003).

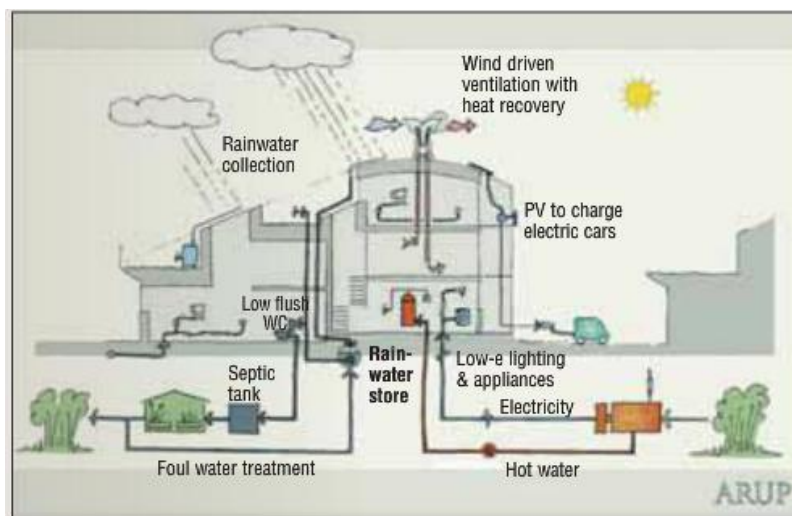


Figura 4 - Alguns dos sistemas mecânicos e de engenharia instalados nas habitações do BedZed (BioRegional Solution for Sustainability, 2003).



Figura 5 - Hammarby Sjöstad, Suécia (Architettura Ecosostenibile – Hammarby Sjöstad, Stockholm - Suécia).



Figura 6 - Edifícios e Ilhas verdes em Hammarby Sjöstad, Suécia (Architettura Ecosostenibile - Hammarby Sjöstad, Stockholm - Suécia).

ANEXO VIII - Medidas de melhoria da eficiência energética dos edifícios

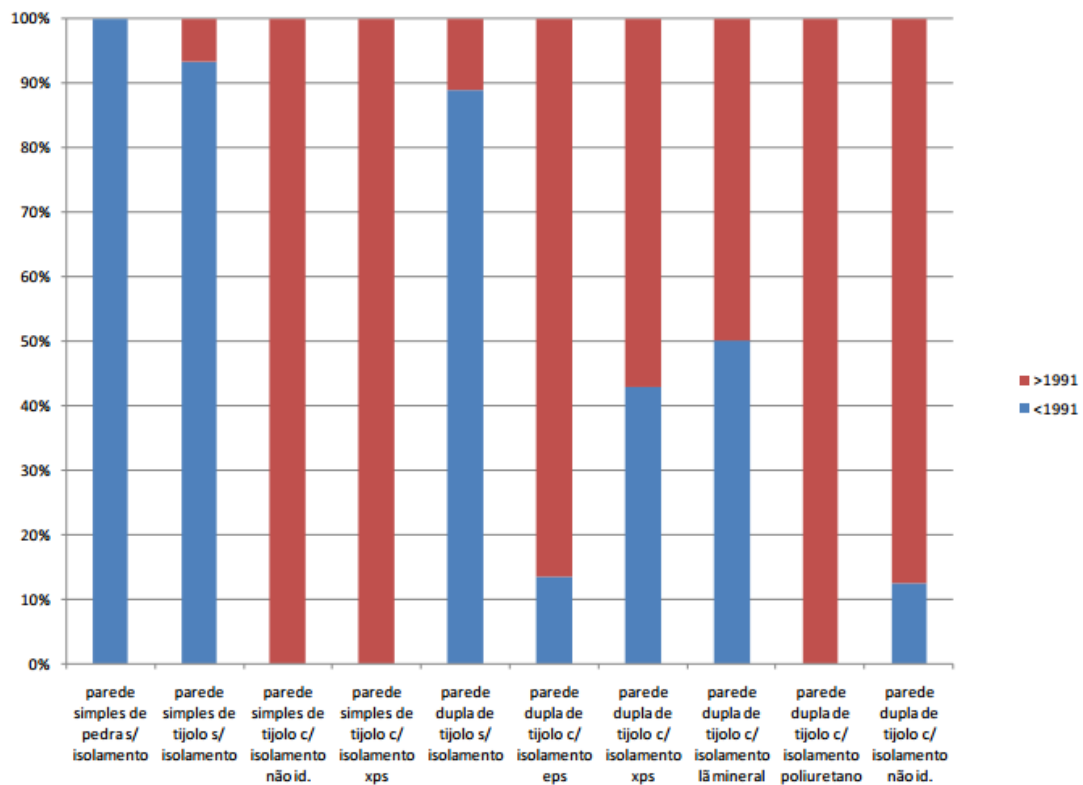


Figura 1 - Tipo de parede exterior de acordo com o ano de construção das habitações, (QUERCUS, 2008).

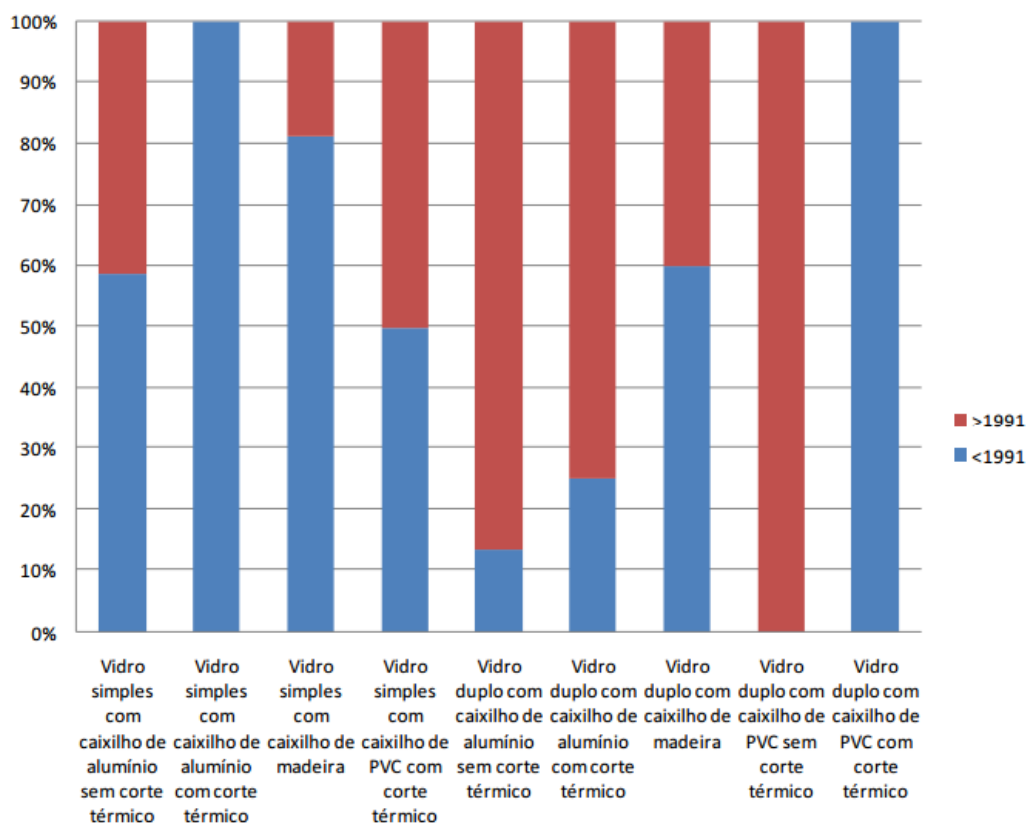


Figura 2 - Tipo de envidraçamento de acordo com o ano de construção das habitações, (QUERCUS, 2008).

