



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Diogo Filipe Lima Tavares

Identificação e caracterização de medidas
de eficiência energética e de
produção/utilização de energia renovável no
parque habitacional português



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Diogo Filipe Lima Tavares

Identificação e caracterização de medidas
de eficiência energética e de
produção/utilização de energia renovável no
parque habitacional português

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Maria Manuela Guedes de
Almeida
Arquiteto Marco António Pedrosa dos Santos
Ferreira

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho não seria possível sem a preciosa colaboração de algumas pessoas, às quais manifesto os meus profundos agradecimentos.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus orientadores, Professora Doutora Maria Manuela Guedes de Almeida e Arquiteto Marco António Pedrosa dos Santos Ferreira, todo o apoio, orientação e disponibilidade demonstrada. Sem a sua colaboração e constante partilha de conhecimento a realização deste trabalho não seria possível.

Agradeço à minha família, a todos os meus amigos e à Mariana pela confiança que sempre depositaram em mim e pelo apoio que sempre me deram nos momentos mais difíceis.

Por fim, agradeço a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

RESUMO

Ao longo do século passado, em virtude de um crescimento populacional exponencial, a indústria da construção sofreu grandes alterações que contribuíram em larga escala para o consumo desmedido de recursos naturais, a degradação de ecossistemas, a produção excessiva de resíduos, a poluição atmosférica e conseqüente degradação do planeta. A par disto existe atualmente uma grande dependência dos combustíveis fósseis, o que, conciliado com as elevadas necessidades energéticas da indústria da construção, originou uma dependência energética externa na UE.

Neste contexto têm vindo a ser feitos esforços para a redução do impacto da indústria da construção na degradação do planeta e na dependência energética externa, sendo a diminuição do consumo e a alteração das fontes de energia, utilizada nos edifícios, parte fundamental da solução. Como tal, a reabilitação energética assume-se como fulcral em nome da redução do consumo energético e na mudança das fontes de energia.

É portanto relevante o estudo da reabilitação energética não só numa vertente de obtenção da maior rentabilidade, mas também no sentido de impor níveis de consumo de energia primária mais ambiciosos, como resposta às exigências futuras.

A presente dissertação tem como finalidade a avaliação e caracterização técnico-económica de medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável local no parque habitacional unifamiliar Português na aplicação a cada tipo de edifício e para um determinado nível de energia e de emissões de carbono pretendido.

Palavras-chave: Reabilitação energética, Eficiência energética, Energia renovável, Custo ótimo.

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

ABSTRACT

Over the last century, due to an exponential population growth, the construction industry has suffered great changes, which had huge influence on the overconsumption of natural resources, the ecosystem degradation, the excessive waste generation, the air pollution and on the earth's degradation. In addition, there is a major dependence on fossil fuels, which combined with the construction industry high energy needs, has caused an external energy dependence on EU.

Whereby efforts have been made towards the restriction of the influence of the construction industry regards the earth's degradation and the external dependence on energy, with the energy consumption restriction and the energy sources change, on buildings, as a central part of the solution. As such, the energy retrofit has an essential role in such solutions.

Therefore, the study of the energy retrofit has an important role not only on the pursuit of the best profitability but also on the restriction of primary energy consumption as a response to the future demands.

This thesis has as goal the techno-economic evaluation and characterization of the energy efficiency measures and of the renewable energy production/utilization measures on the energy retrofit of the single family Portuguese building stock for each type of building and for preset levels of energy and carbon emissions.

Key words: Energy retrofit, Energy efficiency, Renewable energy, Cost optimal.

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE GERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XVI
LISTA DE ABREVIATURAS	XIX
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO.....	1
1.2. OBJETIVOS E METODOLOGIA ADOTADA	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	4
CAPÍTULO 2	7
2. ESTADO DA ARTE	7
2.1. A RELEVÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO	7
2.2. A AÇÃO DA UNIÃO EUROPEIA – PLANOS E REGULAMENTOS E SEU ENQUADRAMENTO EM PORTUGAL.....	11
2.3. O QUADRO METODOLÓGICO COMPARATIVO PARA A DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS ÓTIMOS DE RENTABILIDADE DOS REQUISITOS ENERGÉTICOS DOS EDIFÍCIOS E DOS COMPONENTES DOS EDIFÍCIOS.....	13
2.4. CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS	14
2.4.1. A evolução do parque habitacional em Portugal	15
2.4.2. Estado de conservação e reabilitação do parque habitacional.....	16
2.4.3. Caracterização energética e construtiva do Parque Habitacional Português ...	17
2.5. MEDIDAS PASSIVAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA.....	19
2.6. MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – SISTEMAS E INSTALAÇÕES.....	22
2.7. MEDIDAS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA DE FONTE RENOVÁVEL	23
2.7.1. Energia solar térmica	24
2.7.2. Energia fotovoltaica.....	25

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

2.7.3. Energia eólica	26
2.8. PROGRAMAS E PROJETOS INTERNACIONAIS	26
2.8.1. Alemanha	27
2.8.2. Áustria.....	28
2.8.3. Canadá.....	30
2.8.4. Dinamarca	31
2.8.5. EUA	33
CAPÍTULO 3	37
3. METODOLOGIA	37
3.1. EDIFÍCIOS DE REFERÊNCIA	37
3.2. MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	38
3.3. CÁLCULO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS – METODOLOGIA DE CÁLCULO DO RCCTE.....	42
3.3.1. Parâmetros de caracterização térmica.....	42
3.3.2. Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic)	46
3.3.3. Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc).....	48
3.3.4. Necessidades nominais anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias (Nac)	49
3.3.5. Necessidades globais de energia primária (Ntc)	49
3.3.6. Sistema de certificação energética.....	51
3.4. CÁLCULO DOS CUSTOS DO CICLO DE VIDA	51
3.4.1. Custo de investimento inicial	52
3.4.2. Custo anual.....	52
3.4.3. Custo das emissões de gases com efeito de estufa	55
3.5. NÍVEL ÓTIMO DE RENTABILIDADE	56
CAPÍTULO 4	59
4. EDIFÍCIOS DE REFERÊNCIA E MEDIDAS DE REABILITAÇÃO.....	59
4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE REFERÊNCIA	59
4.2. MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	65
4.2.1. Isolamento das paredes exteriores	65
4.2.2. Isolamento da cobertura.....	67

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

4.2.3. Isolamento do pavimento	68
4.2.4. Envidraçados	69
4.2.5. Sistemas de aquecimento, arrefecimento e AQS	70
4.3. MEDIDAS DE PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL	70
CAPÍTULO 5	73
5. AVALIAÇÃO DO NÍVEL ÓTIMO DE RENTABILIDADE.....	73
5.1. EDIFÍCIO 1	76
5.1.1. Lisboa.....	77
5.1.2. Porto.....	83
5.1.3. Bragança.....	87
5.2. EDIFÍCIO 2.....	91
5.2.1. Lisboa.....	92
5.2.2. Porto.....	95
5.2.3. Bragança.....	98
5.3. EDIFÍCIO 3.....	100
5.3.1. Lisboa.....	101
5.3.2. Porto.....	106
5.3.3. Bragança.....	108
5.4. ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS	110
CAPÍTULO 6	115
6. CONCLUSÕES	115
6.1. CONCLUSÕES	115
6.2. PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
PUBLICAÇÕES	119
WEBSITES	123
ANEXOS	125
ANEXO I. DESCRIÇÃO DOS PACOTES DE REABILITAÇÃO DO EDIFÍCIO 1 EM LISBOA	125
ANEXO II. CUSTOS DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE CADA PACOTE DE REABILITAÇÃO NO EDIFÍCIO 1 COM LOCALIZAÇÃO EM LISBOA	134

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

ANEXO III. NECESSIDADES ENERGÉTICAS DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE CADA PACOTE
DE REABILITAÇÃO AO EDIFÍCIO 1 LOCALIZADO EM LISBOA..... 141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de energia em Portugal, por setor, no ano de 2009 (Fonte: INE, 2011).	10
Figura 2 - Época de construção do parque habitacional português (Fonte: INE, 2012).	15
Figura 3 - Estado de conservação dos edifícios em Portugal (Fonte: INE, 2012).	16
Figura 4 - Estado de conservação dos edifícios portugueses por época de construção (Fonte: INE, 2012).	17
Figura 5 - Níveis de consumo médio de energia para climatização (em kWh/m ² .ano) nas habitações unifamiliares portuguesas, por ano de construção (Fonte: BPIE, 2011).	18
Figura 6 - Esquema representativo do comportamento térmico de um edifício orientado a Sul, no inverno (Fonte: Gonçalves e Cabrito, 2006).	20
Figura 7 - Esquema representativo do comportamento térmico de um edifício orientado a Sul, no verão (Fonte: Gonçalves e Cabrito, 2006).	21
Figura 8 - Integração do sistema fotovoltaico na fachada do edifício Solar XXI, Campus do LNEG em Lisboa (Fonte: SOLAR XXI, 2010).	26
Figura 9 - Habitação unifamiliar reabilitada, Alemanha (Fonte: Schimer, 2011).	28
Figura 10 - Habitação unifamiliar alemã reabilitada, aspeto da alteração na envolvente (Fonte: Schimer, 2011).	28
Figura 11 - Habitação reabilitada, Steinbruchweg, Áustria (Fonte: ISOVER).	30
Figura 12 - Edifício reabilitado em Hellerup, Copenhaga, Dinamarca (Fonte: <i>CO₂OLBRICKS</i> , 2012).	33
Figura 13 - Habitação unifamiliar americana, pós-reabilitação (Fonte: Pettit, 2009).	35
Figura 14 – Menu da base de dados da <i>Cype</i> (Fonte: geradordeprecos.info).	40
Figura 15 - Descrição do processo/custos de aplicação de isolamento pelo exterior (Fonte: geradordeprecos.info).	40
Figura 16 – Valores do coeficiente τ (Fonte: RCCTE, 2006).	43
Figura 17 – Categorização dos custos (Fonte: Comunicação nº 2012/115/01/CE).	52
Figura 18 – Exemplo de gráfico (custo/energia) resultante da aplicação de medidas de eficiência energética a um edifício, com identificação do nível de rentabilidade ótimo (Fonte: Comunicação 2012/115/1/CE).	57
Figura 19 – Relação entre rentabilidade positiva e nível ótimo de rentabilidade (Fonte: Almeida, Ferreira e Rodrigues, 2013).	57

Figura 20 - Exemplo dos custos que compõem os pacotes de medidas de melhoria (Fonte: <i>Cost optimal building performance requirements</i> , 2011).	58
Figura 21 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, em Lisboa, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).	78
Figura 22 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, em Lisboa, na perspetiva social (complementar com consulta da Tabela 31).	79
Figura 23 – Influência do solar térmico nos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, em Lisboa, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).	80
Figura 24 – Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 1 localizado em Lisboa (complementar com consulta da Tabela 31).	82
Figura 25 – Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 1, em Lisboa, na vertente privada (complementar leitura com a Tabela 33).	83
Figura 26 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, no Porto, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).	84
Figura 27 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 1 localizado no Porto (complementar com consulta da Tabela 31).	86
Figura 28 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 1, no Porto, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Tabela 36).	87
Figura 29 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, em Bragança, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).	88
Figura 30 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 1 localizado em Bragança (complementar com consulta da Tabela 31).	90
Figura 31 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 1, em Bragança, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Tabela 38).	91
Figura 32 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 2, em Lisboa, na perspetiva privada e social (complementar com consulta da Tabela 31).	92
Figura 33 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 2 localizado em Lisboa (complementar com consulta da Tabela 31).	94

Figura 34 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 2, em Lisboa, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Tabela 44).....	95
Figura 35 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 2, no Porto, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).....	96
Figura 36 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 2 localizado no Porto (complementar com consulta da Tabela 31).	98
Figura 37 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 2, em Bragança, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).	99
Figura 38 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 2 localizado em Bragança (complementar com consulta da Tabela 31).	100
Figura 39 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 3, em Lisboa, na perspetiva privada e social (complementar com consulta da Tabela 31).....	102
Figura 40 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 3 localizado em Lisboa (complementar com consulta da Tabela 31).	104
Figura 41 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 3, em Lisboa, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Figura 42 e a Tabela 47).....	105
Figura 42 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 3, em Lisboa, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Tabela 47).....	105
Figura 43 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 3, no Porto, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).....	107
Figura 44 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 3 localizado no Porto (complementar com consulta da Tabela 31).	108
Figura 45 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 3, em Bragança, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).	109
Figura 46 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 3 localizado em Bragança (complementar com consulta da Tabela 31).	110

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo final de energia mundial, por setor (Fonte: AIE).	9
Tabela 2 - Tipologia dos envidraçados por orientação (Fonte: INE, 2011).	18
Tabela 3 – Custo das medidas de reabilitação simples.	41
Tabela 4 – Classes de inércia térmica interior (Fonte: RCCTE, 2006).	45
Tabela 5 – Balanço energético das necessidades de aquecimento (Fonte: Camelo <i>et al.</i> , 2006).	46
Tabela 6 – Balanço energético das necessidades de arrefecimento (Fonte: Camelo <i>et al.</i> , 2006).	48
Tabela 7 – Fatores de conversão de energia útil em energia primária, kWh-kgep (Fonte: RCCTE, 2006).	50
Tabela 8 - Fatores de conversão de energia útil em energia primária, kWh-kWh (Fonte: proposta de revisão do RCCTE).	50
Tabela 9 – Tarifas da eletricidade, gás natural e pellets.	53
Tabela 10 – Taxas de crescimento anual da eletricidade e do gás.	54
Tabela 11 - Configuração dos edifícios de referência.	60
Tabela 12 – Levantamento dimensional dos edifícios de referência.	60
Tabela 13 – Caracterização da envolvente do edifício 1.	61
Tabela 14 - Caracterização da envolvente do edifício 2.	62
Tabela 15 - Caracterização da envolvente do edifício 3.	63
Tabela 16 - Caracterização das pontes térmicas lineares.	64
Tabela 17 – Caracterização dos sistemas dos edifícios de referência.	64
Tabela 18 - Caracterização da renovação de ar nos edifícios de referência.	65
Tabela 19 – Descrição do isolamento exterior a aplicar nas paredes.	66
Tabela 20 – Descrição do isolamento a aplicar pelo interior das paredes.	67
Tabela 21 - Processos necessários à colocação de isolamento pelo exterior.	67
Tabela 22 - Propriedades das soluções de isolamento da cobertura.	68
Tabela 23 – Caracterização do isolamento a aplicar no pavimento.	69
Tabela 24 - Propriedades dos envidraçados a aplicar.	69
Tabela 25 – Sistemas de climatização e de AQS.	70
Tabela 26 – Custo do solar térmico (Fonte: RGEU, RCCTE e <i>Vulcano</i>).	71
Tabela 27 – Contributo energético do solar térmico (Fonte: SOLTERM)	72

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Tabela 28 – Nomenclatura adotada para as soluções de isolamento das paredes exteriores. ...	75
Tabela 29 – Nomenclatura das soluções de isolamento da cobertura e do pavimento.	76
Tabela 30 - Nomenclatura adotada para os envidraçados.	76
Tabela 31 – Numeração adotada para os conjuntos de sistemas utilizados.	76
Tabela 32 – Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 1, em Lisboa (perspetiva privada e social).	79
Tabela 33 – Pacotes de medidas abordados na Figura 25.	83
Tabela 34 – Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 1, no Porto (perspetiva privada).	85
Tabela 35 – Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 1, no Porto (perspetiva social).	86
Tabela 36 – Pacotes de medidas abordados na Figura 28.	87
Tabela 37 – Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 1, em Bragança (perspetiva privada e social).	89
Tabela 38 – Pacotes de medidas abordados na Figura 31.	91
Tabela 39 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, em Lisboa (perspetiva privada).	93
Tabela 40 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, em Lisboa (perspetiva social).	93
Tabela 41 – Pacotes de medidas abordados na Figura 34.	95
Tabela 42 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, no Porto (perspetiva privada).	97
Tabela 43 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, no Porto (perspetiva social).	97
Tabela 44 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, em Bragança (perspetiva privada e social).	99
Tabela 45 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, em Lisboa (perspetiva privada).	103
Tabela 46 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, em Lisboa (perspetiva social).	103
Tabela 47 – Pacotes de medidas abordados na Figura 41 e Figura 42.	106
Tabela 48 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, no Porto (perspetiva privada).	107

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Tabela 49 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, no Porto (perspetiva social).....	108
Tabela 50 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, em Bragança (perspetiva privada e social).	110
Tabela 51 – Ordem de custo global dos grupos de sistemas testados, na vertente privada. ..	111
Tabela 52 - Ordem de custo global dos grupos de sistemas testados, na vertente social.	111
Tabela 53 – Pacotes de medidas de rentabilidade máxima.	112
Tabela 54 - Comparação dos pacotes de rentabilidade ótima nos diferentes edifícios, localizações e objetivos pretendidos, na vertente privada (consultar Tabela 53).....	113

LISTA DE ABREVIATURAS

nZEB – *Near Zero-Energy Buildings* (Edifícios de Balanço Energético Zero)

UE – União Europeia

EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive* (Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios)

EUA - Estados Unidos da América

INE – Instituto Nacional de Estatística

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios

CO₂ – Dióxido de Carbono

U – Coeficiente de transmissão térmica

g_{±vidro} – Fator solar do vidro

g_{±100%} - Fator solar global com proteções móveis e fixas ativadas

F_g – Fração envidraçada

τ – Coeficiente de redução de perdas

PTP – Ponte térmica plana

Ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear

AQS – Águas quentes sanitárias

R_{ph} – Renovações de ar por hora

R – Resistência térmica

ETICS – *External Thermal Insulation Composite System* (Sistema de isolamento térmico pelo exterior)

EPS – Poliestireno expandido

XPS – Poliestireno extrudido

PVC – *Polyvinyl chloride* (policloreto de vinilo)

EDP – Energia de Portugal

IVA – Imposto de Valor Acrescentado

BPIE – *The Buildings Performance Institute Europe*

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo é iniciado pela exposição do enquadramento e motivação da temática abordada na dissertação, após o que se apresentam os seus objetivos e metodologia utilizada para os alcançar. Sendo, por fim, abordada a estrutura em que está organizada a dissertação.