Tabela 1 - Tipos de soluções de reforço do isolamento térmico de pavimentos em contacto com espaços exteriores ou não-aquecidos e suas características construtivas, térmicas e económicas, (Paiva *et al.*, 2006; Isabel, *et al.*, 2014).

Localização do Isolamento térmico	Particularidades	Isolamento térmico	Aplicação	Custo
Inferior	Quando o espaço subjacente é acessível e a redução do pé direito desse espaço não causa perturbações.	Eficiente	Rápida e fácil	Reduzido
Intermédio	Preenchimento de vazios entre vigotas de pavimentos de madeira com isolamento térmico (lã mineral ou isolante a granel).	Razoável	É necessário retirar o pavimento existente a fim de preencher os vazios.	-
Superior	O isolamento térmico deve ser resistente à compressão para suportar cargas sem se deformar. Reduz o pé direito da habitação e a inércia térmica interior.	Pouco eficiente	Mais difícil.	Dispendiosa

Tabela 2 - Tipos de soluções de reforço do isolamento térmico de paredes exteriores e suas características de eficiência energética e de cariz económico (Appleton, 2011; Isabel, *et al.*, 2014).

Localização do isolamento térmico	Tipo de soluções	Isolamento térmico	Resistência térmica e capacidade de armazenar energia	Risco de ocorrência de condensações internas	Condensações superficiais	Pontes térmicas	Custo
Exterior	Revestimentos independentes com interposição de isolamento térmico na caixa de ar (fachada ventilada).	Eficiente	Aumento	Diminui	-	Corrige eficazmente	Elevado
	Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior, ETICS.						
	Revestimentos isolantes – pré-fabricados constituídos por um material isolante em placa e um revestimento.						
Interior	Contra-fachada de alvenaria ou gesso cartonado, com isolamento na caixa de ar.	Razoável	-	-	Elimina	Não corrige	Baixo
Na caixa de ar (em paredes duplas)	Injecção de produtos a granel.	Eficiente (se a espessura da caixa de ar for suficiente para colocar o IT com a espessura adequada)	-	-	-	Não soluciona as pontes térmicas já existentes. Uma aplicação incorrecta pode originar novas pontes térmicas.	Baixo
	Injecção de espumas isolantes.						

Tabela 3 - Tipos de soluções de reforço do isolamento térmico de coberturas e suas características construtivas, térmicas e económicas, (Appleton, 2011; DGEG, 2004c; Isabel, *et al.*, 2014).

Localização do Isolamento térmico		Particularidades	Isolamento térmico	Aplicação	Custo
Coberturas inclinadas					
Sobre a esteira horizontal		Utilizada sempre que o desvão não é habitável. Deve-se assegurar uma fraca ventilação do desvão.	Razoável para as fracções situadas abaixo da esteira e não para o desvão.	Fácil	Reduzido
Nas vertentes sobre a estrutura resistente		Utilizada quando o desvão é habitável. Deve-se assegurar a existência de uma lâmina de ar ventilada entre o revestimento exterior e o isolamento térmico.	Eficiente	-	Mais elevado (são necessárias maiores quantidades de isolamento térmico)
Coberturas horizontais					
Superior	Cobertura invertida	Isolamento térmico colocado sobre a impermeabilização nova ou já existente ou sobre a protecção pesada rígida (que estará sobre a impermeabilização que por vezes deverá ser removida por não estar em bom estado de conservação devendo adoptar-se uma solução nova).	Eficiente	-	-
	Cobertura tradicional ou não-invertida	Isolamento térmico colocado sob a impermeabilização, aplicado sobre impermeabilização existente ou sobre uma solução de cobertura tradicional já existente ou sobre protecção pesada rígida existente.	Pouco eficiente	-	-

Intermédio	Suportes isolantes de impermeabilização	O isolamento localiza-se entre a esteira horizontal e a camada de forma.	-	Elaborada (reconstrução total das camadas sobrejacentes à laje de esteira)	-
Inferior	Tectos-falsos	Não existe ligação com a esteira.	Pouco eficiente (não protege termicamente a estrutura)	-	-

Elementos opacos	Constituição	Isolamento térmico		Placas					(1) Material a granel (2)							
		Localização	Solução	EPS	XPS	PUR	MW	ICB	MW	Grânulos (3)			PUR			
										EPS	VA	LWA		MW		
Paredes de fachada	Simples	Exterior	Revestimento delgado ou espesso sobre o isolante	•			•									
			Revestimento independente com isolante no espaço de ar	•	•	•	•									
			Reboco isolante							•	•	•				
	Interior	Painéis isolantes	•	•	•	•										
		Contra-fachada com isolante no espaço de ar	•	•	•	•										
Duplas	Intermédio	Preenchimento total da caixa de ar							•	•	•	•	•			
Pavimentos	-	Exterior	Revestimento sobre o isolante (4)	•		•	•									
			Tecto falso com isolante na caixa de ar	•	•	•	•	•	•							
Coberturas	Horizontais	Exterior	Suporte isolante de impermeabilização	•		•	•	•								
			Cobertura «invertida»	• ⁵	•											
	Inclínadas	Na esteira horizontal	Sobre a esteira	•	•	•	•	•	•		•	•				
			Sobre a estrutura resistente	•	•	•	•	•	•							
		Nas vertentes	Sob a estrutura resistente	•	•	•	•	•	•							

Símbolos dos isolantes térmicos:
EPS – poliestireno expandido moldado
XPS – espuma de poliestireno extrudido
PUR – espuma rígida de poliuretano
MW – lã mineral
ICB – aglomerado negro de cortiça
VA – vermiculite expandida (em grânulos)
LWA – argila expandida (em grânulos)

1 – Mantas
2 – Espuma "in situ"
3 – Fibras
4 – ETICS – "External thermal insulating composite systems with rendering".
5 – EPS de massa volumica elevada

Figura 3 - Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica de edifícios (DGEG, 2004c).

Tabela 4 - Medidas de reabilitação de vãos envidraçados (DGEG, 2004c).

Objectivo	Medidas de reabilitação
<p>Isolamento térmico do vão envidraçado</p>	<p>Substituição do vidro simples por vidro duplo – quando o caixilho se encontra em boas condições.</p> <p>O vidro duplo tem diversas vantagens: reduz as perdas térmicas e as necessidades de aquecimento; diminui a possibilidade de ocorrência de fenómenos de condensação; e melhora o conforto térmico e acústico, e a qualidade da construção.</p> <p>Instalação de uma segunda janela pelo interior – quando é extremamente necessário manter a caixilharia original.</p> <p>Substituição da caixilharia degradada por janelas novas – quando as existentes se encontram excessivamente degradadas.</p> <p>Quadrícula nos envidraçados – caso exista e deva ser mantida, após colocação de vidros duplos a quadrícula deve ser aplicada no lado exterior e na face exterior do vidro duplo. Isto porque os perfis das quadrículas estabelecem uma ponte térmica entre as folhas de vidro reduzindo a eficácia do isolamento térmico causado pela lâmina de ar. Também é de salientar que não é recomendada a subdivisão da folha com perfis, isto porque os vidros duplos ficam de pequenas dimensões sendo o desempenho térmico menor que o esperado.</p> <p>Protecções solares – devem atestar que existe estanquidade quando fechadas, especialmente em edifícios de habitação e em locais com ocupação noturna, para que exista um espaço de ar fracamente ventilado entre a protecção solar e a janela, para que as perdas térmicas sejam reduzidas.</p> <p>Substituição das calhas – no caso de sistemas com persianas exteriores enroláveis, as calhas existentes devem ser substituídas por outras que contenham perfis de vedação.</p> <p>Ponte térmica associada à caixa de estore – quando existente, deve colocar-se isolamento térmico na parede pelo exterior ou pelo interior, o isolamento colocado na caixa de ar da parede não é tão eficiente.</p>
<p>Ponte térmica associada aos elementos de contorno do vão</p>	<p>Ponte térmica introduzida pela cantaria – Para que esta não exista a janela deve ficar complanar com o isolamento térmico e a cantaria deve ser interrompida junto do isolamento térmico.</p> <p>Colocação da janela – para evitar que ocorra ponte térmica caso não exista isolamento térmico nas paredes, as janelas devem ser colocadas a meio ou junto ao paramento interior.</p> <p>Elementos de contorno com condutibilidade térmica elevada – estes elementos de pedra ou outro material devem ser interrompidos junto da caixilharia e do isolamento térmico da parede.</p>
<p>Permeabilidade ao ar</p>	<p>Afinação dos caixilhos – se estes estiverem em bom estado, devem ser afinados garantindo uma reduzida permeabilidade ao ar. Posicionando correctamente os perfis vedantes ou substituindo os materiais vedantes das juntas entre o vidro e o caixilho.</p> <p>Quando as infiltrações de ar são reduzidas drasticamente deve garantir-se a existência de dispositivos de ventilação natural ou mecânica que possibilitem a admissão de ar novo em quantidades suficientes para assegurar os caudais mínimos de ventilação nos espaços.</p> <p>Colocação de uma segunda janela – para reduzir as infiltrações incontrolláveis de ar, o que permite a redução da permeabilidade ao ar da caixilharia, esta redução deve ser cuidada tal como descrito na solução acima apresentada.</p> <p>Infiltrações através da caixa de estore – esta permite infiltrações para o edifício iguais ou superiores às infiltrações existentes pelas janelas, o que deve ser tratado com particular cuidado.</p>

	Janelas giratórias mais eficientes – porque estas janelas são menos permeáveis que as janelas de correr.
Ganhos Solares	Protecções exteriores solares – quando os vãos não sejam dotados de dispositivos de protecção devem ser instaladas persianas ou portadas o que também contribui para o aumento do isolamento térmico do vão envidraçado.
	Colocação de palas ou lâminas para reduzir os ganhos solares – devem ser instalados nos vãos expostos a Sul. Os protectores interiores não são tão eficazes, contudo podem ser importantes para controlar a luz natural.
	Aumento dos ganhos solares no Inverno – para que tal aconteça, quando possível, pode-se aumentar a área dos vãos envidraçados nas fachadas orientadas a Sul; podem ser construídas “estufas” ligadas a envidraçados já existentes aumentando a área útil disponível. No entanto, podem surgir problemas de sobreaquecimento no interior dos edifícios que podem ser contornados se a abertura dos vãos envidraçados for possível, corrigindo por ventilação os ganhos solares excessivos, em períodos quentes, é importante instalar ainda dispositivos de sombreamento ou protecções solares reguláveis e eficientes.

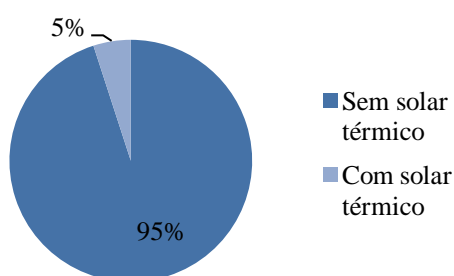


Figura 4 - Percentagem de CEs (Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior) emitidos para edifícios já existente (ADENE, 2010).

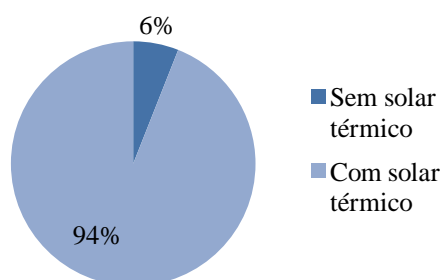


Figura 5 - Percentagem de DCRs (Declaração de Conformidade Regulamentar, corresponde ao certificado emitido em fase de projecto) emitidos para edifícios novos (ADENE, 2010).

ANEXO IX – O contributo da energia solar para alcançar edifícios nZEB

Tabela 1 - Avaliação comparada dos Sistemas Solares Passivos, (Canha da Piedade, 1999).

		Ganho Directo	Ganho Indirecto				Ganho isolado
			Paredes de Armazenamento Térmico		Coberturas de Armazenamento Térmico	Estufas Contíguas	Convecção por Termossifão
			Sólidas	Água			
Vantagens	Luz directa	Boa	Inexistente	Satisfatório	-	-	-
	Armazenamento	Curto	Longo	Médio	Longo	Curto	Variável
	Aquecimento Nocturno	Fraco ou Nulo	Bom	Bom	Bom	Fraco	Variável
	Arrefecimento no Verão	Impossível	Possível nos Sistemas Ventilados		Possível	Impossível	Impossível
	Acesso visual para o exterior	Excelente	Nulo	Razoável	-	-	-
	Outras	-	-	-	-	Pode permitir culturas	Pouco, dependente da localização do edifício
Inconvenientes	Excesso de Luminosidade	Provável	Inexistente	Possível	-	-	-
	Flutuações Térmicas	Grandes	Pequenas diminuindo com a espessura		Pequenas	Grandes na estrutura, < no espaço habitado	Reduzidas
	Custo	Pequeno	Grande	Médio	Grande	Pequeno	Médio
	Necessidades de isolamento nocturno	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
	Ocorrências Bacteriológicas	Improvável	Improvável	Possível	Possível	Possível	Possível, em especial em sistemas a ar com armazenamento

		Ganho Directo	Ganho Indirecto				Ganho isolado
			Paredes de Armazenamento Térmico		Coberturas de Armazenamento Térmico	Estufas Contíguas	Convecção por Termossifão
			Sólidas	Água			
	Outras	Materiais (UV)	-	-	Complexa estrutura de suporte	-	-
Situação	Regras de dimensionamento	Definidas	Muito bem definidas	Definidas	Definidas	Difícil, muito variáveis com as construções	Muito bem definidas
	Modelos de fluxo de energia	Imperfeitos	Pormenorizados		Adequados	Imperfeitos	Pormenorizados