1.1. Enquadramento

Nas últimas décadas têm-se vindo a registar uma série de alterações climáticas, que em muito se devem à intensificação das atividades humanas, responsáveis pela emissão de gases para a atmosfera que propiciam a formação de uma camada condicionadora da libertação de calor da superfície terrestre.

Paralelamente, verifica-se que a União Europeia enfrenta uma grande dependência energética externa. Cenário que se acentua em países como Portugal, que apresentam um balanço energético altamente deficitário. Com efeito, em 2011, 77% da energia consumida em Portugal foi importada (*Eurostat*, 2013).

Efetivamente, a consciencialização para os perigos do consumo energético desmedido, da finitude das reservas de combustíveis fósseis bem como das alterações climáticas leva já largos anos, sendo datado de 1991 o primeiro e mais importante protocolo com vista, essencialmente, à diminuição da emissão dos gases com efeito de estufa, o Protocolo de Quioto. Este protocolo foi assinado por todos os países da União Europeia e desde então têm vindo a realizar-se esforços com vista ao cumprimento das metas nele estabelecidas.

Apesar dos esforços levados a cabo para o racionamento do consumo de energia e para a consequente diminuição dos gases com efeito de estufa, a maioria dos países da União

Europeia estão a meio caminho de atingir um bom nível de eficiência energética (Andaloro *et al.*, 2010).

Assume-se portanto de especial importância repensar as premissas atuais em torno do consumo energético. Para tal afigura-se de particular importância o setor dos edifícios, que é dos que apresenta maior impacto no consumo de energia, representando, segundo Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2007), entre 20% a 40% do consumo total de energia na União Europeia. É também neste setor que se identifica um enorme potencial de incremento da eficiência energética e de redução das emissões de CO₂, com relações custo/benefício mais favoráveis que noutros sectores (Almeida, Ferreira e Rodrigues, 2013).

Como tal, em 2010 foi publicada a Diretiva 2010/31/EU (EPBD *recast*), de forma a atualizar a legislação existente (EPBD 2002), estabelecendo objetivos mais ambiciosos no que respeita à eficiência energética dos edifícios. Nesse sentido devem ser tomadas as medidas necessárias para assegurar um comportamento energético mínimo para os edifícios e componentes de edifícios de modo a atingir níveis de custo ótimo, competindo a cada Estado-Membro a definição desse comportamento energético mínimo.

1.2. Objetivos e metodologia adotada

O trabalho proposto no âmbito desta dissertação desenvolve-se em torno de dois objetivos centrais:

- Caracterizar e avaliar medidas de eficiência energética e de produção de energia renovável no Parque Habitacional Português ao nível técnico e económico;
- Identificar os pacotes de medidas com que, para níveis específicos de consumo de energia e de emissões de CO₂, se obtêm os níveis ótimos de rentabilidade.

Com vista ao cumprimento dos objetivos propostos foi realizada, numa primeira fase, uma pesquisa bibliográfica relacionada com a temática em estudo, nomeadamente a reabilitação energética e o uso de energia renovável em edifícios residenciais e tudo o que diretamente

se relaciona com esta temática, aprofundando desta forma o grau de conhecimento em relação ao tema.

Uma vez que o objeto de estudo está intimamente ligado com legislação nacional e comunitária (União Europeia), a pesquisa foi principiada pelos regulamentos que concernem a esta temática, destacando-se EPBD, RCCTE, EPBD *recast*, Regulamento Delegado 244/2012. Posteriormente, esta pesquisa foi alargada à documentação existente no acervo da biblioteca da Universidade do Minho e da sua base de dados eletrónica, *Repositorium*, bem como de outras universidades.

Para além disso, foram utilizados motores de busca como o *B-On*, *Google Scholar*, *ABI database*, *EI Compendex Web*, *Science -Direct* e *Scopus*, alargando a pesquisa bibliográfica a artigos internacionais publicados em jornais conceituados, a fim de proporcionar a obtenção de um maior número de documentos e deste modo ampliar o conhecimento sobre a temática em estudo.

Finalizada a análise da bibliografia procedeu-se à definição dos procedimentos necessários à realização do estudo proposto, tendo para tal sido utilizado o quadro metodológico comparativo para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e componentes de edifícios estabelecido pelo Regulamento Delegado 244/2012/UE que complementa a Diretiva 2010/31/EU, e que apresenta os seguintes passos essenciais:

- Definição dos edifícios de referência que caracterizam o Parque Habitacional Português;
- Definição das medidas de eficiência energética e produção de energia renovável;
- Aplicação das medidas aos edifícios e obtenção das necessidades energéticas, emissões e custos de investimento e utilização ao longo da vida do edifício;
- Comparação de custos, consumos de energia e CO₂ resultantes da aplicação dos pacotes de medidas;
- Definição dos níveis ótimos de rentabilidade para cada um dos edifícios e seus componentes.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em cinco partes distintas, a introdução, o estado da arte, a metodologia, a análise de resultados e as considerações finais.

No primeiro capítulo, a introdução, apresenta-se um enquadramento do tema, a definição dos objetivos, a referência à metodologia utilizada e a estrutura segundo a qual está organizada a dissertação.

No segundo capítulo é abordado o estado do conhecimento em torno da temática em estudo, nomeadamente sobre a eficiência energética e a utilização de energia nos edifícios de habitação em Portugal, as estratégias da União Europeia para o aumento da eficiência energética e diminuição de emissões de gases com efeito de estufa, a caracterização do parque habitacional português, as medidas passivas de conservação de energia, os sistemas e instalações de climatização, de produção de AQS, de produção e utilização de energia renovável, e finalmente os programas de eficiência energética e de redução de emissões no sector da habitação levados a cabo em alguns países.

O terceiro capítulo é dedicado à definição da metodologia utilizada para a concretização dos objetivos a que se propõe a dissertação, ou seja, são definidos os edifícios de referência do parque habitacional português, as medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável, e a metodologia de cálculo das necessidades energéticas e dos custos resultantes da aplicação das medidas de reabilitação aos edifícios de referência.

No quarto capítulo sintetizam-se e comparam-se os resultados obtidos da aplicação dos vários pacotes de medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável aos três edifícios de referência em diferentes localizações, Lisboa, Porto e Bragança.

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Por fim, no quinto capítulo, para além de ser abordado o conteúdo da dissertação de uma forma sumária, são citadas as principais conclusões a extrair deste estudo e algumas sugestões relevantes para trabalhos futuros.

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

2. ESTADO DA ARTE

Neste capítulo é abordado o estado do conhecimento em torno da temática em estudo. Especificamente, é explorada a temática da eficiência energética e da utilização de energia nos edifícios de habitação em Portugal, as estratégias da União Europeia para o aumento da eficiência energética e diminuição de emissões de gases com efeito de estufa, a caracterização do parque habitacional português, as medidas passivas de conservação de energia, os sistemas e instalações de climatização, de produção de AQS, de produção e utilização de energia renovável, e por fim são abordados programas de eficiência energética e de redução de emissões no sector da habitação levados a cabo em alguns países.

2.1. A relevância da eficiência energética e da utilização de energia no setor dos edifícios de habitação

Atualmente a natureza encontra-se em constante mudança, é cada vez mais frequente o relato de incêndios, tempestades, cheias ou secas de dimensões e em locais sem precedentes. E se é verdade que durante a evolução da Terra tais premissas foram constantemente mudando, também o é o fato de atualmente se verificarem mudanças no planeta a uma velocidade e dimensão únicas até ao momento.

Com efeito, as mudanças na Terra estão a registar-se a um ritmo acelerado, sendo possível verificar-se um grande encadeamento de sinais desse facto, como o aumento da temperatura média da Terra em cerca de 0,6°C entre 1980 e 2000, a subida do nível médio das águas do mar à média de 1,5 mm ao ano durante o último século, a diminuição dos glaciares de ano para ano, a continua diminuição da queda de neve no Hemisfério Norte, ou o aumento da temperatura da água do mar a um ritmo mais acelerado que da superfície terrestre (Houghton *et al.*, 2001).

O facto de tais alterações climáticas ocorrerem nas últimas décadas tem que ver com a intensificação das atividades humanas, que são responsáveis pela emissão de gases para a atmosfera. A estes gases dá-se o nome de gases de efeito de estufa, uma vez que são gases que propiciam a formação de uma camada na atmosfera que condiciona a libertação de calor da superfície terrestre (Archer e Pierrehumbert, 2011).

Estima-se que os gases de efeito de estufa com maior presença na atmosfera são o dióxido de carbono (cerca de 53%), o metano (17%) e o óxido nitroso (12%), resultantes essencialmente da queima dos combustíveis fósseis, da queima das florestas tropicais e da atividade pecuária (*National Geographic*, 2013).

Paralelamente, verifica-se que a União Europeia enfrenta uma grande dependência energética externa. Segundo dados do *Eurostat*, em 2011 a União importou cerca de 54% da energia consumida, sendo que alguns Estados-Membros, como é o caso da Malta e do Chipre, importam mais de 90% da energia consumida. Ainda segundo os dados apresentados pelo *Eurostat*, Portugal apresentou, no mesmo ano, uma dependência energética de 77%, bem acima da média europeia.

Como constatado, a realidade atual do planeta, e em particular da Europa, é preocupante. Esta realidade tende a piorar, uma vez que se espera que a população mundial continue a aumentar, e conseqüentemente aumentarão as exigências relativas aos materiais e à energia, por serem as principais fontes da atividade humana (Pinheiro, 2006).

Com efeito, estima-se que a população mundial atinja os 8,9 mil milhões em 2050, sendo que em 2000 não passava dos 6,1 mil milhões, e em 1950 era pouco mais de 2,5 mil milhões (ONU, 2004). Apesar deste cenário, está previsto que o mesmo não irá suceder na Europa, onde se espera que os quase 750 milhões de habitantes atuais se tornem em pouco mais de 600 milhões em 2050 (ONU, 2004).

O cenário do crescimento económico é equivalente ao do crescimento populacional, apesar da estagnação registada nos últimos anos, verificando-se que a economia mundial

quintuplicou desde 1950, o que leva, naturalmente, ao aumento da procura de recursos naturais e uma intensificação das atividades construtivas (Pinheiro, 2006).

Com efeito, segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), durante o período de 1984 a 2004 houve um aumento de 49% do consumo de energia primária, e de 43% nas emissões de dióxido de carbono. Estima-se ainda que o consumo de energia continue em crescimento, especialmente nos países em vias de desenvolvimento, onde se prevê que aumente a uma média de 3,2% ao ano, muito acima dos esperados 1,1% de crescimento ao ano nos países desenvolvidos.

O setor dos edifícios representa uma grande parte do consumo de energia mundial, constatando-se que é responsável por um consumo de energia situado no intervalo 20% a 40% do total (Pérez-Lombard, Ortiz e Pout, 2007). Este valor tem vindo a aumentar ao longo dos últimos anos, como se pode constatar pela análise da Tabela 1, havendo um aumento do consumo de energia na categoria “outros setores” onde se inserem os edifícios. Este aumento deve-se essencialmente ao citado aumento da população, assim como das exigências dos utilizadores, consequência direta do crescimento económico e do aumento da qualidade de vida.

Em Portugal, estima-se que o consumo de energia por parte dos edifícios é de cerca de 30% (Pinheiro, 2006).

Tabela 1 - Consumo final de energia mundial, por setor (Fonte: AIE).

Consumo final de energia por sector (%)	1973	2004
Indústria	39	30
Transportes	25	28
Outros sectores	36	42

No setor dos edifícios há ainda que considerar o fato de não serem todos do mesmo género, dividindo-se em duas grandes categorias: residenciais e de serviços. Os edifícios residenciais destinam-se apenas à habitação (moradias e apartamentos) enquanto os edifícios de serviços se destinam ao comércio, à educação, à saúde, à cultura, à leitura, etc.

No ano de 2009, a repartição da energia, consumida em Portugal, pelos respetivos usos é a representada na Figura 1, depreendendo-se a importância dos edifícios de habitação no consumo energia do país (quase 18%).

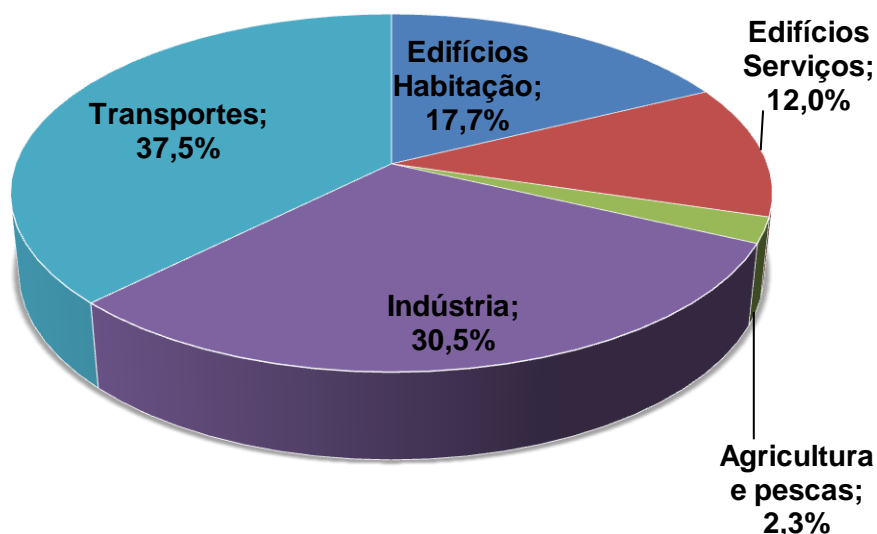


Figura 1 - Consumo de energia em Portugal, por setor, no ano de 2009 (Fonte: INE, 2011).

Tendo o referido em conta, conclui-se que o aumento da eficiência energética nos edifícios, em especial nos edifícios destinados à habitação, revela-se um instrumento importante na diminuição da dependência energética da União Europeia e, em simultâneo, na resposta aos objetivos de redução das emissões de dióxido de carbono acordadas no Protocolo de Quioto (Poel *et al.*, 2007).

Ainda sobre o assunto, Blesl *et al.* (2010) concluíram que o aumento do uso de energia proveniente de fontes renováveis e a eficiência energética são as medidas mais importantes para reduzir os gases com efeito de estufa e consequentemente o aquecimento global.

2.2. A ação da União Europeia – Planos e Regulamentos e seu enquadramento em Portugal

É neste contexto de dependência energética e de alterações climáticas que surge a necessidade de repensar as premissas em torno do consumo energético nos edifícios, tornando-se a melhoria da eficiência energética e a fonte de energia questões prioritárias da política europeia.

Efetivamente, e no que ao setor da construção/reabilitação de edifícios diz respeito, encontram-se implementados, em Portugal, regulamentos que têm por objetivo a certificação energética, impondo requisitos construtivos mínimos, de forma a construir com maior eficiência energética, maior conforto e de forma mais sustentável (Freitas, 2007). Estes regulamentos, RCCTE e RSECE, com entrada em vigor no ano de 2006, resultam da Diretiva da Comissão Europeia 2002/91 (EPBD) que impõe aos Estados-Membros a emissão de certificados energéticos na construção de novos edifícios, na reabilitação importante de edifícios existentes, em edifícios públicos com mais de 1000 m², e aquando da locação ou venda de edifícios existentes.

Por sinal, em Portugal, a legislação relativa ao comportamento energético dos edifícios remonta a 1990, ano em que foi implementado o Decreto-Lei 40/90, com imposições ao nível térmico dos edifícios residenciais e de serviços. Este decreto veio melhorar o comportamento energético dos edifícios, implementando as primeiras medidas de eficiência energética nos edifícios e limitando as necessidades de aquecimento e arrefecimento, assim como o valor do coeficiente de transmissão térmica das envolventes e o coeficiente de ganhos solares dos envidraçados (Ferreira e Pinheiro, 2011).

Apesar da melhoria significativa do comportamento energético dos edifícios, decorrente da obrigatoriedade do cumprimento dos requisitos mínimos de tais regulamentos, não se refuta, de todo, o cenário de dependência energética externa ou das alterações climáticas, tanto em Portugal como na União Europeia. Segundo Andaloro *et al.* (2010) a maioria dos países da União estão a meio caminho de atingir um bom nível de eficiência energética.

É neste contexto que se verifica a necessidade da criação de regulamentos e normas relativas à eficiência energética, tal como corroborado pelo *World Energy Council* em 2008.

Com efeito, já em 2007 se havia salientado, das conclusões do Conselho Europeu de 8 e 9 Março, a necessidade de aumentar a eficiência energética na União Europeia, com o objetivo de reduzir em 20% o consumo de energia primária, em toda a União Europeia, em 2020 (“Estratégia Europa 2020”).

Pelo que, a 19 de Maio de 2010 é publicada a Diretiva 2010/31/UE, aprovada e adotada pelo Parlamento Europeu e pela Comissão Europeia, de forma a aumentar a eficiência energética dos edifícios (Ferreira e Pinheiro, 2011). Esta Diretiva trata-se, basicamente, de uma atualização à Diretiva 2002/91/CE, no entanto apresenta objetivos mais ambiciosos.

Entretanto, e na sequência do estabelecimento de tais objetivos, seguiram-se conclusões que impõem por exemplo a definição, por parte de cada um dos Estados-Membros, de metas a nível interno e de programas nacionais de reforma (“Planos de Ação Nacional”), ou a colocação da eficiência energética como o cerne da questão da sustentabilidade da utilização de recursos energéticos.

A Diretiva 2010/31/UE veio estabelecer que os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para assegurar um comportamento energético mínimo para os edifícios e componentes de edifícios de modo a atingir níveis de custo ótimo, competindo a cada Estado-Membro a definição desse comportamento energético mínimo, pela aplicação de uma metodologia para calcular os níveis de custo ótimo dos requisitos energéticos mínimos dos edifícios e das suas componentes, em concordância com um quadro metodológico de referência estabelecido no *Annex 1* (Artigo 3º e 4º da Diretiva 2010/31/UE).