ANEXO X –Objecto de análise

Tabela 1 - Breve caracterização dos espaços

Espaço	Área	Pé direito	Orientação	Protecção solar nos vãos envidraçados
Hall	17,00m ²	2,80m	Norte – luz directa difusa.	-
Corredor	18,25m ²	2,80m	Nascente – luz directa.	Protecção horizontal, cobertura. Protecção vertical, portadas exteriores.
Arrumo Bicicletas	7,15m ²	2,80m	-	-
Lavabo	3,20m ²	2,80m	-	-
Escada	5,25m ²	Variável	Norte – luz directa.	-
Escritório	16,95m ²	2,80m	Norte e Nascente – luz directa.	Protecção vertical, portadas exteriores.
Sala de tratamento de roupa	12,10m ²	2,80m	Poente- luz directa.	Protecção vertical, portadas exteriores.
Cozinha	31,45m ²	2,80m	Sul – luz directa.	Protecção horizontal, cobertura.
Sala	79,15m ²	2,80m e 2,95m	Norte – luz directa.	Protecção vertical, portadas exteriores.
			Nascente – luz directa.	
			Sul – luz directa.	Protecção horizontal, cobertura.
Quarto individual 1, 2 e 3	17,20m ²	2,80m	Poente – luz directa	Protecção vertical, portadas exteriores.
Quarto Casal	27,90m ²	2,80m	Sul – luz directa	Protecção vertical, portadas exteriores.
			Nascente – luz directa	
Sala piso 1	22,60m ²	2,80m	Nascente – luz directa	Obscurecimento parcial ou total dos vãos através de cortinados interiores.
			Sul – luz directa	
Quarto piso 1	12,75m ²	2,80m	Sul – luz directa	Obscurecimento parcial ou total dos vãos através de cortinados interiores.



Figura 1 - Unidade de microgeração constituída por 16 módulos fotovoltaicos.



Figura 2 - Componentes de microgeração inversor e contador.



Figura 3 - Colector Solar térmico para preparação de AQS.



Figura 4 - Depósito para armazenamento de águas quentes de 200 litros.



Figura 5 - Esquentador Vulcano SensorHDG.

ANEXO XI – Dados do desempenho energético previsto

Tabela 1 - Os dados climáticos referentes ao edifício são os seguintes:

Graus-dias (GD)	1.059		
Zona Climática de Inverno	I1	Zona Climática de Verão	V3
Temperatura média Exterior Inverno (°C)	11	Temperatura média Exterior Verão (°C)	22,8
Duração da estação de aquecimento (meses)	4,7	Duração da estação de aquecimento (meses)	4

Tabela 2 - Características físicas do edifício:

Área de pavimento (m²)	359,75
Pé direito (m)	2,75
Área de envidraçados (m²)	56,08
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte

Tabela 3 - Síntese dos resultados

		Cálculo	Referência	Descrição
	A_{env}/A_p	16%	16%	Relação entre envidraçados e pavimentos.
A - Transmissão	H_{ext} (W/°C)	453,3	430,8	Perdas de calor através da envolvente exterior
	H_{int} (W/°C)	295,8	214,2	Perdas de calor através da envolvente interior
	H_{ecs} (W/°C)	320	160	Perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	H_{tr} (W/°C)	1069,1	805,0	Perdas de calor por transmissão
B - Ventilação	$R_{ph,i (h-1)}$	0,40	0,40	Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento
	$H_{ve,i}$ (W/°C)	134,5	134,5	Perdas associadas à renovação de ar
	$R_{ph,v (h-1)}$	0,60	-	Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento
	$H_{ve,v}$ (W/°C)	201,8	-	Perdas associadas à renovação de ar
C - Ganhos Aquecimento	$Q_{int,i}$ (kWh/ano)	4870	4870	Ganhos Internos brutos, no inverno
	$Q_{sol,i}$ (kWh/ano)	3285	1899	Ganhos solares brutos, no inverno
	$Q_{g,i}$ (kWh/ano)	8154	6768	Ganhos térmicos brutos, no inverno
D - Ganhos Arrefecimento	$Q_{int,v}$ (kWh/ano)	4213	-	Ganhos Internos brutos, no verão
	$Q_{sol,v}$ (kWh/ano)	8504	-	Ganhos solares brutos, no verão
	$Q_{g,v}$ (kWh/ano)	12717	19837	Ganhos térmicos brutos, no verão
E - Energia nominal para Aquecimento	$Q_{tr,i}$ (kWh/ano)	27159	20451	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento
	$Q_{ve,i}$ (kWh/ano)	3418	3418	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento
	η_i	1,00	0,60	Factor de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento
	$Q_{gu,i}$ (kWh/ano)	8131	4061	Ganhos térmicos totais úteis na estação de aquecimento
	N_{ic} (kWh/m ² .ano)	62,39	55	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento

		Cálculo	Referência	Descrição
F - Energia para Arrefecimento	$Q_{tr,v}$ (kWh/ano)	7027	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento
	$Q_{ve,v}$ (kWh/ano)	1327	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento
	η_v	0,61	0,70	Factor de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento
	$Q_{g,v}$ (kWh/ano)	12717	19837	Ganhos térmicos totais úteis na estação de arrefecimento
	N_{vc} (kWh/m ² .ano)	13,67	17	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	119,20	78,75	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	20,42	14,87	Energia primária para arrefecimento
	f_{eh}	1,00	1,00	Factor de eficiência hídrica.
	Q_a/A_p (kWh/m ² .ano)	9,91	9,91	Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	9,98	11,53	Energia primária para a preparação de AQS
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	E_{ren} (kWh/ano)	12580	0	Energia produzida pelos sistemas renováveis
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	120,41	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
N_{tc} (kWhEP/m ² .ano)	29,19	105,15	Necessidades nominais anuais globais de energia primária	

ANEXO XII – Dados reais do desempenho energético

Tabela 1 - Valores mensais da energia consumida pelo edifício e pelos seus utilizadores e da energia produzida pelos painéis fotovoltaicos.

		Energia Consumida	Energia Produzida
		[kWh]	[kWh]
2013	Janeiro	140	1485
	Fevereiro	334	1011
	Março	328	1120
	Abril	514	1025
	Maio	606	938
	Junho	622	907
	Julho	577	940
	Agosto	599	945
	Setembro	498	914
	Outubro	300	978
	Novembro	251	1058
	Dezembro	125	1093
2014	Janeiro	129	1113
	Fevereiro	236	1074
	Março	366	957
	Abril	440	665
	Maio	614	740
	Junho	593	716
	Julho	620	740

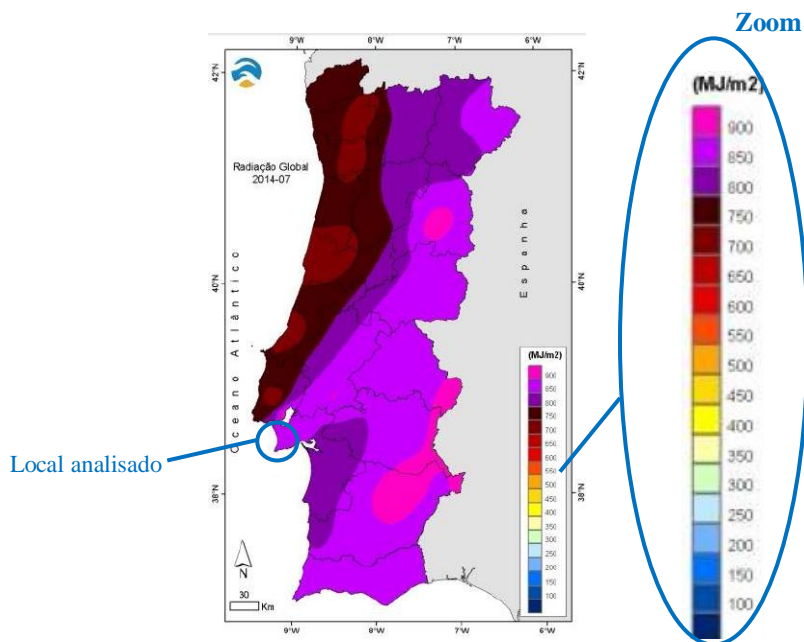


Figura 1 - Distribuição espacial dos valores da radiação solar global mensal (MJ/m^2) em Julho de 2014, (IPMA, 2014g).