Paralelamente foram já definidos novos objetivos para 2050, nomeadamente a redução das emissões de gases com efeito de estufa de 80% a 95% em comparação com os níveis de 1990, ou a produção de eletricidade com emissões nulas.

2.3. O quadro metodológico comparativo para a determinação dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos energéticos dos edifícios e dos componentes dos edifícios

Relativamente ao cálculo dos níveis de custos ótimos dos requisitos energéticos mínimos dos edifícios e dos componentes dos edifícios é referido, no Artigo 5º da Diretiva 2010/31/UE, que a Comissão Europeia deve estabelecer uma metodologia comparativa para o seu cálculo através de regulamentos delegados a publicar posteriormente à publicação da referida Diretiva.

Esta Diretiva tem subentendida a pretensão da fixação, por parte dos Estados-Membros, de requisitos de desempenho energético rentáveis ou ótimos, para os componentes dos edifícios, pela utilização de certos produtos energéticos com melhor desempenho energético, bem como pelo recurso a determinadas opções técnicas ou de conceção de edifícios favoráveis à obtenção de tais requisitos.

É então face ao exposto que surge o Regulamento Delegado 2012/244/UE e a Comunicação 2012/115/01/EU, que estabelecem um quadro para uma metodologia comparativa para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e componentes dos edifícios.

Citando o Regulamento Delegado 2012/244/UE, “incumbe aos Estados-Membros estabelecer requisitos mínimos de desempenho energético para os edifícios e os seus componentes” que permitam “alcançar níveis ótimos de rentabilidade” resultando que “os requisitos mínimos de desempenho energético não devem ser inferiores em mais de 15% ao resultado dos cálculos dos níveis ótimos de rentabilidade”.

Adicionalmente, e em conformidade com o referido na diretiva 2012/27/UE, na qual se alude aos desafios sem precedentes que a União Europeia tem vindo a enfrentar, resultantes do aumento da dependência das importações de energia, da escassez de recursos energéticos e da necessidade de limitar as alterações climáticas e de superar a crise económica, a eficiência energética constitui um instrumento precioso para vencer

estes desafios, uma vez que aumenta a segurança de aprovisionamento energético da União Europeia, reduzindo a dependência da importação de energia, e ajuda a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, logo revela-se fundamental na atenuação das alterações climáticas.

Posto isto, a Diretiva 2012/27/UE “estabelece um quadro comum de medidas de promoção da eficiência energética na União, a fim de assegurar a realização do grande objetivo da União que consiste em atingir 20% em matéria de eficiência energética até 2020, e de preparar caminho para novas melhorias nesse domínio para além dessa data”, estabelece ainda objetivos nacionais indicativos em matéria de eficiência energética para 2020. Na mesma Diretiva é estabelecido que cada Estado-Membro deve definir os objetivos nacionais de eficiência energética indicativos que melhor têm em conta as especificidades nacionais que afetam o consumo de energia primária, sendo, esses objetivos, alvo da avaliação da Comissão Europeia.

No entanto, as referidas medidas de promoção da eficiência energética aplicadas em cada Estado-Membro, no âmbito da referida Diretiva, não deverão pôr em causa o restabelecimento da sustentabilidade das finanças públicas e a consolidação orçamental, pelo que se deve ter em conta a rentabilidade da aplicação de tais medidas.

Ainda na Diretiva 2012/27/UE é feita a referência à importância da renovação dos edifícios existentes no âmbito da melhoria da eficiência energética, uma vez que constituem 40% do consumo de energia final da UE e portanto “constitui o setor com maior potencial de economia de energia”. Em consonância com o referido nessa diretiva, já em 2006 se havia concluído, no documento *Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential* da autoria da Comissão Europeia, que há um potencial de poupança de energia no setor residencial de cerca de 27%.

2.4. Caracterização do parque habitacional português

Este subcapítulo é dedicado a uma caracterização geral do parque habitacional português, com foco na sua evolução, no estado de conservação, e na caracterização energética e construtiva.

2.4.1. A evolução do parque habitacional em Portugal

Nas últimas três décadas o número de habitações quase duplicou em Portugal. Às três milhões de habitações existentes em 1981 acresceram quase 3 milhões ao longo dos últimos trinta anos, registando-se 5,9 milhões de habitações em 2011 (INE, 2012).

Das 5,9 milhões de habitações existentes em Portugal 68,1% têm ocupação permanente (perto de 4 milhões de habitações), enquanto 19,3% são ocupadas sazonalmente (residência secundária) e as restantes (12,5%) estão desocupadas (INE, 2012).

Com efeito, segundo dados dos Censos de 2011 cerca de 52% das habitações portuguesas foram construídas depois de 1981 e 35% após 1991 (ver Figura 2). Pela análise do Figura 2 conclui-se ainda que cerca de 36% das habitações com ocupação permanente foram construídas após 1991, e 54% nos últimos trinta anos.

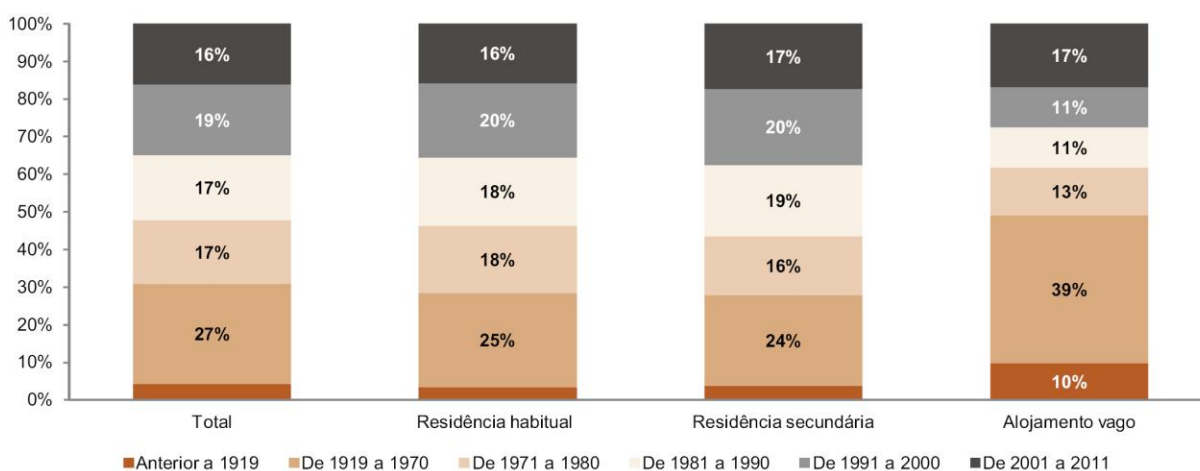


Figura 2 - Época de construção do parque habitacional português (Fonte: INE, 2012).

Com base no referido, e tendo presente o facto de que o primeiro regulamento de características térmicas de edifícios de cariz legal aplicado em Portugal remonta ao ano de 1990 (RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios), afigura-se suficientemente preciso afirmar que perto de 65% das habitações (construídas antes de 1991) não apresentam um comportamento térmico adequado.

Importa salientar que nem todas as habitações dispõem de sistemas de aquecimento. Efetivamente, das habitações com ocupação permanente cerca de 86% dispõem de sistemas de aquecimento, número bem superior ao estimado dez anos antes, altura em que 78,1% das habitações com ocupação permanente dispunham de sistema de aquecimento (INE, 2012).

2.4.2. Estado de conservação e reabilitação do parque habitacional

Dos 3 544 389 edifícios de habitação existentes em Portugal 5% encontram-se muito degradados ou a precisar de grandes reparações, 25% necessitam de pequenas ou médias reparações, enquanto os restantes edifícios não necessitam de reparação (consultar Figura 3). Importa salientar que a avaliação do estado de conservação dos edifícios, levada a cabo nas operações censitárias, é feita pela identificação de eventuais necessidades de reparações das estruturas, da cobertura, das paredes e das caixilharias (INE, 2012).

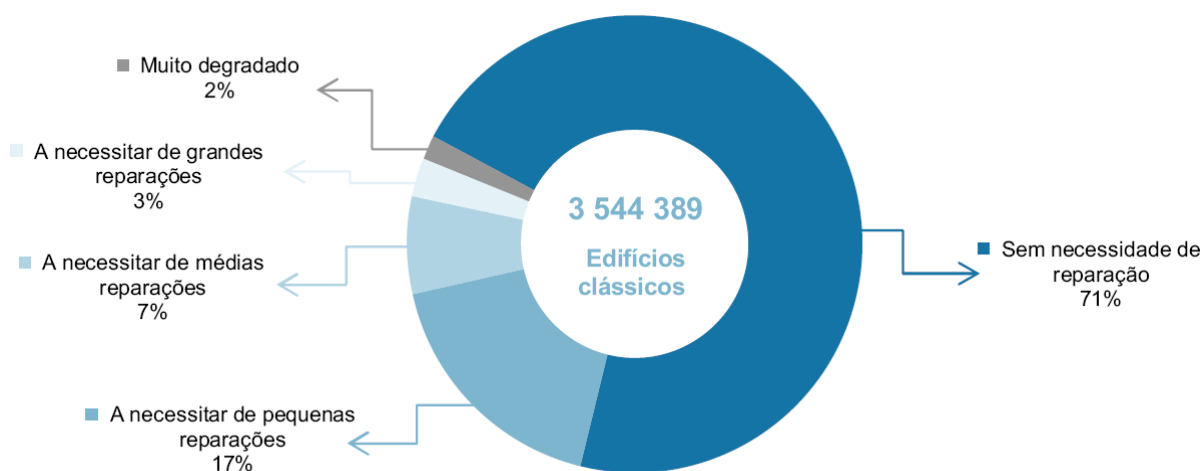


Figura 3 - Estado de conservação dos edifícios em Portugal (Fonte: INE, 2012).

Tendo em consideração o ano de construção dos edifícios e o seu estado de conservação (ver Figura 4), conclui-se que há uma relação quase linear entre o estado de conservação e o tempo de construção, ou seja, quanto menor o tempo de vida dos edifícios melhor o seu estado de conservação e vice-versa (INE, 2012).

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

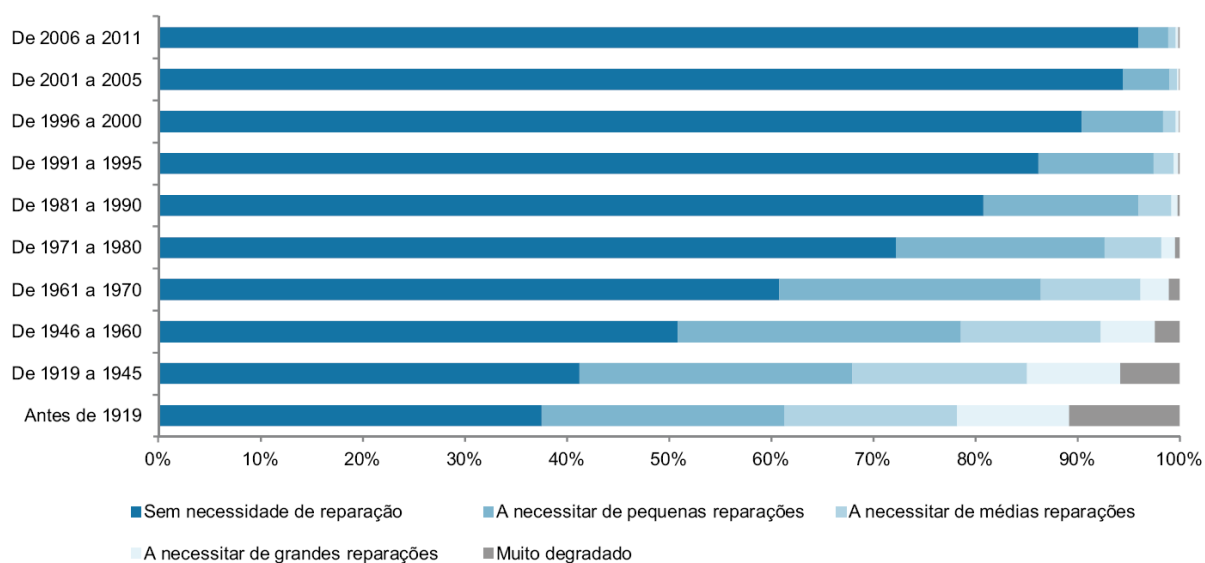


Figura 4 - Estado de conservação dos edifícios portugueses por época de construção
(Fonte: INE, 2012).

2.4.3. Caracterização energética e construtiva do Parque Habitacional Português

Como se pode aferir pela observação da Figura 5 os níveis de consumo de energia para a climatização, nas habitações portuguesas, diminui em função da idade das mesmas. Efetivamente, nas habitações cuja construção data do período anterior a 1960 o consumo de energia associado à climatização ascende aos 200 kWh/m².ano, verificando-se uma redução contínua desses níveis de consumo com o avanço temporal da construção das habitações.

Importa ainda salientar a diminuição em quase metade do consumo de energia para climatização que se denota nas habitações construídas após a implementação do RCCTE, em 2006, em relação às habitações construídas nas décadas anteriores.

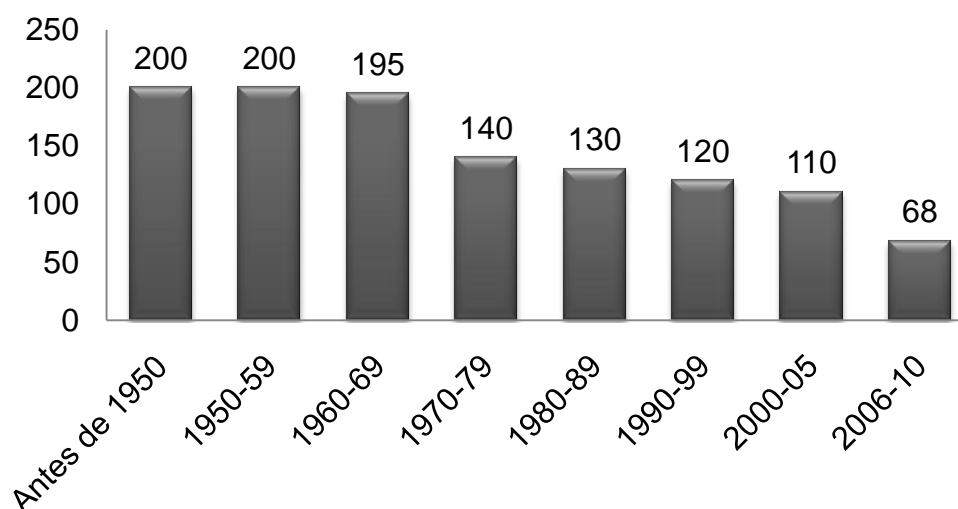


Figura 5 - Níveis de consumo médio de energia para climatização (em kWh/m².ano) nas habitações unifamiliares portuguesas, por ano de construção (Fonte: BPIE, 2011).

No referente às características construtivas dos edifícios habitacionais portugueses, o “Inquérito ao consumo de energia no setor doméstico 2010”, do INE, refere-se à tipologia e orientação dos envidraçados (consultar Tabela 2) e ao número de habitações com isolamento térmico, verificando-se que apenas 21,1% das habitações portuguesas apresentam isolamento nas paredes, sendo que a percentagem de habitações que apresenta isolamento na cobertura é ainda inferior (17,1%).

Tabela 2 - Tipologia dos envidraçados por orientação (Fonte: INE, 2011).

Tipo de vidro	Fachadas viradas a Sul		Fachadas viradas a Este		Fachadas viradas a Oeste	
	Habitações (%)	Área média (m ²)	Habitações (%)	Área média (m ²)	Habitações (%)	Área média (m ²)
Vidro simples	75,4%	4,5	72,3%	4,5	72,3%	4,3
Vidro duplo sem corte térmico	18,9%	6,3	22,8%	6,5	22,8%	6,0
Vidro duplo com corte térmico	7,0%	7,2	6,0%	5,5	6,1%	5,3

2.5. Medidas passivas de conservação de energia

O planeta Terra, como parte do Sistema Solar, recebe energia proveniente do Sol. Esta energia, essencial à vida na Terra, manifesta-se, entre outras, sob a forma de calor, desempenhando grande influência no comportamento do Homem.

Efetivamente, a sensação associada à maior ou menor quantidade de energia proveniente do sol é o que leva, atualmente, o Homem a resguardar-se no interior de edifícios e a climatizá-los. Se a temperatura sentida no meio natural fosse a edífica à sensibilidade atual humana não seria necessária a criação de microclimas nos espaços habitados pelo Homem.

Pelo que, o comportamento energético dos edifícios deve-se, em grande parte, à satisfação do conforto térmico dos utilizadores. Logo, com vista à redução da energia para a climatização interessa conhecer os fatores que maior influência têm no aquecimento ou arrefecimento de um edifício. Sendo que, segundo Gonçalves *et al.* (2001), referido em Jardim (2009), a climatização representa 25% do consumo energético de um edifício habitacional, e entre 2% a 3% do consumo total de energia nacional.

Efetivamente, o comportamento térmico de um edifício deve-se essencialmente às características construtivas próprias de cada edifício, às características do local da sua implementação (inclinação e forma do terreno circundante, existência de linhas de água, de edifícios ou de vegetação nas proximidades), e à dimensão do nível de exposição solar (depende da zona em que se insere o edifício, da sua orientação, da sua forma, etc). Estes fatores desempenham um papel decisivo não só nas necessidades de climatização de um edifício, mas também nas necessidades de preparação de água quente sanitária ou de iluminação.

Importa então abordar a conservação de energia, que no que aos edifícios diz respeito, é o fenómeno de gestão da energia (térmica) contida no espaço interior do edifício de forma a limitar ao máximo as trocas de energia com o espaço exterior. Para tal, recorre-se a uma série de medidas e instrumentos, como a aplicação de isolamento térmico ou o controlo e diminuição das infiltrações de ar combinadas com a utilização racional dos ganhos solares,

recorrendo a vãos envidraçados virados a sul associados a massas de inércia interiores adequadas (Almeida, 1987).

Com efeito, aos ganhos térmicos solares durante o inverno, devem-se associar um conjunto de medidas de modo a favorecer a conservação de energia no interior do edifício (Figura 6), nomeadamente a aplicação de isolamento térmico, o controlo das infiltrações de ar, ou uma inércia térmica adequada.

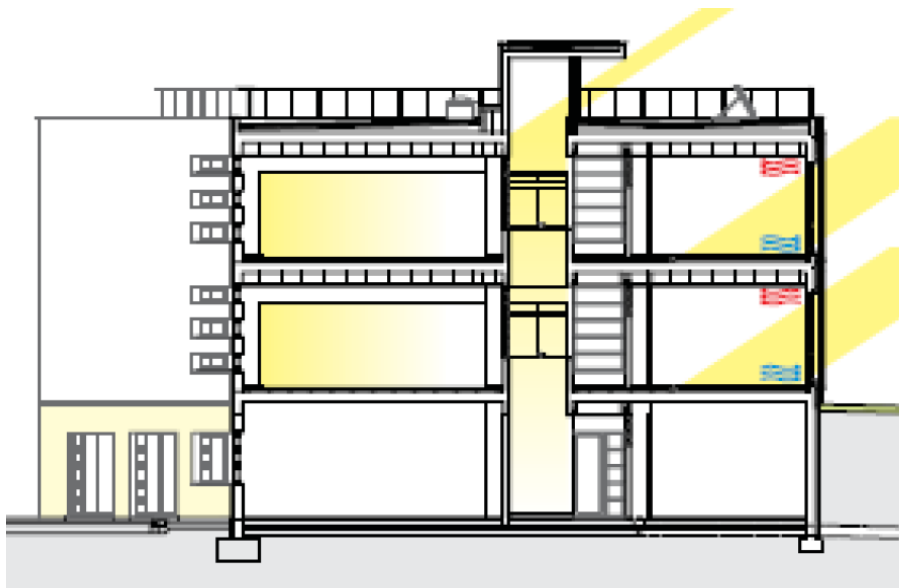


Figura 6 - Esquema representativo do comportamento térmico de um edifício orientado a Sul, no inverno (Fonte: Gonçalves e Cabrito, 2006).

Podem então salientar um conjunto de medidas a aplicar num edifício que influenciam a conservação de energia térmica no interior (Almeida, 1987; Ferreira, 2009; e Jardim, 2009):

- Aplicação de um material com resistência térmica elevada (isolante térmico) na envolvente do edifício (paredes, coberturas e pavimentos), de forma a minimizar as perdas térmicas por condução pela envolvente;
- Controlo das infiltrações de ar através da vedação das frinchas existentes nas portas e nas janelas, condicionadas ao facto de se ter que garantir um valor mínimo de renovação de ar no interior dos edifícios por motivos de saúde e bem-estar dos ocupantes;

- Aplicação das maiores áreas de vãos envidraçados orientados a sul, de modo a promover os ganhos térmicos solares;
- Recurso à inércia térmica interior, recomendando-se para o efeito a localização do isolamento térmico pelo exterior, de modo a disponibilizar toda a massa da solução construtiva da envolvente para efeitos de conservação de energia térmica;
- Utilização de sistemas de promoção dos ganhos térmicos solares indiretos, como as paredes de trombe, as colunas de água e as paredes massivas;
- Utilização de sistemas de pré-aquecimento do ar exterior que irá renovar o ar interior, como espaços estufa.

No verão verifica-se a situação inversa à do inverno, procura-se minimizar os ganhos térmicos solares e promover as trocas de ar com o exterior (consultar Figura 7), uma vez que durante grande parte de um dia de verão as temperaturas são bem superiores às temperaturas em que os utilizadores se sentem confortáveis.

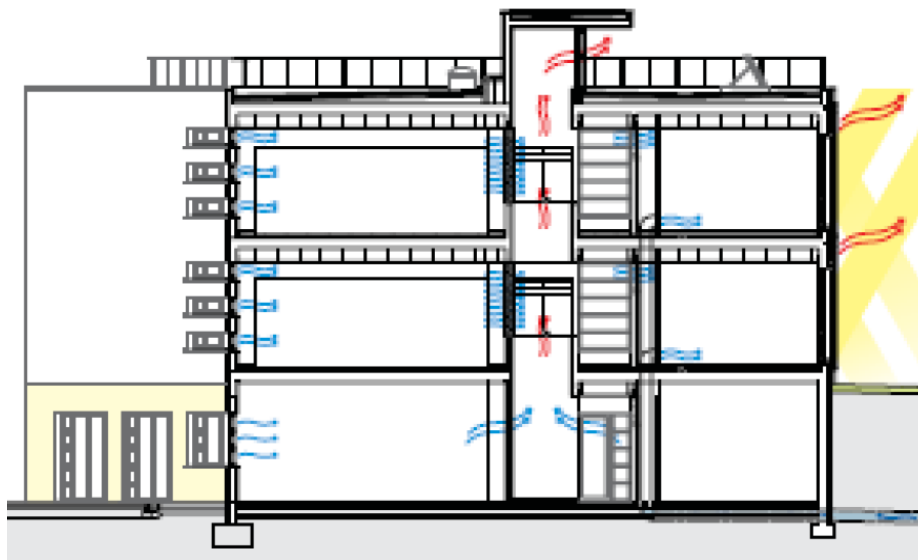


Figura 7 - Esquema representativo do comportamento térmico de um edifício orientado a Sul, no verão (Fonte: Gonçalves e Cabrito, 2006).

Definem-se então uma série de medidas a ter em conta para, essencialmente, evitar o sobreaquecimento interior dos edifícios durante o verão (Almeida, 1987; Ferreira, 2009; e Jardim, 2009):

- Tal como para a situação de inverno, recomenda-se a localização do isolante térmico pelo exterior, de forma a maximizar a inércia térmica interior;
- O recurso a fontes, piscinas ou lagos artificiais permite o arrefecimento do ar circundante, através da evaporação de água;
- A aplicação de sistemas de sombreamento de modo a limitar os ganhos térmicos solares pelos vãos envidraçados;
- Promoção da ventilação natural, através do correto dimensionamento e posicionamento de aberturas.

2.6. Medidas de eficiência energética – sistemas e instalações

Estabelecidas as medidas de conservação de energia para um edifício (medidas passivas) convém salientar que também nos sistemas ativos energéticos reside um potencial enorme de eficiência energética, nomeadamente nos sistemas de climatização, de iluminação, de renovação do ar e de preparação das águas quentes sanitárias.

Naturalmente, a medida em que é necessário o recurso a estes sistemas depende da eficiência dos sistemas passivos, no entanto, e segundo o que é possível concluir do estado atual do conhecimento, nunca se atinge a situação em que os edifícios não necessitam de sistemas ou fontes de energia. Revestindo-se então de especial importância a consideração dos sistemas ativos de conservação de energia.

No que respeita à climatização, à renovação do ar e à preparação das águas quentes sanitárias são vários os sistemas possíveis de aplicar a um edifício, contudo existe um grupo limitado de sistemas ou instalações que são normalmente aplicados aos edifícios, seja por motivos económicos, técnicos ou mesmo legislativos.

Estes sistemas são tanto mais eficientes quanto menor desperdício de energia existir no seu funcionamento, ou seja, os sistemas mais eficientes são aqueles que para um determinado nível de consumo energético conseguem executar melhor, em termos quantitativos, as suas funções (aquecer ou arrefecer um espaço, aquecer água ou extrair e insuflar ar).

Entre os equipamentos mais utilizados para a climatização de espaços residenciais e para a preparação das águas quentes sanitárias destacam-se: a bomba de calor; os sistemas de ar condicionado; as caldeiras; e os equipamentos elétricos descentralizados (Cerdeira, 2011).

A bomba de calor é um sistema, em que a fonte de energia pode ser a eletricidade, o gás, ou a geotermia, e que faz a permutação de calor entre espaços a temperaturas diferentes. Os frigoríficos e os sistemas de ar condicionado são exemplos de aplicações onde se emprega este tipo de mecanismo.

Este equipamento pode ser utilizado tanto na climatização de espaços como na preparação das águas quentes sanitárias. Atualmente a eficiência deste sistema varia entre os 100% e os 600% (AIE, 2011).

Os sistemas de ar condicionado são utilizados para a climatização de espaços, tendo o mesmo princípio de funcionamento da bomba de calor. Como vantagem importa destacar o fato de proporcionar um nível de conforto aceitável a custo de investimento reduzido, apesar de não garantir a homogeneidade do aquecimento do ar interior (Cerdeira, 2011).

O esquentador a gás é muito comum nas habitações portuguesas, servindo para o aquecimento instantâneo da água. O seu rendimento varia entre 55% e 100% (Cerdeira, 2011).

Ainda para a preparação das águas quentes sanitárias podem ser utilizados termoacumuladores, elétricos ou a gás. Este sistema é pouco prático uma vez que aquece a água presente num depósito por transferência de calor, o que pode levar horas (Cerdeira, 2011).

2.7. Medidas de produção de energia de fonte renovável

Por muito eficiente que seja o comportamento térmico de um edifício não se consegue atingir uma situação em que este não necessita de energia, ou seja, que o seu consumo energético seja nulo. Pelo que, sendo sempre necessário o recurso a fontes de energia,

reside aí um campo com um potencial enorme de diminuição do consumo de energia de proveniência não renovável e conseqüentemente da atenuação das alterações climáticas.

Com efeito, a utilização de energia de fontes renováveis encontra-se já amplamente difundida, sendo uma aposta crescente a nível mundial face à escassez dos recursos naturais e às alterações climáticas associadas à utilização dos combustíveis fósseis.

No que respeita à produção de energia renovável local nos edifícios, a forma de produção mais difundida é a energia solar térmica, essencialmente devido ao facto de, desde de 2006, aquando da implementação do sistema de certificação nacional, ser obrigatória a utilização de painéis solares de forma a suprir parte das necessidades energéticas para a preparação das águas quentes sanitárias.

No entanto, o uso exclusivo dos painéis solares revela-se muito limitado quando se tem em consideração a amplitude e a diversidade do uso de energia numa habitação. Enfatizando o referido, Mendes *et al.* (2010) referiram que é previsível, num futuro próximo, a proliferação de edifícios capazes de suprir as suas necessidades energéticas, ou mesmo de edifícios excedentários, capazes de produzir quantidades de energia que além de suprir as suas necessidades alimentam a rede pública de distribuição de eletricidade.

2.7.1. Energia solar térmica

Este sistema tem o seu componente principal nos painéis solares que convertem a energia solar, transmitida sob a forma de radiação, em energia térmica, podendo ser utilizada para a preparação das águas quentes sanitárias, para a climatização ou para o aquecimento de piscinas. Sendo que o seu uso pode reduzir em cerca de 70 a 80% das necessidades energéticas para a preparação das águas quentes sanitárias (Ferreira, 2009).

Em 2009, na tentativa de massificar a aplicação destes sistemas nas habitações portuguesas, já que o âmbito da obrigatoriedade da sua aplicação é muito restrito (apenas em edifícios novos ou em grandes reabilitações), o governo implementou um programa de apoio à implementação deste sistema que levou ao surgimento de 200 000 m² de painéis solares no país (Mendes *et al.*, 2010).

Este aumento da utilização dos painéis solares, leva à redução dos custos da sua produção, bem como à melhoria e generalização do conhecimento acerca da tecnologia envolvida, e consequentemente uma melhoria da mesma. Este facto enfatiza a possibilidade de num futuro próximo ser possível atingir-se uma eficiência tal dos coletores, que seja exequível e economicamente viável a sua utilização para a climatização.

2.7.2. Energia fotovoltaica

A energia fotovoltaica, à semelhança da energia térmica solar, é obtida pela radiação solar, no entanto, transforma-a em energia elétrica e não em energia térmica como os painéis solares. É, aliás, neste ponto que reside a maior vantagem deste sistema em relação aos painéis solares, a energia elétrica produzida pode ser utilizada para todas as aplicações energéticas de um edifício, ao contrário da energia térmica produzida com recurso aos painéis solares, que tem uso final muito mais limitado.

Entre as outras vantagens da utilização deste tipo de sistemas de produção de energia renovável pode-se destacar a durabilidade, a facilidade de instalação, de integração (Figura 8), de controlar e manutenção. Sendo o grande impedimento à generalização do seu uso o elevado custo de investimento (Mendes *et al.*, 2010).

Em Portugal o uso deste tipo de sistemas restringe-se a alguns edifícios de grande dimensão, normalmente de interesse público ou de serviços, essencialmente devido ao custo de investimento. Um exemplo da boa aplicação do sistema fotovoltaico é o Edifício Solar XXI, pertencente ao Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), em que cerca de 80% das suas necessidades energéticas são satisfeitas pela energia produzida pelo sistema fotovoltaico (SOLAR XXI, 2010).



Figura 8 - Integração do sistema fotovoltaico na fachada do edifício Solar XXI, Campus do LNEG em Lisboa (Fonte: SOLAR XXI, 2010).

2.7.3. Energia eólica

Atualmente, a produção de energia com recurso a turbinas eólicas em edifícios revela-se pouco interessante, devido aos custos de investimento, à dificuldade de instalação e de integração nos edifícios, à irregularidade do vento nas zonas urbanas, e ao facto de o período de maior produção de energia ser durante a noite, altura em que se regista menor consumo de energia (Mendes *et al.*, 2010).

A nível nacional são poucos os edifícios que recorrem a este tipo de produção de energia, sendo que dificilmente tal realidade se inverterá num futuro próximo, e enquanto as tecnologias não evoluírem de forma a permitirem uma fácil integração nos edifícios e um melhor aproveitamento da energia produzida.

2.8. Programas e projetos internacionais

Neste subcapítulo são analisados alguns dos programas e projetos de eficiência energética e de redução de emissões de gases com efeito de estufa levados a cabo, com sucesso, em alguns países. Sendo abordadas as suas políticas e planos de ação, assim como exemplos concretos da aplicação desses programas em edifícios de habitação.

2.8.1. Alemanha

Entre 1990 e 2011 o consumo de energia no setor residencial alemão, que ao contrário do que se verifica em Portugal deve-se em grande parte às necessidades de aquecimento ambiente (cerca de 3/4), diminuiu em cerca de 8%. Sendo que desde 2002, ano da aprovação e implementação da EPBD, se tem vindo a registar um decréscimo acentuado nas necessidades de aquecimento (Schlomann e Eichhammer, 2012).

As mais recentes políticas de eficiência energética na Alemanha devem-se essencialmente à legislação comunitária e ao chamado Conceito Nacional de Energia (tradução literal) de 2010, documento no qual se menciona que reside no setor residencial o maior potencial de eficiência energética.

Como resultado das principais políticas de eficiência energética alemãs destacam-se os seguintes objetivos (Schlomann e Eichhammer, 2012):

- Desenvolvimento de um plano de reabilitação para edifícios existentes, com início em 2020;
- Aumentar o mercado dos programas de incentivo ao uso de energias renováveis;
- Lançar um novo programa sob o mote “*performance-enhancing urban rehabilitation*”, ou seja, de apoio à reabilitação energética urbana;
- Desenvolvimento do conceito “*climate neutral building standard*”, que deverá ser atingido para novos edifícios em 2020.

Como exemplo da reabilitação energética num edifício de habitação alemão, apresenta-se uma habitação unifamiliar de dois pisos, situada na cidade de Konstanz, construída na década de 1950 em madeira e betão (Figura 9).

Das medidas de reabilitação aplicada destacam-se (Schirmer, 2011):

- Aplicação de isolamento nas paredes exteriores, com 30 cm de espessura (Figura 10);
- Utilização de uma bomba de calor geotérmica;
- Instalação de coletores solares térmicos
- Aplicação de sistema mecânico de ventilação com recuperador de calor de eficiência superior a 80%.

A reabilitação levada a cabo resulta numa redução de cerca de 86% do consumo de energia primária e de mais de duas toneladas de emissões de dióxido de carbono por ano. Com efeito, o consumo energético anterior á reabilitação era de 255 kWh/m².ano, passando a ser de 34 kWh/m².ano, após a reabilitação energética (Schirmer, 2011).



Figura 9 - Habitação unifamiliar reabilitada, Alemanha (Fonte: Schirmer, 2011).



Figura 10 - Habitação unifamiliar alemã reabilitada, aspeto da alteração na envolvente (Fonte: Schirmer, 2011).

2.8.2. Áustria

A Áustria tem cerca de 8,5 milhões de habitantes, muito à semelhança de Portugal. No entanto apresenta um número de habitações muito inferior a Portugal, cerca de 3,65 milhões (*Statistik Austria*, 2011).

O Plano de Ação Nacional de Eficiência Energética estabelece a forma de o país ir de encontro às especificações das diretivas comunitárias, sendo que a estratégia energética

tem como objetivos principais a redução das emissões de gases com efeito de estufa em 16% até 2020, em relação aos níveis de 1990, e o aumento em 34% das energias renováveis no *mix* energético nacional (*Rethinking Refurbishment*, 2013).

Ao abrigo de um programa público de incentivo à eficiência energética nos edifícios, mais de 74000 habitações foram reabilitadas ou construídas, entre 1993 e 2007, reduzindo, potencialmente, o consumo energético em 350 milhões de kWh/m².ano, e a emissão de CO₂ em cerca de 147 000 toneladas só em 2007 (*European Environmental Bureau*, 2011).

Este programa faz empréstimos, a juros baixos, aos consumidores privados interessados em construir ou reabilitar habitações, dependendo o montante a emprestar do nível de eficiência energética do edifício a reabilitar ou construir (*European Environmental Bureau*, 2011).

A reabilitação energética de uma habitação unifamiliar na Áustria, em Steinbruchweg (consultar Figura 11), permitiu a redução do consumo energético em cerca de 95%. Esta redução do consumo energético foi conseguida no âmbito da remodelação feita à habitação, tendo sido acrescentado um piso. A habitação ficou então com dois pisos e cave, com 217 m² de pavimento, e com fachadas em Madeira (ISOVER).

A reabilitação levou 9 meses a finalizar, resultando numa habitação com os padrões do conceito *Passive House*. O consumo energético anual é agora de 30,5 kWh/m².ano, dos quais menos de metade é utilizada para aquecimento (ISOVER).