Tabela 2 - Valores de radiação solar global mensal, (IPMA, 2013 a até IPMA, 2013f e IPMA, 2014a até IPMA, 2014g).

		Radiação solar global mensal	
		[MJ/m ²]	[kWh/m ²]*
2013	Janeiro	200	56
	Fevereiro	300	83
	Março	350	97
	Abril	650	181
	Maio	750	208
	Junho	800	222
	Julho	750	208
	Agosto	800	222
	Setembro	550	153
	Outubro	350	97
	Novembro	250	69
	Dezembro	200	56
2014	Janeiro	150	42
	Fevereiro	200	56
	Março	450	125
	Abril	550	153
	Maio	750	208
	Junho	800	222
	Julho	850	236

* 1 MJ = 0,2777kWh

ANEXO XIII – Análise da solução de sistema solar fotovoltaico

Tabela 1 - Dados do projecto, utilizados na análise económica do investimento, realizado pela empresa fornecedora do sistema.

Dados do Projecto	
Ano de arranque da instalação	2010
Número de meses de produção no ano de arranque	12
Venda de energia eléctrica à rede (kWh/ano)	9200
Remuneração nos primeiros 8 anos (€/kWh)	0,40 €
Remuneração nos 7 anos seguintes (€/kWh)	0,24 €
Custo de fornecimento do sistema (€)	23.000,00 €
Custos de manutenção (€/ano)	0 €

Tabela 2 - Análise económica do investimento – microgeração (Regime Bonificado), realizada pela empresa fornecedora do sistema, para os primeiros 15 anos.

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Custos															
Fornecimento do sistema (acresce o IVA a 13%) (€)	23.000														
Custos totais (€)	23.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Receitas															
Receita da venda de energia à rede eléctrica (acresce o IVA a 23%) (€)	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	2.208	2.208	2.208	2.208	2.208	2.208	2.208
Benefício fiscal em sede de IRS (€)	803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Receitas totais (€)	4.483	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	2.208	2.208	2.208	2.208	2.208	2.208	2.208
Fluxos de caixa no final do ano (€)															
Fluxos de caixa no final do ano (€)	-18.517	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	3.680	2.208	2.208	2.208	2.208	2.208	2.208	2.208
Fluxos de caixa acumulados (€)															
Fluxos de caixa acumulados (€)	-18.517	-14.837	-11.157	-7.477	-3.797	-117	3.563	7.243	9.451	11.659	13.867	16.075	18.283	20.491	22.699

Tabela 3 - Continuação da análise económica do investimento – microgeração (Regime Bonificado), realizada pela empresa fornecedora do sistema, entre o 16º e o 30º ano.

Anos	Tarifa (€/kWh)	Receita (€)	Lucro (€)
16	0,2517	2315,64	25014,64
17	0,2630	2419,84	27434,48
18	0,2748	2528,48	29962,97
19	0,2872	2641,93	32604,89
20	0,3001	2761,14	35366,03
21	0,3136	2885,16	38251,20
22	0,3277	3014,95	41266,15
23	0,3424	3150,51	44416,65
24	0,3578	3291,83	47708,49
25	0,3739	3439,89	51148,38
26	0,3907	3594,67	54743,05
27	0,4083	3756,19	58499,24
28	0,4267	3925,40	62424,64
29	0,4459	4102,29	66526,93
30	0,4660	4286,88	70813,81

ANEXO XIV – Comparação dos resultados entre proposta e resultados reais

The image shows the PVGIS online simulator interface. At the top, there is a navigation bar with logos for JRC and CM SAF, and the text 'Fotovoltaica Sistema de Informação Geográfica - Mapas Interactivos'. Below this, there are links for 'EUROPA > CE > CCI > IE > RE > SOLAREC > PVGIS > Mapas interactivos > europa' and buttons for 'Contato' and 'Advertência jurídica importante'. The main area is divided into a map on the left and a configuration panel on the right. The map shows a location in Portugal with a red pin. The configuration panel is titled 'PV Estimação' and includes tabs for 'Radiação Mensal', 'Radiação diária', and 'Stand-alone PV'. The 'Desempenho do PV Grid-connected' section shows various settings: 'Banco de dados de Radiação: Clima-SAF PVGIS', 'Tecnologia PV: Silício cristalino', 'Potência instalada PV pico: 3.68 kWp', 'As perdas estimadas sistema [0; 100]: 20 %', 'Opções de montagem fixos: Posição de montagem: Free-standing', 'Slope [0; 90]: 34 °', 'Azimuth [-180; 180]: 0 °', and 'Opções de acompanhamento: Eixo Vertical, Eixo inclinado, Rastreo de 2 eixos'. At the bottom, there are 'As opções de saída' including 'Mostrar gráficos', 'Mostrar horizonte', 'Página da Internet', 'Arquivo de texto', and 'PDF'.

Figura 1 - Aspecto do simulador utilizado, disponibilizado online pelo PVGIS, (PVGIS).

Tabela 1 - Resultados obtidos pelos cálculos efectuados pelo simulador, (PVGIS).

Mês	E_d [kWh]	E_m [kWh]	H_d [kWh/m ²]	H_m [kWh/m ²]
Janeiro	10,5	325	3,87	120
Fevereiro	13,1	367	4,92	138
Março	15,4	478	5,92	184
Abril	16,6	499	6,47	194
Mai	17,2	534	6,76	210
Junho	17,7	531	7,09	213
Julho	18,2	566	7,38	229
Agosto	18	557	7,28	226
Setembro	16,9	507	6,75	203
Outubro	13,9	432	5,43	168
Novembro	11,4	343	4,36	131
Dezembro	9,86	306	3,68	114
Média anual	14,9	454	5,8	178
Total anual	5445		2130	

Notas:

Dados de radiação solar usados: PVGIS-CMSAF

Potência nominal do sistema de PV: 3,7 kW (silício cristalino)

Perdas devido à temperatura e baixa irradiância estimadas: 10,6% (com temperatura ambiente local);

Estimativa de perda devido a efeitos de reflectância angular: 2,5%

Outras perdas (cabos, inversores, etc.): 20%

Perdas combinadas do sistema: 30,3%

E_d : produção, média diária, de electricidade do sistema.

E_m : produção, média mensal, de electricidade do sistema.

H_d : soma, média diária, de irradiação mundial por metro quadrado recebida pelos módulos do sistema.

H_m : soma, média, de irradiação mundial por metro quadrado recebida pelos módulos do sistema.

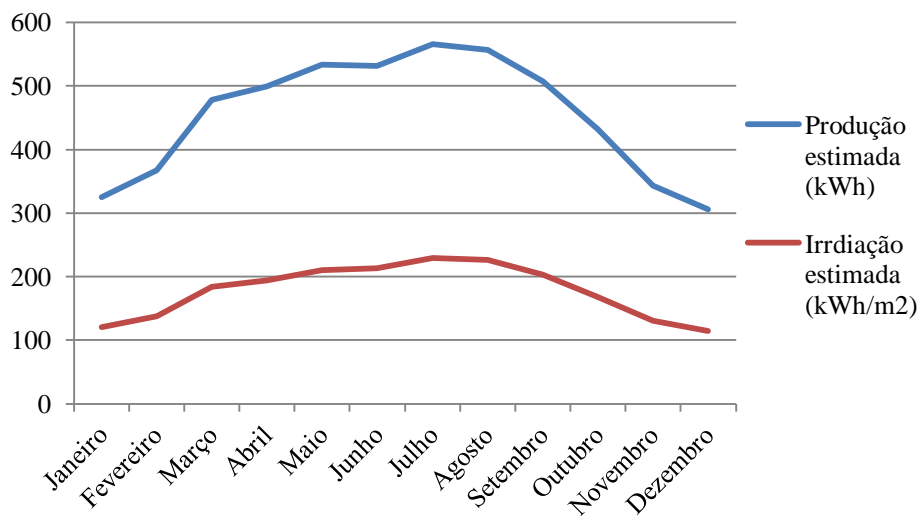


Figura 2 - Curvas representativas dos resultados de produção e irradiação estimados pelo simulador, (PVGIS).

Tabela 2 - Dados para análise económica do investimento.

Dados do Projecto	
Ano de arranque da instalação	2011
Número de meses de produção no ano de arranque	12
Venda de energia eléctrica à rede (kWh/ano)	5520
Remuneração nos primeiros 8 anos (€/kWh)	0,40 €
Remuneração nos 7 anos seguintes (€/kWh)	0,24 €
Custo de fornecimento do sistema (€)	23.000,00 €
Custos de manutenção (€/ano)	0 €

Tabela 3 - Análise económica do investimento – microgeração (Regime Bonificado).

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Custos															
Fornecimento do sistema (acresce o IVA a 13%) (€)	23.000														
Custos totais (€)	23.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Receitas															
Receita da venda de energia à rede eléctrica (acresce o IVA a 23%) (€)	2.208	2.208	1.960	2.050	2.208	2.208	2.208	2.208	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325
Benefício fiscal em sede de IRS(€)	803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Receitas totais (€)	3.011	2.208	1.960	2.050	2.208	2.208	2.208	2.208	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325
Fluxos de caixa no final do ano (€)	-19.989	2.208	1.960	2.050	2.208	2.208	2.208	2.208	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325
Fluxos de caixa acumulados (€)	-19.989	-17.781	-15.821	-13.771	-11.563	-9.355	-7.147	-4.939	-3.614	-2.289	-965	360	1.685	3.010	4.335

ANEXO XV – Análise custo-benefício

Tabela 1 - Dados do projecto para análise económica do investimento.

Dados do Projecto	
Ano de arranque da instalação	2011
Número de meses de produção no ano de arranque	12
Venda de energia eléctrica à rede (kWh/ano)	5520
Remuneração nos primeiros 8 anos (€/kWh)	0,40 €
Remuneração nos 7 anos seguintes (€/kWh)	0,24 €
Custo de fornecimento do sistema (€)	23.000,00 €
Custos de manutenção (€/ano)	0 €

Tabela 2 - Dados necessários para a análise económica do investimento após o 16º ano.

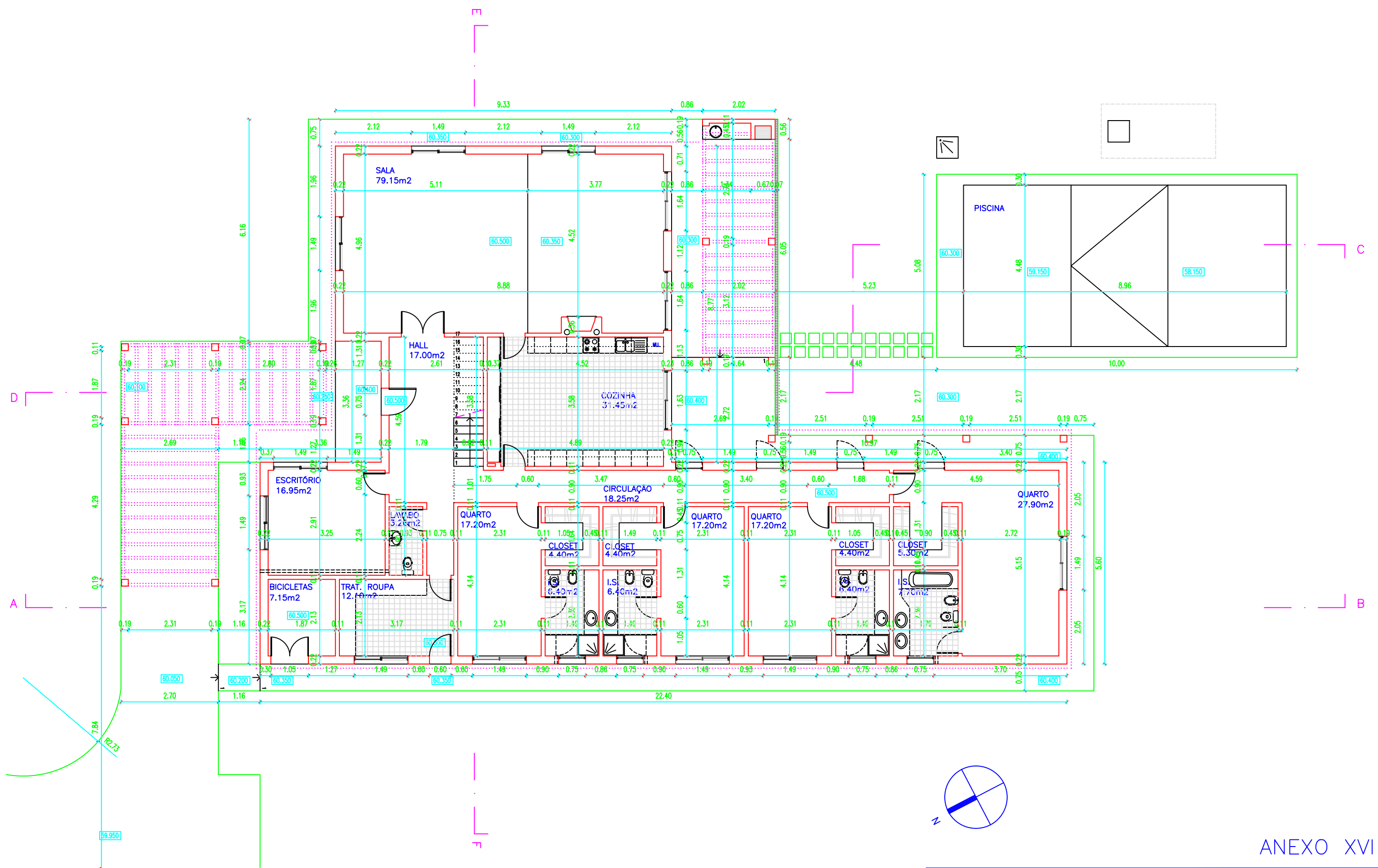
Ano	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Remuneração (€/kWh)	0,2517	0,263	0,2748	0,2872	0,3001	0,3136	0,3277	0,3424	0,3578	0,3739

Tabela 3 - Análise económica do investimento – microgeração (Regime Bonificado), primeiros 15 anos.