Figura 11 - Habitação reabilitada, Steinbruchweg, Áustria (Fonte: ISOVER).

2.8.3. Canadá

Devido ao clima frio, às grandes distâncias entre populações, aos padrões elevados de qualidade de vida, e a um setor industrial de grande intensidade energética, o Canadá é de entre os 28 países membros da Agência Internacional de Energia o que apresenta o pior balanço energético, sendo dos que maior consumo apresenta *per capita*. Nos últimos anos as autoridades canadianas têm tentado inverter esta situação, adotando, em 2011, um sistema nacional de gestão da energia, que no que respeita aos edifícios residenciais traduziu-se no fortalecimento da legislação na construção de novos edifícios, sendo estimado que tal legislação permite a redução em 25% do consumo de energia nos edifícios, só por opções construtivas e arquitetónicas (Pasquier e Saussay, 2012).

Outras medidas do governo canadiano a merecer destaque passam pelo apoio à investigação de medidas de eficiência energética, pela recolha constante de informação do estado da situação energética, pela divulgação de medidas de promoção da eficiência energética junto dos utilizadores e dos responsáveis pela construção e reabilitação de edifícios (Pasquier e Saussay, 2012).

A reabilitação energética de uma habitação em Vancouver, construída em 1969, possibilitou a redução das necessidades energéticas, bem como a supressão das restantes necessidades por energia renovável produzida na habitação (Fugler, 2008).

Com efeito, para a diminuição das necessidades energéticas procedeu-se à melhoria do isolamento térmico, da estanquidade da envolvente e dos envidraçados, e à instalação de um sistema de preparação das águas quentes sanitárias de alta eficiência e com recuperação de calor (Fugler, 2008).

Em simultâneo, instalaram-se 6 m² de painéis solares térmicos, para suprir as necessidades energéticas para o aquecimento de água, e painéis fotovoltaicos com um potencial de geração de 8750 kWh/ano (Fugler, 2008).

A habitação passou assim a ter um balanço energético positivo, gerando perto de 3000 kWh/ano, em detrimento dos mais de 5000 kWh/ano que consumia antes da reabilitação energética (Fugler, 2008).

2.8.4. Dinamarca

Pelo facto de o clima dinamarquês ser frio, as necessidades energéticas para a climatização dos edifícios são bem superiores às necessidades dos países do sul da Europa, como Portugal, onde o clima é ameno. Estima-se que do total de energia consumida nos edifícios dinamarqueses, responsáveis por 30% do consumo de energia no país, 83% se destina à climatização (Gram-Hanssen, 2011). Neste sentido, recaí sobre a climatização dos edifícios a grande aposta de eficiência energética no país. Sendo que se estima ser possível uma redução em 80% do consumo de energia neste sector (*State of Green*, 2013).

Com efeito, a eficiência energética é um tema abordado há largas décadas a esta parte na Dinamarca, tendo sido criadas políticas de eficiência energética antes de 2000 (Togebj *et al.*, 2009), bem antes do surgimento da legislação da União Europeia para esse efeito. Tal facto proporcionou uma redução do consumo energético nos edifícios de 16%, entre 1990 e 2008 (ODYSSEE & MURE, 2011).

A 10 de Julho de 2005 os principais partidos políticos dinamarqueses chegaram a um acordo onde se enfatizava a importância da eficiência energética, estabelecendo um valor mínimo anual de redução do consumo energético até ao ano de 2013. Em 2008, o acordo foi revisto, estabelecendo-se objetivos mais ambiciosos (Togebly *et al.*, 2009). Já em 2011, o governo dinamarquês aprovou um modelo estratégico, designado por “Estratégia Energética 2050”, na procura de atingir a independência dos combustíveis fósseis em 2050, e a redução em 50% da energia consumida em climatização (Governo Dinamarquês, 2011). Estima-se o dispêndio de 130 milhões de euros em 2013 e em 2014, de fundos estatais, em incentivos à eficiência energética de edifícios existentes (Kiyar *et al.*, 2012).

Estes projetos constituem a base de ação dinamarquesa com vista à redução do consumo de energia, esperando-se a redução do consumo energético de 10,3 GWh, ou em 1,5%, ao ano (Kiyar *et al.*, 2012), o que leva o governo dinamarquês a esperar que em 2020 o país seja um dos três mais eficientes no uso de energia, no mundo.

Na Figura 12 apresenta-se um edifício residencial multifamiliar reabilitado, composto por vinte apartamentos, totalizando um total de 2628 m² de área de pavimento, tendo sido construído em 1904 em Copenhaga e reabilitado em 2005 e 2006 (*CO₂OLBRICKS*, 2012).

No que corresponde à reabilitação, não foi possível alterar uma das fachadas do edifício pelo seu valor histórico, de resto foram melhorados e isolados os vãos envidraçados (troca dos vidros simples por duplos), tendo sido revestidas as juntas das aberturas controlando-se a penetração de ar. Além disso, a cobertura foi alterada, tendo sido aplicado uma camada de 20 cm de lã mineral. Estima-se que com a implementação destas medidas a diminuição das necessidades energéticas seja de 31 kWh/m².ano (*CO₂OLBRICKS*, 2012).

Paralelamente, também o sistema de aquecimento foi alterado, passando a ser utilizado o chamado *district heating*, comum no norte e centro da Europa, e mais eficaz que o anterior sistema de aquecedores elétricos isolados, tendo sido isoladas as tubagens dos sistemas. No entanto, os resultados desta alteração, a nível energético, não são conhecidos, precisamente pelo sistema de aquecimento que era utilizado antes da reabilitação, com uso incomum e de difícil previsão (*CO₂OLBRICKS*, 2012).



Figura 12 - Edifício reabilitado em Hellerup, Copenhaga, Dinamarca (Fonte: *CO₂OLBRICKS*, 2012).

2.8.5. EUA

Tal como a União Europeia também os EUA se deparam com um cenário de dependência energética. Sendo que desde a década de 70, aquando da crise petrolífera, a conservação de energia e a eficiência energética têm desempenhado papel preponderante na política energética dos EUA (Dixon *et al.*, 2010). Afirmando-se como a forma economicamente mais eficaz de dar resposta à dependência energética e simultaneamente às emissões de gases de efeito de estufa (AIE, 2012).

As políticas de eficiência energética nos EUA passam pelos incentivos fiscais e pela estimulação económica dos programas, novos e existentes, que visem a eficiência energética. No ano de 2009 foram despendidos cerca de 30 mil milhões de dólares americanos no financiamento de tais programas, cinco vezes o valor que se havia investido em 2008 (AIE, 2012).

Para além dos incentivos públicos, denota-se o recurso a quatro medidas principais de estimulação do uso de tecnologia de eficiência energética em edifícios (Doris *et al.*, 2009):

- Legislação relativa à fase de projeto, que permite afetar a eficiência energética a longo prazo;

- Imposição de requisitos mínimos de eficiência energética nas componentes dos edifícios;
- Criação de sistemas de certificação e de informação do consumidor, que lhe permite saber os valores dos consumos energéticos dos edifícios;
- Aposta na investigação e desenvolvimento, por exemplo em tecnologias necessárias para se atingir edifícios com consumo quase nulo de energia a preços competitivos.

Em 2006, foi iniciada a reabilitação energética de uma moradia típica americana (*foursquare*), construída em 1915 (Figura 13). A arquitetura desta moradia, tal como as demais deste tipo, é composta por quadrados quase perfeitos, com dois pisos, e com a cobertura em forma piramidal. Em cada compartimento há pelo menos dois envidraçados em pelo menos dois lados da habitação, o que propicia a iluminação natural e a ventilação natural em todos os compartimentos (Pettit, 2009).

A área total da habitação é de pouco mais de 330 m², sendo que a intervenção da reabilitação é feita em apenas 190 m². A área não reabilitada é referente à cave e à varanda com ligação ao exterior, uma vez que se tratam de espaços não climatizados (Pettit, 2009).

A reabilitação teve o custo total de 300 mil dólares americanos, consistindo na melhoria da envolvente da habitação, em termos de isolamento térmico e na criação de uma barreira à penetração de ar e na melhoria dos equipamentos da habitação (iluminação, ventilação com recuperador de calor, e aquecedor ambiente e de água), resultando numa redução de 54% do consumo energético da habitação (Pettit, 2009).



Figura 13 - Habitação unifamiliar americana, pós-reabilitação (Fonte: Pettit, 2009).

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

3. METODOLOGIA

A identificação e caracterização das medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável no parque habitacional unifamiliar português, objetivo da dissertação, têm por base a metodologia definida na Comunicação n° 115/01/2012 da Comissão Europeia que complementa o Regulamento Delegado n° 244/2012.

Resumidamente, esta metodologia assenta nos seguintes pontos:

- Estabelecimento de edifícios de referência;
- Identificação de medidas de eficiência energética, de medidas baseadas nas fontes de energia renovável ou de pacotes/variantes dessas medidas para cada edifício de referência;
- Cálculo das necessidades de energia primária resultante da aplicação de medidas e pacotes de medidas a um edifício de referência;
- Cálculo do custo global em termos de valor atual líquido para cada edifício de referência;
- Determinação de um nível ótimo de rentabilidade do desempenho energético para cada edifício de referência.

3.1. Edifícios de referência

Para o estudo da implementação de medidas de eficiência energética no parque habitacional português, é necessário, em primeiro lugar, seleccionar os edifícios em que se procederá a tal estudo.

Efetivamente é necessário efetuar a caracterização do parque habitacional condensando-o no menor número possível de edifícios representativos, tornando assim o seu estudo viável (Regulamento Delegado nº 244/2012/CE).

A abordagem feita no capítulo anterior, além de muito simplificada, não aborda as principais componentes de forma a ser feita uma caracterização termo-energética do parque habitacional português, pelo que é necessário outro tipo de caracterização, que incida sobre todos os parâmetros com influência no consumo energético de uma habitação.

A certificação energética levada a cabo pela ADENE, em mais de cem mil edifícios residenciais até ao momento, permitiu uma recolha das características dos edifícios. Tal recolha possibilita a caracterização energética desses edifícios, que representam, pela sua extensão, uma boa amostra do parque habitacional português.

A referida caracterização do parque habitacional construído é feita para dois tipos de edifícios de habitação, edifícios multifamiliares e unifamiliares, sendo o foco do presente trabalho dirigido unicamente aos unifamiliares.

3.2. Medidas de eficiência energética

As medidas de eficiência energética a aplicar na reabilitação dos edifícios em estudo não têm que ser obrigatoriamente as de uso corrente, uma vez que o que é convencionalmente utilizado nem sempre se revela como sendo o mais eficiente. Sendo que os critérios de seleção das medidas de reabilitação energética para o presente trabalho prendem-se apenas com as suas características térmicas e o seu custo.

No entanto, foi tido em consideração o facto de que as medidas de eficiência energética se destinam a aplicação em edifícios que caracterizam o parque habitacional português, pelo que as medidas utilizadas devem estar acessíveis à generalidade dos construtores no país. Tendo em conta este facto, põem-se de parte quaisquer medidas/produtos destinados apenas a uma determinada localização ou a um determinado período de tempo (caso de promoções sazonais).

Tendo o referido em conta, a seleção das medidas de eficiência energética procedeu-se da seguinte forma:

- Pesquisa de soluções de melhoria aplicáveis ao estudo, e recolha da informação relevante (características energéticas, custo, modo de aplicação, etc.);
- Seleção das medidas que apresentam melhor rácio entre as características energéticas e o seu custo. Por exemplo, para isolamentos opta-se, independentemente do material, do fabricante ou da espessura, pelos que apresentam a maior resistência térmica a menor custo.

Com efeito, as medidas testadas na reabilitação energética dos edifícios de referência foram obtidas, na sua maioria, no *website* geradordepreços.info da autoria da *Cype Ingenieros*. Neste *website* encontra-se armazenada uma extensa lista com a descrição dos materiais, sistemas, processos e utensílios mais utilizados na construção de obras novas e reabilitação em Portugal, bem como os respetivos preços e empresas fornecedoras (consultar Figura 14).

Nesta base de dados é possível obter uma explicação detalhada dos processos, materiais e mão-de-obra que envolve a aplicação de cada medida. Na Figura 15 encontra-se representado um exemplo da descrição dos materiais e processos que envolvem um produto em específico (isolamento pelo exterior).

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

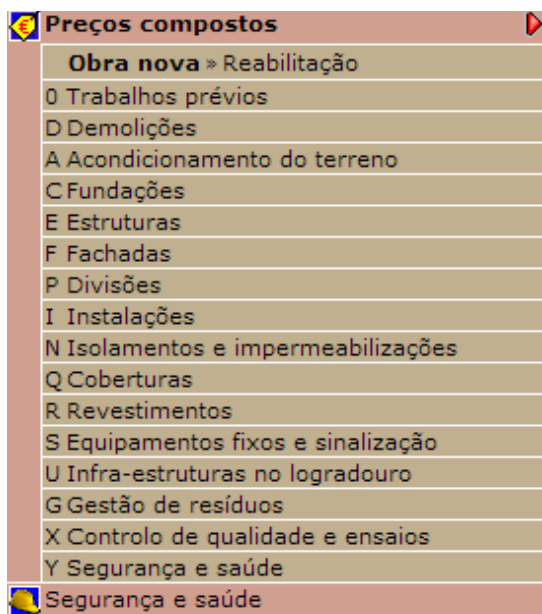


Figura 14 – Menu da base de dados da *Cype* (Fonte: geradordeprecos.info).

Isolamento térmico e revestimento mineral de fachadas, pela sua face exterior, com o sistema weber.therm Mineral "WEBER CEMARKSA", formado por uma camada de argamassa termo-isolante weber.therm Aislone "WEBER CEMARKSA", de 20 mm de espessura, e uma camada de argamassa monomassa Weber.pral Terra "WEBER CEMARKSA", acabamento rústico afagado, cor Polar, de 10 mm de espessura.					
Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt28maw010	kg	Argamassa termo-isolante weber.therm Aislone "WEBER CEMARKSA", composta de aglomerantes hidráulicos, cargas minerais, aligeirantes, fibras de vidro de alta dispersão e aditivos especiais.	5,000	1,50	7,50
mt28mon030	m	Bite de PVC.	0,750	0,35	0,26
mt28mon050	m	Perfil de PVC rígido para formação de arestas em revestimentos de argamassa monomassa.	1,250	0,37	0,46
mt28moc010k1a	kg	Argamassa monomassa Weber.pral Terra "WEBER CEMARKSA", acabamento rústico afagado, cor Polar, composto de cimento branco, cal, hidrófugos à base de siloxano, inertes de granulometria compensada, aditivos orgânicos e pigmentos minerais, tipo OC CSIII W2 segundo EN 998-1.	14,500	0,51	7,40
mo037	h	Oficial de 1ª rebocador.	0,355	16,08	5,71
mo074	h	Ajudante de rebocador.	0,355	15,62	5,55
mo102	h	Operário especializado rebocador.	0,237	15,33	3,63
	%	Meios auxiliares	2,000	30,51	0,61
	%	Custos indirectos	3,000	31,12	0,93
Custo de manutenção decenal: 1,60€ nos primeiros 10 anos.				Total:	32,05

Figura 15 - Descrição do processo/custos de aplicação de isolamento pelo exterior (Fonte: geradordeprecos.info).

Nos casos em que não foi possível encontrar os produtos desejados na base de dados referida anteriormente, procedeu-se à procura desses produtos em catálogos de acesso livre, tanto por pesquisa via *Web* ou por pedido junto de empresas.

Importa referir que, uma vez que a grande maioria dos produtos/sistemas utilizados foram obtidos com o recurso à base de dados da *Cype*, nas referências aos produtos que se seguem no resto do documento apenas se faz menção da sua origem caso não seja dessa mesma base de dados.

Antes de se proceder à aplicação de pacotes de medidas de reabilitação energética dos edifícios de referência procede-se à aplicação de um pacote de medidas de manutenção simples, de forma a haver a possibilidade de comparação da relação custo/benefício da aplicação do pacote sem reabilitação energética (reabilitação simples) com os pacotes de reabilitação energética.

Como tal, é necessário sustentar tal solução de manutenção em certos pressupostos, como:

- As fachadas encontram-se degradadas, precisando de reparação e pintura;
- A telha existente na cobertura encontra-se em mau estado, sendo necessária a sua substituição;
- A caixilharia dos vãos envidraçados necessita de tratamento e pintura;
- É necessário suprir a inexistência de sistema de aquecimento bem como a colocação de um esquentador novo para a preparação das águas quentes sanitárias.

Procede-se então ao levantamento dos custos associados às medidas de reabilitação que suprem tais necessidades (consultar Tabela 3).

Tabela 3 – Custo das medidas de reabilitação simples.

Medida	Investimento inicial	Manutenção anual
Reparação de fissuras nas fachadas (€/m ² de fachada)	29,69	0
Limpeza mecânica da fachada com jato de água (€/m ² de fachada)	14,62	0
Pintura da fachada (€/m ² de fachada)	13,00	2,28
Remoção da telha existente, com transporte para aterro (€/m ² de cobertura)	12,73	0
Substituição da telha existente (€/m ² de cobertura)	78,47	2,59
Preparação da caixilharia dos vãos envidraçados para pintura (€/m ² de envidraçado)	11,08	0,02
Pintura da caixilharia dos vãos envidraçados (€/m ² de envidraçado)	13,81	4,07
Aquecedor elétrico; PU 1,6 KW (€/unidade)	270,52	4,56
Esquentador a gás; PU 24,4 KW; η =87% (€/unidade)	639,34	60,74

3.3. Cálculo das necessidades energéticas – metodologia de cálculo do RCCTE

O cálculo das necessidades energéticas resultantes da aplicação dos pacotes de medidas de eficiência energética aos edifícios em estudo advém da aplicação da metodologia usada no RCCTE. Este regulamento baseia a sua metodologia na determinação de quatro índices:

- Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic});
- Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc});
- Necessidades nominais anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias (N_{ac});
- Necessidades globais de energia primária (N_{tc}).