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Custos															
Fornecimento do sistema (acresce o IVA a 13%) (€)	23.000														
Custos com electricidade consumida (acresce o IVA a 23%) (€)	2.000	2.000	2.050	1.650	2.030	2.060	2.091	2.123	2.155	2.187	2.220	2.253	2.287	2.321	2.356
Custos totais (€)	25.000	2.000	2.050	1.650	2.030	2.060	2.091	2.123	2.155	2.187	2.220	2.253	2.287	2.321	2.356
Receitas															
Receita da venda de energia à rede eléctrica (acresce o IVA a 23%) (€)	2.208	2.208	1.960	2.050	2.208	2.208	2.208	2.208	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325
Benefício fiscal em sede de IRS(€)	803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Receitas totais (€)	3.011	2.208	1.960	2.050	2.208	2.208	2.208	2.208	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325	1.325
Fluxos de caixa no final do ano (€)															
	-	208	- 90	400	178	148	117	85	- 830	- 862	- 895	- 928	- 962	- 996	- 1.031
Fluxos de caixa acumulados (€)															
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21.989	21.781	21.871	21.471	21.293	21.145	21.029	20.944	21.773	22.635	23.530	24.458	25.420	26.417	27.448

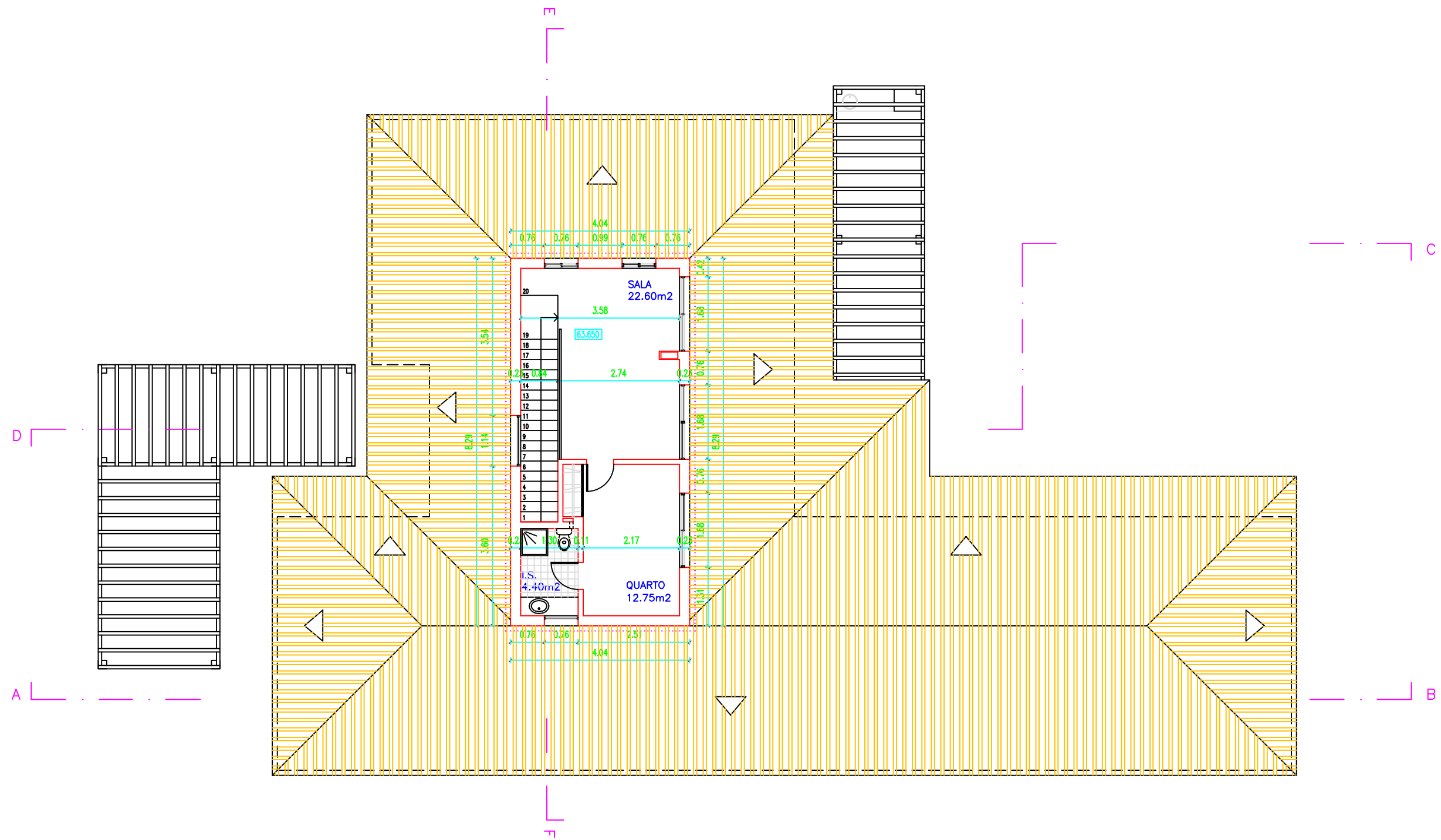
Tabela 4 - Análise económica do investimento – microgeração (Regime Bonificado), do 16º ano ao 25º ano.

Ano	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Custos										
Fornecimento do sistema (acresce o IVA a 13%) (€)										
Custos com electricidade consumida (acresce o IVA a 23%) (€)	2.391	2.427	2.464	2.500	2.538	2.525	2.513	2.500	2.488	2.475
Custos totais (€)	2.391	2.427	2.464	2.500	2.538	2.525	2.513	2.500	2.488	2.475
Receitas										
Receita da venda de energia à rede eléctrica (acresce o IVA a 23%) (€)	1.389	1.452	1.517	1.585	1.657	1.731	1.809	1.890	1.975	2.064
Benefício fiscal em sede de IRS(€)										
Receitas totais (€)	1.389	1.452	1.517	1.585	1.657	1.731	1.809	1.890	1.975	2.064
Fluxos de caixa no final do ano (€)										
	- 1.002	- 97	- 947	- 915	- 881	- 794	- 704	- 610	- 513	- 411
Fluxos de caixa acumulados (€)										
	28.450	29.425	30.372	31.287	32.168	32.962	33.666	34.276	34.789	35.200

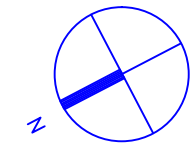


ANEXO XVI

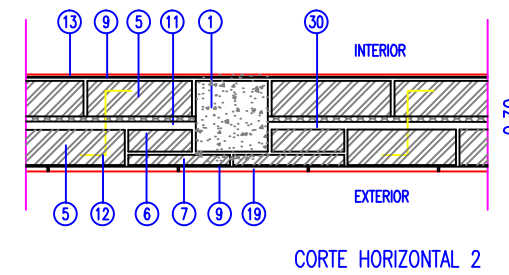
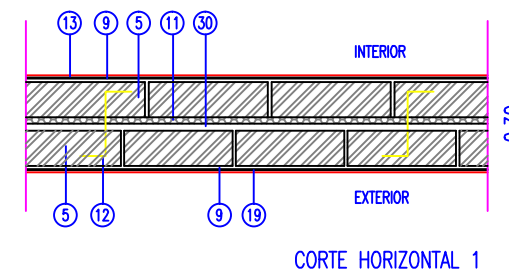
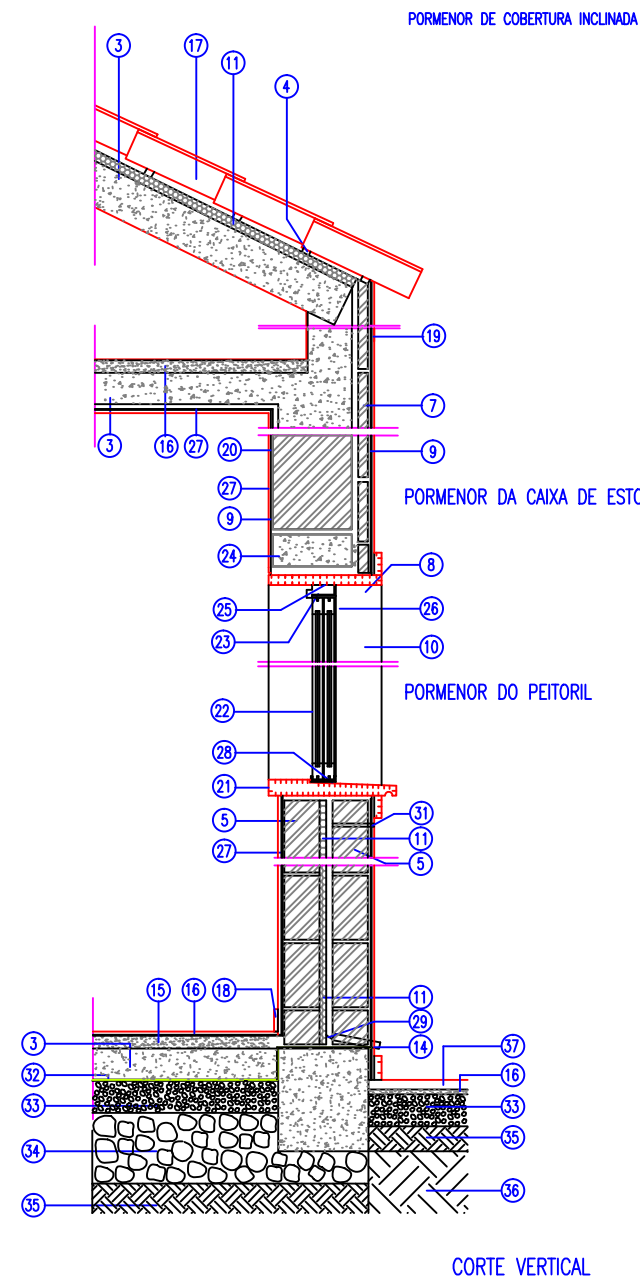
	Cliente	DR. FRANCISCO PIRES AMADO	Arquitecto	Data	MAIO
	Obra	QUINTA DO PERÚ – Lote 244	Ano	2002	Nº Desenho
	Fase	TELAS FINAIS	Projecto	932	4
	Desenho	PLANTA PISO 1	Ficheiro	15826	
	PROGESTO – GABINETE TÉCNICO DE GESTÃO, ARQUITECTURA E PLANEAMENTO, LDA. Av. Alfredo da Silva, 27-1º 2830 BARREIRO tel. 212067290 fax 212067294				Escola



ANEXO XVI



	Ciente	DR. FRANCISCO PIRES AMADO	Arquitecto	Data	MAIO
	Obra	QUINTA DO PERÚ - Lote 244	Ano	2002	Nº Desenho
	Fase	TELAS FINAIS	Projecto	932	5
	Desenho	PLANTA PISO 2	Ficheiro	15827	
	PROGESTO - GABINETE TÉCNICO DE GESTÃO, ARQUITECTURA E PLANEAMENTO, LDA. Av. Alfredo da Silva, 27-1º 2830 BARREIRO tel. 212067290 fax 212067294			Escala	1:100



LEGENDA:

- 1 - PILAR
- 2 - VIGA
- 3 - LAJE
- 4 - RIPADO DE MADEIRA
- 5 - TJOLO DE 110mm
- 6 - TJOLO DE 70mm
- 7 - TJOLO DE FORRA DE 30mm
- 8 - PADIEIRA DA JANELA EM PEDRA NATURAL POLIDA C/ ESPESSURA MEDIA DE 30mm
- 9 - REBOCO C/ ESPESSURA MEDIA 20mm
- 10 - OMBREIRAS DE VÃO EM PEDRA NATURAL POLIDA C/ ESPESSURA MEDIA DE 30mm
- 11 - ISOLAMENTO TERMICO CONSTITUIDO POR PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUDIDO COM ESPESSURA DE 30mm
- 12 - GATEAMENTO METALICO ZINCADO
- 13 - REVESTIMENTO INTERIOR
- 14 - TUBO DE PURGA CONDENSADOS VD Ø 16mm
- 15 - CAMADA DE FORMA (BETÃO DE INERTES DE ARGILA EXPANDIDA C/ ESPESSURA MEDIA DE 100mm)
- 16 - ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO (PISO OU COBERTURA)
- 17 - REVESTIMENTO (PISO OU COBERTURA EM TELHA LUSA) - LUSOCERAM
- 18 - RODAPE
- 19 - REVESTIMENTO EXTERIOR DE ACORDO COM PLANO DE CORES
- 20 - PÁRA-VAPORES HIDRÓFAGO-SUPERSIKALITE
- 21 - PEITORIL E/OU SOLEIRA DE PEDRA NATURAL POLIDA
- 22 - CAIXILHARIA EM ALUMINIO TERMOLACADO C/ VIDRO DUPLO C/ CX AR DESUMIFICADA
- 23 - APOIO MECÂNICO PARA FIXAÇÃO DO CAIXILHO
- 24 - VERGA DE BETÃO
- 25 - CORDÃO DE MASTIQUE
- 26 - CALHA PARA ESTORE EM ALUMINIO TERMOLACADO
- 27 - ESTUQUE PROJECTADO TIPO SERAL
- 28 - MASTIQUE SIKACRYL
- 29 - CALEIRA MOLDADA E PINTADA A IGOLATEX-SIKA
- 30 - CAIXA DE AR VENTILADA
- 31 - TUBO DE VENTILAÇÃO VD Ø 20mm
- 32 - GEOTEXTIL
- 33 - BRITA
- 34 - ENROCAMENTO
- 35 - TERRENO COMPACTADO
- 36 - TERRENO NÃO COMPACTADO
- 37 - PAVIMENTO EXTERIOR

ANEXO XVI

	Ciente	DR. FRANCISCO PIRES AMADO	Arquitecto	Data	OUTUBRO
	Obra	QUINTA DO PERÚ - LOTE 244	Ano	2000	Nº Desenho
	Fase	Projecto de licenciamento	Projecto	617	10
	Desenho	PORMENOR CONSTRUTIVO	Ficheiro	11273	
	PROGESTO - GABINETE TÉCNICO DE GESTÃO, ARQUITECTURA E PLANEAMENTO, LDA Av. Alfredo da Silva, 27-1º 2830 BARREIRO tel. 01.2070923 fax 01.2072028			Escala	1:20