Não obstante ao facto de a metodologia de cálculo usada ser a do referido regulamento, não se descartam pacotes de medidas do presente estudo pelo não cumprimento dos requisitos mínimos desse regulamento. Podendo o estudo de tais pacotes revelar-se interessante do ponto de vista académico, no entanto salvaguarda-se o facto de tais pacotes não poderem ser aplicados no edifício real por não obedecerem à legislação em vigor.

3.3.1. Parâmetros de caracterização térmica

O cálculo das necessidades energéticas, no âmbito do RCCTE, varia, essencialmente, em função de seis parâmetros: o coeficiente de transmissão térmica dos elementos opacos e não opacos da envolvente, o coeficiente de redução de perdas para os locais não climatizados, o coeficiente de transmissão térmica linear, a inércia térmica linear interior, a taxa de renovação de ar e o fator solar dos envidraçados.

3.3.1.1. Coeficiente de transmissão térmica (U)

Segundo a definição constante no próprio RCCTE é a “quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa”, e é obtido pela expressão (1).

$$U = \frac{1}{R_{SI} + \sum_j R_j + R_{SE}} \quad (1)$$

Em que,

R_{SI} – resistência térmica superficial interior ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);

R_{SE} – resistência térmica superficial exterior ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);

R_j – resistência térmica da camada j ($m^2 \cdot ^\circ C/W$).

3.3.1.2. Coeficiente de redução de perdas para locais não climatizados (τ)

Como o valor da temperatura dos espaços não aquecidos se encontra entre os valores de temperatura interior e exterior (mais elevada que no exterior, mas mais baixa que no interior do espaço habitado) os valores das perdas térmicas através dos elementos de separação dos espaços climatizados dos não climatizados (envolvente interior) são afetados do coeficiente τ . O valor deste coeficiente é tanto menor quanto menor for a área de contacto do espaço não aquecido com o exterior, ou quanto maior for a área de contacto com o espaço climatizado. Os valores deste coeficiente encontram-se tabelados no RCCTE, e variam entre o zero e a unidade (consultar Figura 16).

Tipo de espaço não útil	$A_i/A_u(0)$		
	De 0 a 1	De 1 a 10	Maior que 10
1 – Circulação comum:			
1.1 – Sem abertura directa para o exterior	0,6	0,3	0
1.2 – Com abertura permanente para o exterior (por exemplo, para ventilação ou desenfumagem):			
a) Área de aberturas permanentes/volume total $< 0,05 m^2/m^3$	0,8	0,5	0,1
b) Área de aberturas permanentes/volume total $\geq 0,05 m^2/m^3$	0,9	0,7	0,3
2 – Espaços comerciais	0,8	0,6	0,2
3 – Edifícios adjacentes	0,6	0,6	0,6
4 – Armazéns	0,95	0,7	0,3
5 – Garagens:			
5.1 – Privada	0,8	0,5	0,3
5.2 – Colectiva	0,9	0,7	0,4
5.3 – Pública	0,95	0,8	0,5
6 – Varandas, marquises e similares ⁽²⁾	0,8	0,6	0,2
7 – Coberturas sobre desvão não habitado (acessível ou não) ⁽³⁾ :			
7.1 – Desvão não ventilado	0,8	0,6	0,4
7.2 – Desvão fracamente ventilado	0,9	0,7	0,5
7.3 – Desvão fortemente ventilado		1	

Figura 16 – Valores do coeficiente τ (Fonte: RCCTE, 2006).

3.3.1.3. Coeficiente de transmissão térmica linear (ψ)

As principais perdas térmicas que ocorrem nos pontos singulares da envolvente são contabilizadas individualmente através de coeficientes de transmissão térmica lineares, que expressam a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma intersecção de comprimento unitário, na envolvente de um edifício, por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que a envolvente separa.

Este coeficiente é disponibilizado, por defeito, no próprio RCCTE, e destina-se à contabilização das perdas térmicas nas seguintes intersecções:

- Contacto pavimentos térreos e de paredes (enterradas) com o terreno
- Ligação da fachada com os pavimentos térreos;
- Ligação da fachada com pavimentos sobre locais não climatizados ou exteriores;
- Ligação da fachada com pavimentos intermédios;
- Ligação da fachada com cobertura inclinada ou em terraço;
- Ligação da fachada com varanda;
- Ligação entre duas paredes verticais;
- Ligação da fachada com caixa de estore;
- Ligação da fachada com padieira, ombreira ou peitoril.

3.3.1.4. Inércia térmica interior (I_t)

É, segundo o RCCTE, função da capacidade de armazenamento e de restituição de calor que os locais apresentam e depende da massa superficial útil (M_{si}) por unidade de área útil de pavimento de cada um dos elementos de construção.

Por seu turno a massa superficial útil de cada elemento de construção é função da sua localização no edifício e da sua constituição (essencialmente posicionamento e características do isolamento térmico e do revestimento superficial).

O valor da inércia térmica interior pode ser obtido recorrendo à expressão (2). E em função do valor que assume o RCCTE define três classes de inércia térmica (consultar Tabela 4).

$$I_t = \frac{\sum M_{si} S_i}{A_p} \quad (2)$$

Em que,

M_{si} – massa superficial útil do elemento i (kg/m^2);

S_i – área de superfície interior do elemento i (m^2);

A_p – área útil de pavimento (m^2).

Tabela 4 – Classes de inércia térmica interior (Fonte: RCCTE, 2006).

Classe de inércia	I_t (kg/m^2)
Fraca	<150
Média	Entre 150 e 400
Forte	>400

3.3.1.5. Taxa de renovação de ar (Rph)

Número de renovações horárias do ar interior, que por razões de higiene e conforto dos ocupantes, a metodologia de cálculo proposta pelo RCCTE pressupõe que o edifício tem características construtivas ou dispositivos apropriados para garantirem, por ventilação natural ou mecânica, a taxa de renovação mínima de $0,6 \text{ h}^{-1}$.

Num edifício em que apenas há ventilação natural, a taxa de renovação de ar depende, essencialmente, da permeabilidade da envolvente ao ar, e da exposição do edifício ao vento. Sendo que a taxa se encontra tabelada no RCCTE em função dessas características.

Ao passo que nos edifícios em que há o recurso à ventilação mecânica a taxa de renovação do ar é obtida em função do volume de ar insuflado e extraído mecanicamente, e da renovação de ar natural, que mesmo existindo ventilação mecânica continua a existir, em maior ou menor quantidade.

3.3.1.6. Fator solar dos envidraçados (g_{\perp})

Valor que representa a relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado em relação à radiação solar incidente na direção normal ao envidraçado.

Para o efeito de cálculo segundo a metodologia preconizada pelo RCCTE este fator assume duas vertentes, de inverno e de verão. No fator solar de inverno considera-se apenas a utilização de cortinas muito transparentes, enquanto no fator solar de verão se considera que os dispositivos de sombreamento estão ativados em 70% do vão envidraçado, ou seja, resulta da ponderação do fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção totalmente ativos (70%) e do fator solar do vidro (30%).

3.3.2. Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic)

Este parâmetro exprime a quantidade de energia útil necessária para manter em permanência um edifício a uma temperatura interior de referência durante a estação de aquecimento, resulta dos balanços energéticos apresentados na Tabela 5 e pode ser obtido através da expressão (3).

Tabela 5 – Balanço energético das necessidades de aquecimento (Fonte: Camelo *et al.*, 2006).

Perdas	Transmissão	Envolvente exterior e envolvente interior
		Elementos em contacto com o solo
		Pontes térmicas lineares e planas
Ventilação	Natural ou mecânica	
Ganhos	Internos	Ocupantes, equipamentos e iluminação
	Solares	Vãos envidraçados

$$Nic = \frac{Q_t + Q_v - Q_{gu}}{Ap} \text{ [kWh/m}^2 \cdot \text{ano]} \quad (3)$$

Em que,

Q_t – perdas de calor por condução através da envolvente do edifício (4);

Q_v – perdas de calor resultantes da renovação de ar (5);

Q_{gu} – ganhos de calor úteis, resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos através dos envidraçados (6);

Ap – área útil de pavimento do edifício.

$$Q_t = Q_{ext} + Q_{ina} + Q_{pe} + Q_{pt} \quad (4)$$

Em que,

Q_{ext} – perdas de calor por condução através da envolvente do edifício em contacto com o exterior, função do seu coeficiente de transmissão térmica, U ;

Q_{ina} – perdas de calor por condução através da envolvente do edifício em contacto com os espaços não aquecidos, função do seu coeficiente de transmissão térmica, U , e do coeficiente de redução de perdas para locais não climatizados, τ ;

Q_{pe} – perdas de calor por condução através da envolvente do edifício em contacto com o solo, função do coeficiente de transmissão térmica linear correspondente, ψ ;

Q_{pt} – perdas de calor por condução através das pontes térmicas lineares do edifício, função do coeficiente de transmissão térmica linear, ψ .

$$Q_v = 0,024 \cdot (0,34 \cdot Rph \cdot Ap \cdot Pd) \cdot GD \cdot (1 - \eta) + Ev$$

(5)

Em que,

P_d – pé-direito médio interior do edifício (m);

GD – número de graus-dias da localidade em que o edifício se situa ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia}$);

η – rendimento do sistema de recuperação de calor, caso não exista assume o valor de zero (adimensional);

E_v – valor médio da energia elétrica consumida pelo eventual sistema mecânico de ventilação, caso não exista iguala-se a zero (kWh).

$$Q_{gu} = \eta \times Q_g \quad (6)$$

Em que,

η – fator de utilização dos ganhos térmicos, função da inércia térmica e da relação entre os ganhos totais brutos e as perdas térmicas (adimensional);

Q_g – ganhos térmicos totais brutos, função dos ganhos solares pelos envidraçados (fator solar) e dos ganhos internos;

3.3.3. Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc)

Este parâmetro traduz a quantidade de energia útil necessária para manter um edifício a uma temperatura interior de referência, de forma permanente, durante a estação de arrefecimento. Resultando do balanço energético apresentado na Tabela 6 e podendo ser calculado pela expressão (7).

Tabela 6 – Balanço energético das necessidades de arrefecimento (Fonte: Camelo *et al.*, 2006).

Perdas	Transmissão	Envolvente exterior
	Ventilação	Natural ou mecânica
Ganhos	Internos	Ocupantes, equipamentos e iluminação
	Solares	Vãos envidraçados exteriores
		Elementos opacos exteriores

$$Nvc = \frac{Q_g \cdot (1 - \eta)}{Ap} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (7)$$

Em que,

Q_g – balanço entre ganhos e perdas térmicas do edifício (8);

$(1-\eta)$ – fator de utilização dos ganhos solares e internos na estação de arrefecimento (adimensional).

$$Q_g = Q_i + Q_s + Q_{opaco} \quad (8)$$

Em que,

Q_i – ganhos internos;

Q_s – ganhos solares através dos vãos envidraçados, função, essencialmente, do fator solar;

Q_{opaco} – ganhos solares através da envolvente opaca, função do coeficiente de transmissão térmica.

3.3.4. Necessidades nominais anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias (Nac)

Parâmetro que indica a quantidade de energia útil necessária para aquecer o consumo médio anual de referência de águas quentes sanitárias a uma temperatura de 60°C. Este parâmetro pode ser obtido aplicando a expressão (9).

$$Nac = \frac{Q_a - E_{solar} - E_{ren}}{\eta_a \cdot Ap} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (9)$$

Em que,

Q_a – energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS, depende, essencialmente, do número convencional de ocupantes do edifício;

η_a – eficiência de conversão dos sistemas convencionais de preparação de AQS;

E_{solar} – contribuição dos sistemas de coletores solares para o aquecimento de AQS;

E_{ren} – contribuição de outras formas de energias renováveis (solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, etc.) para a preparação de AQS;

3.3.5. Necessidades globais de energia primária (Ntc)

Segundo a metodologia de cálculo preconizada pelo RCCTE as necessidades nominais de energia para aquecimento (Nic), arrefecimento (Nvc) e preparação de águas quentes sanitárias (Nac) são convertidas em energia primária em função das formas de energia final utilizadas para cada uma das funções com base na expressão (10), onde se verifica que, tanto as necessidades de aquecimento com as de arrefecimento, apenas são contabilizadas

em 10%, ou seja, considera-se a utilização dos equipamentos de climatização numa média diária de pouco mais de 2h.

$$Ntc = 0,1 \times \frac{Nic}{\eta_i} \times F_{pui} + 0,1 \times \frac{Nvc}{\eta_v} \times F_{puv} + Nac \times F_{pua} \quad [\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}]$$

(10)

Em que,

η_i – eficiência nominal dos equipamentos de aquecimento (adimensional);

η_v – eficiência nominal dos equipamentos de arrefecimento (adimensional);

F_{pu} – fator de conversão de energia útil para energia primária (kgep/kWh).

Os fatores de conversão de energia útil para energia primária dependem da fonte de energia utilizada (consultar Tabela 7).

Tabela 7 – Fatores de conversão de energia útil em energia primária, kWh-kgep (Fonte: RCCTE, 2006).

Fonte de energia	Fator de conversão, F_{pu} (kgep/kWh)
Eletricidade	0,290
Combustível sólido, líquido e gasoso	0,086

Contudo, no presente estudo optou-se pelo cálculo das necessidades globais de energia primária na mesma unidade das restantes necessidades (Nic , Nvc e Nac), ou seja, em kWh/m².ano. Para tal consideram-se os fatores de conversão constantes da proposta de revisão do RCCTE (consultar Tabela 8).

Tabela 8 - Fatores de conversão de energia útil em energia primária, kWh-kWh (Fonte: proposta de revisão do RCCTE).

Fonte de energia	Fator de conversão, F_{pu} (-)
Eletricidade	2,5
Combustível sólido, líquido e gasoso	1,0

Também na consideração do tempo de uso dos sistemas de aquecimento e arrefecimento se optou por uma solução distinta da do RCCTE, consideram-se 100% das necessidades

nominais de aquecimento e arrefecimento para o cálculo das necessidades globais de energia útil, assim considera-se o uso dos sistemas de climatização sempre que necessários. Esta assunção vai de encontro ao que é praticado atualmente nos regulamentos comunitários, e também deverá ser prática corrente em Portugal com a introdução de nova legislação (Diretiva 2010/31/UE).

3.3.6. Sistema de certificação energética

A certificação energética dos edifícios residenciais é levada a cabo, em Portugal, pela ADENE e passa pela atribuição de uma classificação em função do desempenho energético dos edifícios. Concretamente, esta classificação é feita em função dos parâmetros Ntc, referido anteriormente, e Nt, que, no âmbito da aplicação do RCCTE, é o valor máximo que Ntc pode assumir.

Com efeito, esta classificação é feita numa escala de 9 classes, A+, A, B, B-, C, D, E, F e G, em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe G a um edifício de pior desempenho energético.

3.4. Cálculo dos custos do ciclo de vida

Neste estudo abordam-se os custos do ciclo de vida dos edifícios sob duas vertentes distintas, os custos do ponto de vista privado e os custos do ponto de vista social, integrando esta última os custos ambientais decorrentes do consumo de energia, considerando o custo das emissões de gases com efeito de estufa. Em específico, a diferença entre as duas vertentes de cálculo prende-se, por um lado, com o facto de na vertente privada se considerar os custos de venda ao público dos produtos, ou seja, com a aplicação do IVA, e, por outro lado, se considerar os custos das emissões de gases com efeito de estufa na vertente social.

Em ambas as vertentes, social ou privada, os custos considerados são relativos ao investimento inicial, à soma dos custos anuais relativos a cada ano, ou seja, relativos à manutenção e utilização do edifício. Na Figura 17 é possível observar a definição dos custos associados ao custo global.

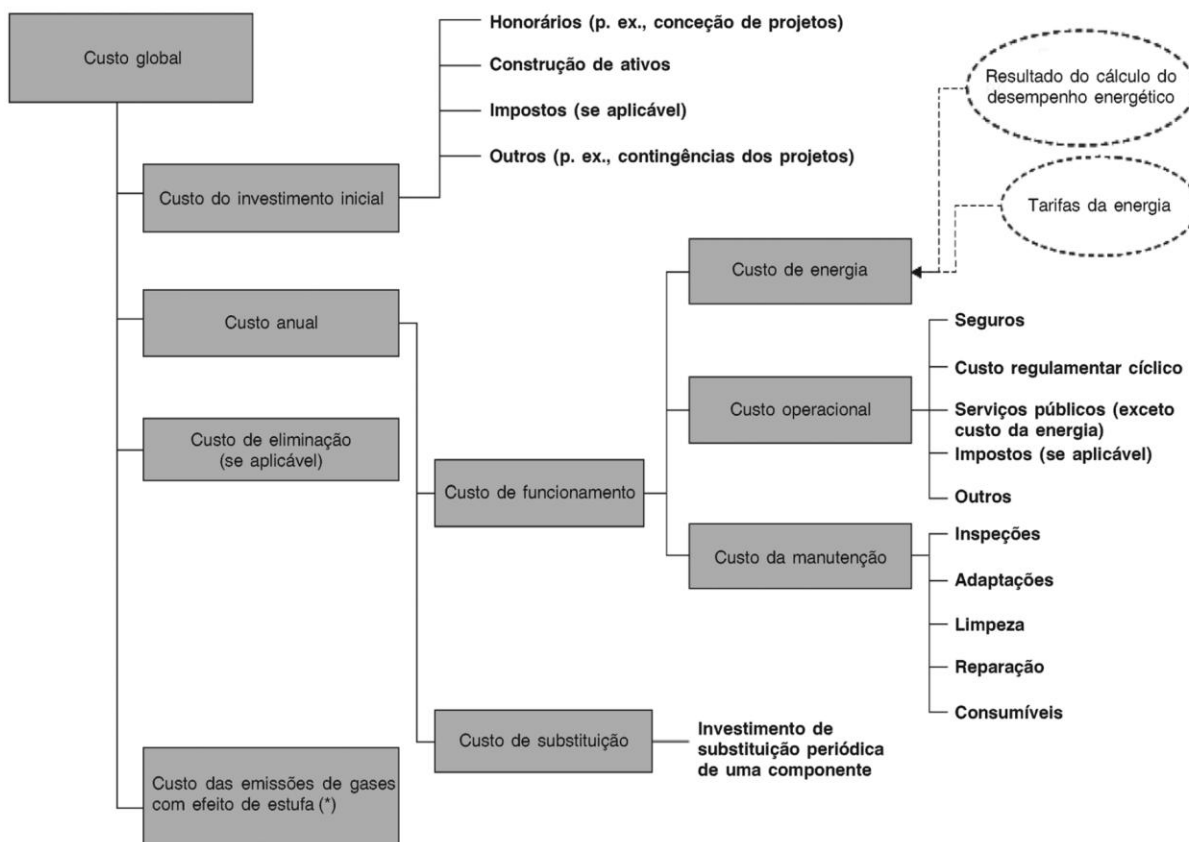


Figura 17 – Categorização dos custos (Fonte: Comunicação nº 2012/115/01/CE).

3.4.1. Custo de investimento inicial

O custo de investimento inicial é o definido para cada um dos produtos/materiais citados anteriormente (consultar ponto 3.2 e 4.3 deste documento). Contudo, no que aos cálculos dos custos privados concerne, a estes preços deve-se juntar a contribuição do Imposto de Valor Acrescentado em vigor, de 23%.

3.4.2. Custo anual

Como se pode concluir pela observação da Figura 17, o custo anual compreende:

- Custos de funcionamento, ou seja, os custos de consumo de energia, os custos operacionais (relacionados com seguros, impostos, etc.) e os custos de manutenção (inspecções, adaptações, limpeza, reparações, etc.);
- Custos de substituição periódica dos produtos/equipamentos.

No Regulamento Delegado nº 244/2012 da União Europeia é indicada a necessidade de se considerar uma taxa de desconto nos cálculos dos custos anuais, sendo feita a sugestão do valor de 3% na vertente social. Na vertente privada é utilizado o valor de 6% (BPIE, 2013)

3.4.2.1. Custo de funcionamento

Relativamente aos custos de funcionamento é necessário considerar as tarifas da energia em vigor atualmente assim como as previsões de crescimento anuais dessas tarifas. Estas tarifas servirão para ser aplicadas nas necessidades energéticas do edifício em cada um dos anos da sua vida útil.

Na Tabela 9 apresentam-se as tarifas das diferentes fontes de energia consideradas para o cálculo dos custos associados às necessidades do edifício do ponto de vista social. Para se obter as tarifas para os privados adiciona-se a contribuição do IVA (23%).

Tabela 9 – Tarifas da eletricidade, gás natural e pellets.

	Eletricidade (EU <i>trends</i> , 2009)	Gás natural (IEA, 2011)	Pellets (Barros, 2013)
Tarifa (€)	0,1045	0,0606	0,055

As tarifas apresentadas na Tabela 9 seriam as aplicadas ao consumo do ano ao qual se referem, no entanto há a considerar todos os anos de vida útil do edifício, aplicando-se para tal as taxas de crescimento anual da Tabela 10, referentes a previsões para a eletricidade e gás natural, enquanto ao preço dos pellets se aplica uma taxa de crescimento uniforme de 2% (Cerdeira, 2011).

Tabela 10 – Taxas de crescimento anual da eletricidade e do gás.

Ano	Taxa de crescimento anual da eletricidade (EU trends, 2009)	Taxa de crescimento anual do gás natural (IEA, 2011)
0	2,56%	5,2%
1	2,50%	4,9%
2	1,95%	2,4%
3	1,91%	2,4%
4	1,88%	2,3%
5	1,84%	2,3%
6	1,81%	2,2%
7	1,22%	1,6%
8	1,21%	1,6%
9	1,19%	1,6%
10	1,18%	1,6%
11	1,17%	1,5%
12	0,10%	1,2%
13	0,10%	1,2%
14	0,10%	1,1%
15	0,10%	1,1%
16	0,10%	1,1%
17	-0,75%	0,6%
18	-0,76%	0,6%
19	-0,76%	0,6%
20	-0,77%	0,6%
21	-0,77%	0,6%
22	-0,78%	0,6%
23	-0,79%	0,6%
24	-0,79%	0,6%
25	-0,80%	0,6%
26	-0,80%	0,6%
27	-0,81%	0,6%
28	-0,82%	0,6%
29	-0,82%	0,6%

Dos custos de funcionamento resta mencionar os custos operacionais e os custos de manutenção. Os custos operacionais dizem respeito aos impostos de fornecimento do gás, nomeadamente o termo tarifário fixo em que se paga 0,182 € por cada dia de fornecimento

e a taxa de ocupação do solo de 1,24 € mensais, e só se contabilizam na vertente privada. Os custos de manutenção são relativos a cada componente. No cálculo de manutenção do ponto de vista privado tem que se aplicar a taxa do IVA em vigor.

3.4.2.2. Custo de substituição

Os custos de substituição periódica dos componentes apenas englobam as substituições previstas dos equipamentos aquando do início da reabilitação, ou seja, que por se atingir o tempo de vida útil do componente se procede à sua substituição. Custos relacionados com a substituição de componentes devido a problemas de funcionamento ou avarias, são contabilizados nos custos de manutenção.

Com efeito, estes custos são contabilizados tendo em consideração que o tempo de vida útil da reabilitação é de 30 anos e que o tempo de vida útil dos componentes é o seguinte:

- Isolamentos ou sistemas compostos de isolamento – 30 anos;
- Sistemas de climatização, de preparação de AQS e de produção/utilização de energia renovável – 20 anos.

Denota-se portanto que apenas os equipamentos de climatização, de preparação de AQS e de produção/utilização de energia renovável necessitam de substituição ao fim de 20 anos, período a partir do qual se utilizam os novos equipamentos com vida útil para 20 anos. Pelo que, ao fim do período de vida útil da reabilitação, teoricamente, os equipamentos substituídos têm mais 10 anos de período de vida útil, devendo-se amortizar aos custos de substituição metade do valor dos equipamentos substituídos (valor residual).

3.4.3. Custo das emissões de gases com efeito de estufa

Os custos das emissões de gases com efeito de estufa são contabilizados na vertente social e são tanto maiores quanto o consumo de energia primária do edifício. O seu cálculo pode ser expresso pela expressão (11), devendo também neste caso aplicar-se a taxa de desconto de 3% ao ano.

$$CE_i = (Nic + Nvc + Nac - E_{ren}) \times F_{CO_2} \times C_{CO_2,i} \quad (11)$$

Em que,

CE_i – custo das emissões de gases com efeito de estufa no ano i (€);

E_{ren} – contribuição de energia renovável em energia primária (kWh);

F_{CO_2} – fator de conversão da energia primária em tonelada de CO₂ ($3,7 \times 10^{-4}$);

$C_{CO_2,i}$ – Custo da tonelada de CO₂-equivalente (€/tonelada equivalente de CO₂)

O custo da tonelada de CO₂-equivalente é de 20 € até 2025, de 35 € até 2030 e de 50 € após 2030 (Comunicação nº 2012/115/01/CE).

3.5. Nível ótimo de rentabilidade

Obtidas as necessidades nominais de energia primária e os custos globais de cada pacote de medidas aplicado aos edifícios de referência é possível elaborar gráficos por edifício que descrevem a utilização de energia primária em função dos custos globais ou das emissões de gases com efeito de estufa como o apresentado na Figura 18 e na Figura 19. Pela observação da Figura 18 constata-se que o intervalo de rentabilidade ótima engloba os pacotes de medidas que apresentam menores custos globais, enquanto na Figura 19 se representa o nível ótimo de rentabilidade ou custo ótimo, sendo esse o nível de desempenho energético que leva ao mais baixo custo ao longo do ciclo de vida económico estimado.

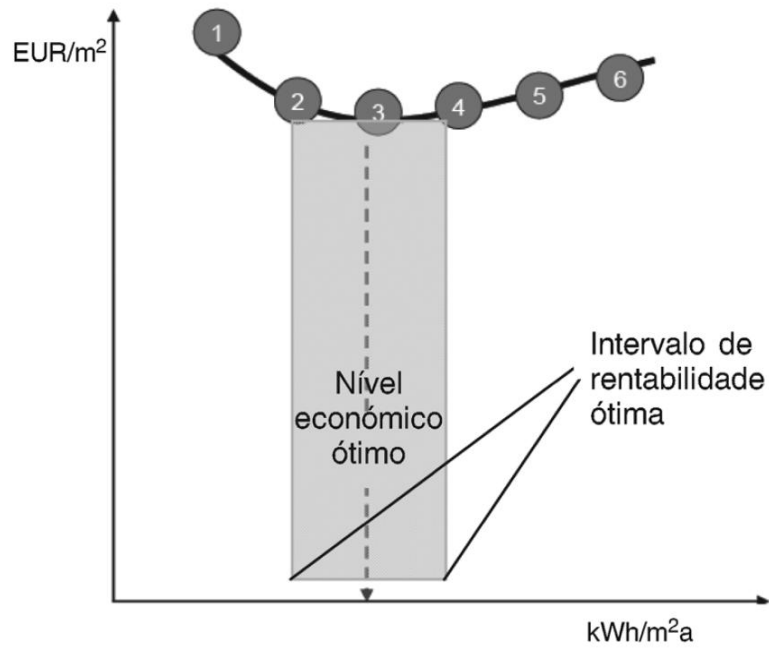


Figura 18 – Exemplo de gráfico (custo/energia) resultante da aplicação de medidas de eficiência energética a um edifício, com identificação do nível de rentabilidade ótimo (Fonte: Comunicação 2012/115/1/CE).

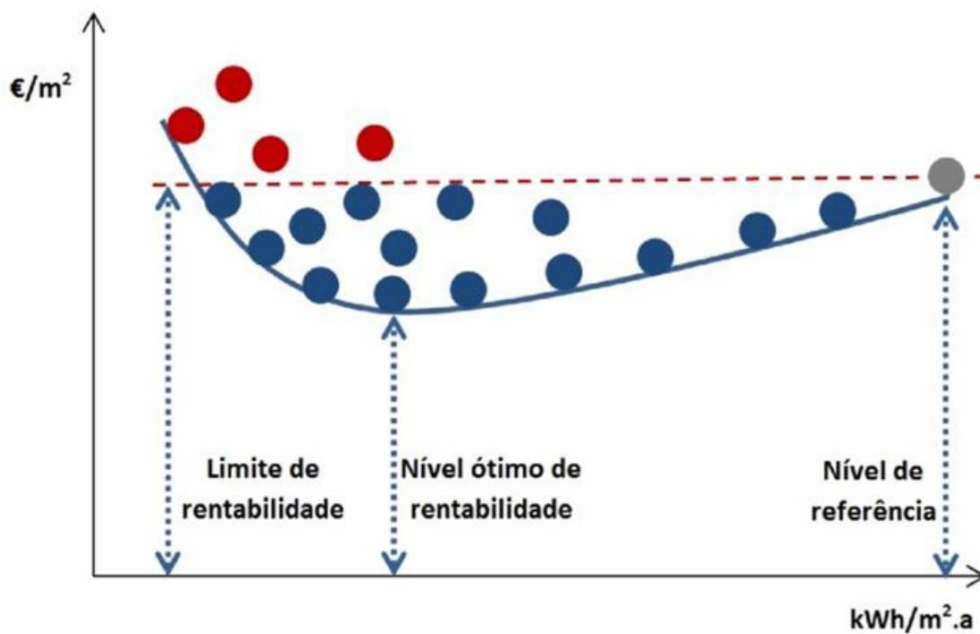


Figura 19 – Relação entre rentabilidade positiva e nível ótimo de rentabilidade (Fonte: Almeida, Ferreira e Rodrigues, 2013).

Na Figura 20 representa-se um exemplo de um gráfico com a discriminação dos custos de cada pacote de medida.

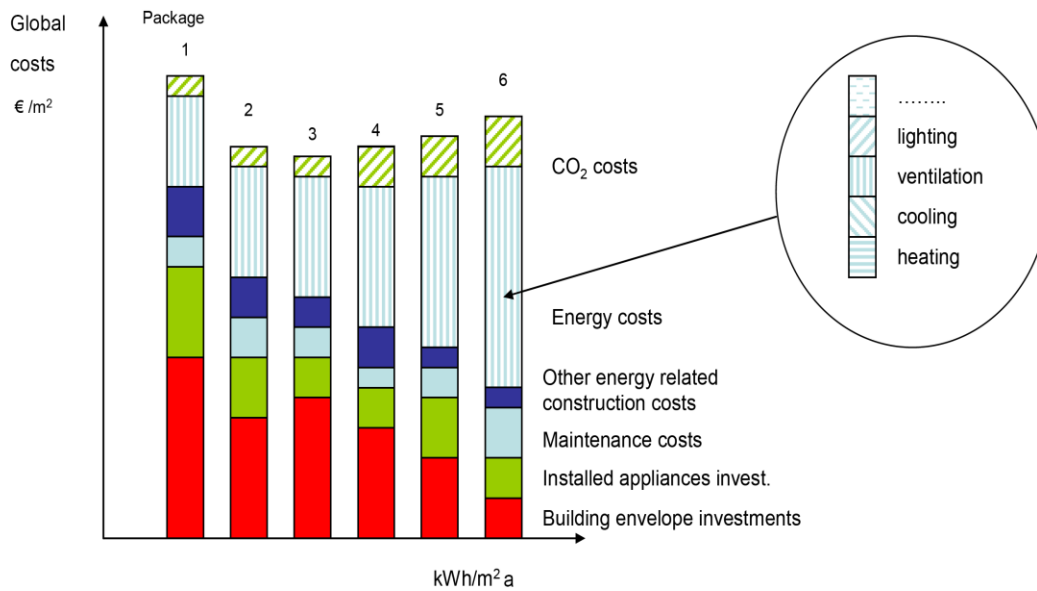


Figura 20 - Exemplo dos custos que compõem os pacotes de medidas de melhoria (Fonte: *Cost optimal building performance requirements*, 2011).

CAPÍTULO 4

4. EDIFÍCIOS DE REFERÊNCIA E MEDIDAS DE REABILITAÇÃO

Neste capítulo começa por se expor a caracterização pormenorizada dos edifícios de referência para este estudo, decorrentes da base de dados da ADENE e assumidos como caracterizadores do parque habitacional unifamiliar português. Após o que se expõe as medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável utilizadas.

4.1. Caracterização dos edifícios de referência

Os edifícios habitacionais unifamiliares são separados em três edifícios de referência em função do ano de construção. O edifício de referência ao qual, em menções futuras, será dado o nome de edifício de referência 1 ou apenas edifício 1, compreende as características dos edifícios construídos até ao ano de 1960. O segundo edifício de referência (edifício 2) serve de tal para os edifícios construídos entre 1961 e 1990. O edifício 3 faz a caracterização dos edifícios do parque habitacional construídos entre 1991 e a atualidade.

A configuração de cada um dos edifícios de referência pode ser consultada na Tabela 11, na qual é possível constatar que apenas o edifício 1 é da tipologia T2, enquanto o edifício 2 e 3 são da tipologia T3. Quanto ao número de pisos, apenas o edifício 3 tem dois, os restantes tem apenas um. No que respeita à existência de desvão na cobertura e de cave, verifica-se que existem nos três edifícios.

Importa ainda salientar que tanto o desvão como a cave se desenvolvem em toda a área de cobertura ou pavimento do edifício em questão.

Tabela 11 - Configuração dos edifícios de referência.

	Edifício 1	Edifício 2	Edifício 3
Tipologia	T2	T3	T3
Número de pisos	1	1	2
Número de frentes	4	4	4
Cobertura com desvão?	Sim	Sim	Sim
Cave?	Sim	Sim	Sim

O levantamento dimensional, que pode ser consultado na Tabela 12, inclui a área de cobertura e o correspondente coeficiente de redução de perdas para o desvão adjacente, a área de pavimento e coeficiente de redução de perdas para a cave, a área da envolvente horizontal opaca, dos envidraçados exteriores e da área útil de pavimento dos edifícios.

Tabela 12 – Levantamento dimensional dos edifícios de referência.

	Edifício	1	2	3
	Área útil de pavimento	80	100	155
	Pé-direito (m)	2,7	2,7	2,6
Cobertura	Área (m ²)	80	100	77,5
	τ (-)	1	1	1
Pavimento	Área (m ²)	80	100	77,5
	τ (-)	0,8	0,8	0,8
Paredes exteriores	Área (m ²)	84,55	93	152,04
	Área por frente (m ²)	21,14	23,25	38,01
Envidraçados exteriores	Área (m ²)	12	15	31
	Área por frente (m ²)	3	3,75	7,75

A tipificação das soluções construtivas da envolvente exterior e interior (em contacto com os espaços não climatizados) dos edifícios de referência, bem como os correspondentes coeficientes de transmissão térmica e os fatores de caracterização térmica dos envidraçados podem ser consultados na Tabela 13, na Tabela 14 e na Tabela 15, referentes ao edifício 1, edifício 2 e edifício 3, respetivamente.

Tabela 13 – Caracterização da envolvente do edifício 1.

		Edifício 1
Parede	Solução Construtiva	Parede de alvenaria ordinária de pedra, rebocada em ambas as faces, com espaçamento de 50 cm
	U (w/m ² °C)	2,0
Cobertura	Solução Construtiva	Cobertura inclinada revestida com telha cerâmica, laje aligeirada de bloco cerâmico com espessura de 15 cm e revestimento do teto de 2 cm em estuque
	U (w/m ² °C)	2,8
Pavimento	Solução Construtiva	Revestimento em ladrilho, 4 cm de betonilha, laje aligeirada de 15 cm e revestimento de teto com 2 cm em reboco
	U (w/m ² °C)	2,1
PTP		Sem PTP
Envidraçados	Caixilharia	Madeira
	Tipo de vidro	Simplex corrente
	U (w/m ² °C)	5,1
	g [±] vidro (-)	0,85
	Proteção solar	Cortina transparente clara
	g [±] 100% (-)	0,38
	Fg (-)	0,65
	Obstruções (°)	20

Tabela 14 - Caracterização da envolvente do edifício 2.

		Edifício 2
Parede	Solução Construtiva	Parede simples de alvenaria de tijolo furado de 22, rebocada em ambas as faces, com espessura de 26 cm
	U (w/m ² °C)	1,76
Cobertura	Solução Construtiva	Cobertura inclinada revestida com telha cerâmica, laje aligeirada de bloco cerâmico com espessura de 15 cm e revestimento do teto do 2cm em estuque
	U (w/m ² °C)	2,8
Pavimento	Solução Construtiva	Revestimento em ladrilho, 4 cm de betonilha, laje aligeirada de 15 cm e revestimento do teto com 2 cm em reboco
	U (w/m ² °C)	2,1
PTP	U (w/m ² °C)	Majoração de 35% na envolvente opaca
Envidraçados	Caixilharia	Metálica
	Tipo de vidro	Simplex corrente
	U (w/m ² °C)	4,1
	g ⁺ vidro (-)	0,85
	Proteção solar	Portadas opacas interiores claras
	g ⁻ 100% (-)	0,30
	Fg (-)	0,70
	Obstruções (°)	20

Tabela 15 - Caracterização da envolvente do edifício 3.

		Edifício 3
Parede	Solução Construtiva	Parede dupla de alvenaria de tijolo furado 11+11, com 3 cm de XPS, rebocada em ambas as faces, com espessura de 30 cm
	U (w/m ² °C)	0,92
Cobertura	Solução Construtiva	Cobertura inclinada revestida com telha cerâmica, com 3cm de XPS, laje aligeirada de blocos cerâmico de 15 cm e revestimento do teto com 2cm em estuque
	U (w/m ² °C)	0,94
Pavimento	Solução Construtiva	Revestimento em ladrilho, 4 cm de betonilha, 3 cm de XPS, laje aligeirada de 15 cm e revestimento do teto com 2 cm em reboco
	U (w/m ² °C)	0,78
PTP	U (w/m ² °C)	Majoração de 35% na envolvente opaca
Envidraçados	Caixilharia	Metálica
	Tipo de vidro	Duplo corrente
	U (w/m ² °C)	3,1
	g ⁺ -vidro (-)	0,75
	Proteção solar	Persianas plásticas exteriores claras
	g ⁺ -100% (-)	0,04
	Fg (-)	0,70
	Obstruções (°)	20

Para finalizar a caracterização térmica da envolvente dos edifícios de referência resta a consideração das pontes térmicas lineares, parte importante na contabilização da transferência de calor num edifício (consultar Tabela 16).

Tabela 16 - Caracterização das pontes térmicas lineares.

		Edifício 1	Edifício 2	Edifício 3
Fachada com pavimentos térreos	L (m)	0	0	0
	Ψ (W/m°C)	-	-	-
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	L (m)	35,76	40	35,2
	Ψ (W/m°C)	0,7	0,7	0,35
Fachada com pavimento de nível intermédio	L (m)	0	0	70,4
	Ψ (W/m°C)	-	-	0,5
Fachada com varanda	L (m)	0	0	0
	Ψ (W/m°C)	-	-	-
Fachada com cobertura	L (m)	40	40	35,2
	Ψ (W/m°C)	0,7	0,7	1
Duas paredes verticais em ângulo saliente	L (m)	10,8	10,8	20,8
	Ψ (W/m°C)	0,5	0,5	0,5
Fachada com caixilharia	L (m)	50	50	103,33
	Ψ (W/m°C)	0,25	0,25	0,25
Zona da caixa de estores	L (m)	0	0	25,83
	Ψ (W/m°C)	-	-	0,3

Relativamente aos sistemas de climatização e de produção/utilização de energia renovável, tal resumido na Tabela 17, em nenhum dos edifícios de referência existem sistemas de climatização ou de produção/utilização de energia renovável. O mesmo acontece com a renovação do ar, que é assegurada de forma natural, estando as suas características explanadas na Tabela 18.

No que se refere aos sistemas de preparação das águas quentes sanitárias, tal como se pode constatar pela observação da Tabela 17, recorre-se ao esquentador nos três edifícios de referência.

Tabela 17 – Caracterização dos sistemas dos edifícios de referência.

	Edifício 1	Edifício 2	Edifício 3
Coletores solares térmicos	Não instalado	Não instalado	Não instalado
Sistema de AQS	Esquentador	Esquentador	Esquentador
Sistema de aquecimento	Não instalado	Não instalado	Não instalado
Sistema de arrefecimento	Não instalado	Não instalado	Não instalado

Tabela 18 - Caracterização da renovação de ar nos edifícios de referência.

	Edifício 1	Edifício 2	Edifício 3
Natural/Mecânica	Natural	Natural	Natural
Rph (h⁻¹)	0,6	0,6	0,6

4.2. Medidas de eficiência energética

No presente subcapítulo abordam-se as medidas de eficiência energética utilizadas neste estudo, nomeadamente as soluções de intervenção na envolvente dos edifícios e os sistemas de climatização e de AQS. Salienta-se, novamente, que a não referência da origem da informação dos materiais apresentados pressupõe que esta foi obtida na base de dados da *Cype* (disponível em geradordeprecos.info).

4.2.1. Isolamento das paredes exteriores

Como visto anteriormente, nos edifícios de referência a reabilitar apenas o edifício 3 tem parede dupla com isolamento na caixa-de-ar, os restantes têm parede simples (um único pano) sem isolamento.

Neste sentido, as soluções de isolamento a adotar para as paredes exteriores destes edifícios devem ser aplicadas pelo exterior ou pelo interior da parede. Há ainda a possibilidade de injetar uma massa de isolante na caixa-de-ar de paredes duplas existentes, no entanto no caso do edifício 3 não há espaço livre na caixa-de-ar para se executar tal procedimento.

As soluções de isolamento térmico para as paredes exteriores foram obtidas no gerador de preços da *Cype*, e apresentam-se na Tabela 19 e na Tabela 20, referentes aos isolamentos de aplicação pelo exterior e pelo interior, respetivamente.

Da aplicação de isolamento, seja pelo exterior ou pelo interior, decorrem medidas que têm de se aplicar para a melhoria estética e funcional das paredes após a colocação do isolamento.

No referente ao isolamento pelo exterior deve-se proceder à preparação da fachada para a sua colocação, e à substituição dos peitoris dos vãos envidraçados (consultar Tabela 21).

Por seu turno, a colocação de isolamento pelo interior deve ser sucedida de aplicação de um revestimento, sendo o economicamente mais acessível painel hidrófugo de madeira de 19 mm de espessura, com custo inicial de 17,75 €/m² de parede e custo de manutenção anual de 1,24 €/m² de parede.

Ainda relativamente à aplicação de isolamento pelo interior deve-se ter em consideração a reparação e pintura da fachada, uma vez que se considera como parte da reabilitação básica dos edifícios. Este facto poderá beneficiar, economicamente, as medidas de isolamento pelo exterior, visto nessas não ser necessária a reparação ou pintura da fachada.

Tabela 19 – Descrição do isolamento exterior a aplicar nas paredes.

Solução	Esp. (mm)	R (m².°C/W)	Custo inicial (€/m² de parede)	Custo de manutenção anual (€/m² de parede)
ETICS EPS	30	0,75	49,11	0,25
ETICS EPS	40	1,1	50,42	0,25
ETICS EPS	50	1,35	51,95	0,26
ETICS EPS	60	1,5	53,5	0,27
ETICS EPS	80	2,0	55,17	0,28
ETICS EPS	100	2,5	56,96	0,28
ETICS EPS	120	3,0	58,87	0,29
ETICS EPS	140	3,5	60,9	0,30
ETICS EPS	160	4,0	63,05	0,32
ETICS EPS	180	4,5	65,32	0,33
"WEBER CEMARKSA"	40	0,8	37,64	0,19
"WEBER CEMARKSA"	50	1,0	45,85	0,23
"WEBER CEMARKSA"	60	1,2	49,79	0,25

Tabela 20 – Descrição do isolamento a aplicar pelo interior das paredes.

Material	Esp. (mm)	R (m².°C/W)	Custo inicial (€/m² de parede)	Custo de manutenção anual (€/m² de parede)
Lã de rocha	40	1,05	4,9	0,01
Lã de vidro	45	1,25	5,11	0,01
Lã de rocha	50	1,35	5,28	0,01
Lã de rocha	60	1,60	5,67	0,01
Lã de vidro	65	1,80	6,06	0,01
Lã de rocha	75	2,00	6,28	0,01
Lã de vidro	100	2,70	9,26	0,02

Tabela 21 - Processos necessários à colocação de isolamento pelo exterior.

Medida	Investimento	Manutenção
Reparação da fachada para ETICS (€/m ² de parede)	27,66	0
Substituição dos peitoris até 21 cm (€/m de envidraçado)	25,79	0,36
Substituição dos peitoris até 25 cm (€/m de envidraçado)	29,88	0,42
Substituição dos peitoris até 28 cm (€/m de envidraçado)	32,37	0,45
Substituição dos peitoris até 32 cm (€/m de envidraçado)	35,65	0,50
Substituição dos peitoris até 35 cm (€/m de envidraçado)	38,15	0,53

4.2.2. Isolamento da cobertura

Para se proceder ao isolamento da cobertura existem duas possibilidades distintas, pode-se colocar isolamento sob a laje de cobertura, solução que implicaria o recurso a um teto falso, ou então pode-se simplesmente assentar o isolamento na face superior da laje, uma vez que existe um desvão sobre a laje de cobertura.

Por conseguinte, facilmente se conclui que a solução economicamente mais acertada será a da colocação de isolamento sobre a laje de cobertura, dispensando assim os custos subsequentes à aplicação de teto falso. Também do ponto de vista energético, e partindo do princípio que em termos de resistência térmica não existe qualquer diferença entre o isolamento aplicado sob ou sobre a laje de cobertura, é vantajoso o uso de isolamento pelo exterior (sobre a laje de cobertura) uma vez que é a solução que confere maior inércia térmica interior.

Assim opta-se por isolar a cobertura assentando o isolamento no desvão situado por cima da laje de cobertura. Na Tabela 22 descrevem-se as soluções de isolamento a aplicar.

Tabela 22 - Propriedades das soluções de isolamento da cobertura.

Material	Esp. (mm)	R (m².°C/W)	Custo inicial (€/m² de cobertura)	Custo de manutenção anual (€/m² de cobertura)
XPS	30	0,8	5,96	0,00
Lã de vidro	80	1,9	6,79	0,00
Lã mineral	80	2,0	7,15	0,00
Lã de vidro	100	2,5	7,87	0,00
Lã de vidro	120	3,0	8,95	0,00
Lã de rocha	140	3,3	9,91	0,00
Lã de vidro	140	3,5	10,53	0,00
Lã mineral	160	4,0	10,80	0,00
Lã mineral	200	5,0	13,13	0,00
Lã mineral	220	5,5	13,84	0,00

4.2.3. Isolamento do pavimento

Como os edifícios de referência possuem cave sob o pavimento é possível proceder ao seu isolamento colocando-o pela cave, sob a laje e recorrendo a um teto falso, parte que ficará visível da cave.

Na Tabela 23 caracterizam-se as soluções de isolamento mais indicadas para uso no pavimento dos edifícios de referência.

Por seu turno, o teto falso tem um custo inicial de 22,73 €/m² de pavimento e um custo de manutenção anual de 0,39 €/m² de pavimento.

Tabela 23 – Caracterização do isolamento a aplicar no pavimento.

Material	Esp. (mm)	R (m².°C/W)	Custo inicial (€/m² de pavimento)	Custo de manutenção anual (€/m² de pavimento)
Lã de rocha	30	0,85	5,85	0,01
Lã mineral	45	1,25	6,45	0,01
Lã de rocha	50	1,40	7,39	0,02
Lã mineral	60	1,80	7,56	0,02
Lã mineral	70	1,85	8,74	0,02
Lã mineral	100	2,70	11,09	0,02

4.2.4. Envidraçados

A seleção dos envidraçados a aplicar nos edifícios de referência não assenta na análise da relação custo/resistência térmica, processo utilizado para a seleção dos isolamentos. Isto deve-se ao facto de o comportamento térmico dos envidraçados ser caracterizado por outra variável além da resistência térmica, o fator solar, tornando a análise do seu comportamento térmico mais difícil sem o recurso a cálculos de consumos/custos.

Por conseguinte, os envidraçados selecionados e respetivas características de interesse ao presente estudo encontram-se discriminadas na Tabela 24.

Tabela 24 - Propriedades dos envidraçados a aplicar.

Tipo de vidro	Caixilharia	g[±]vidro (-)	U (W/m².°C)	Custo inicial (€)	Custo de manutenção anual (€)
Duplo	Alumínio	0,76	3,0	251,02	3,26
Duplo	Alumínio	0,75	2,7	312,68	4,85
Duplo	Alumínio	0,39	2,6	326,21	4,88
Duplo	PVC	0,76	2,4	287,47	3,54
Duplo	PVC	0,76	2,1	288,69	3,57
Duplo	PVC	0,39	2,0	302,22	3,85

4.2.5. Sistemas de aquecimento, arrefecimento e AQS

Na Tabela 25 apresentam-se os diferentes sistemas selecionados para o aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS, bem como as suas características e custos. Importa referir que todos os equipamentos selecionados têm vida útil de 20 anos.

Tabela 25 – Sistemas de climatização e de AQS.

	Custo inicial	Custo de manutenção anual
Caldeira a gás <i>Thema Classic F AS 25 "Saunier Duval"</i> (serve para AQS); $\eta=93\%$; PU 24.6KW (€/unidade)	2252,14	120
Caldeira a gás <i>Thema Condens F AS 25 "Saunier Duval"</i> (serve para AQS); $\eta=109.2\%$; PU 24.5KW (€/unidade)	2459,64	120
Radiadores (€/m ²)	13,09	0,18
Fan-coil <i>Major 2CV 1D 426 "CIAT"</i> (€/unidade)	619,03	17,33
Bomba de calor <i>Hidrolution 71 "Mitsubishi"</i> (serve para AQS); COP 3.33; EER 2.68; PU 8KW (€/unidade)	8516,17	150
Unidade exterior de ar condicionado (ar-ar) <i>SCM 100 ZJ-S1 "Mitsubishi"</i> ; COP 4.10; EER 3.50; PU 10KW (€/unidade)	3830,09	134
Unidade interior de ar condicionado (ar-ar) <i>SRK 20 ZJ "Mitsubishi"</i> PU 2 KW (€/unidade)	415,64	11,64
Piso radiante (€/m ²)	66,95	0,335
Aquecedor elétrico <i>ACE-1601 "S&P"</i> ; PU 1,6 KW (€/unidade)	270,52	4,56
Esquentador elétrico (AQS); 75l; 2000W (€/unidade)	264,17	20,08
Esquentador a gás <i>Opalia CI4 E "Saunier Duval"</i> (AQS); $\eta=87\%$; PU 24.4KW (€/unidade)	639,34	60,74

4.3. Medidas de produção/utilização de energia renovável

Relativamente à energia renovável, consideraram-se, numa primeira fase, as fontes de utilização mais frequente nos edifícios de habitação, como o solar térmico, de uso obrigatório de acordo com o RCCTE salvo raras exceções, a energia fotovoltaica e a biomassa, tendo-se, numa segunda fase, expandido a procura por fontes de energia renovável às menos usuais nos edifícios portugueses, como a geotermia ou a energia eólica.

No entanto, no estado em que se encontra a tecnologia atual, a rentabilidade do recurso a soluções de aproveitamento da energia do solo e do vento no sector residencial revelam-se, no mínimo, pouco rentáveis e de aplicabilidade questionável neste estudo.

Efetivamente, o recurso à energia geotérmica pressupõe um de dois tipos de captação de energia possíveis, horizontal ou vertical. A captação vertical implica a existência de furos de 25 metros de profundidade, enquanto para a captação horizontal é necessário haver uma área de captação mínima de 1,2 vezes a área útil de pavimento da habitação. Além de não ser possível garantir tais condições de captação nos edifícios de referência, esta é uma fonte de energia pouco viável em termos económicos (Manso, 2008).

Por seu turno, o recurso à energia eólica nos edifícios de habitação tem gozado de incentivos financeiros, na venda da energia à rede, nos últimos anos, levados a cabo pelo estado português através da EDP. Com este incentivo o usufruto desta fonte de energia torna-se rentável para o consumidor. No entanto, no âmbito do presente estudo a aplicabilidade desta medida torna-se questionável, uma vez que estes incentivos são atribuídos por concurso e dependem da localização dos edifícios, sendo também de difícil previsão se tais incentivos se manterão ao longo dos 30 anos de tempo de vida útil dos edifícios a reabilitar.

Recorre-se portanto ao solar térmico, à energia fotovoltaica e à biomassa. Relativamente ao solar térmico, o custo e aproveitamento energético podem ser facilmente obtidos pelo programa SOLTERM. No entanto a base de dados dos custos constante deste programa encontra-se desatualizada em relação aos preços que se praticam atualmente, pelo que apenas se recorre ao programa para a obtenção da contribuição energética (consultar Tabela 27), sendo o custo obtido através da oferta existente (consultar Tabela 26).

Tabela 26 – Custo do solar térmico (Fonte: RGEU, RCCTE e *Vulcano*).

Edifício	Tipologia	Nº ocupantes	Área mínima de painéis (m ²)	Custo (€)
1	T2	3	3	1520
2	T3	4	4	1710
3	T3	4	4	1710

Tabela 27 – Contributo energético do solar térmico (Fonte: SOLTERM)

Região	Edifício	Contributo (kWh/ano)
Lisboa	1	1270
	2	1270
	3	1585
Porto	1	1251
	2	1251
	3	1605
Bragança	1	1284
	2	1284
	3	1650

Por seu turno, a aplicação da energia fotovoltaica em edifícios residenciais é relativamente recente em Portugal, pelo que o conhecimento das suas propriedades é limitado, nomeadamente no que concerne aos custos e benefícios energéticos.

O procedimento de cálculo da contribuição energética e do custo do fotovoltaico foi o seguinte:

- Verificar a quantidade de energia necessária em cada caso em estudo;
- Determinar qual a potência fotovoltaica instalada correspondente, para a região em causa, à energia que é necessária produzir. Para o efeito recorreu-se à base de dados do Instituto para a Energia da Comissão Europeia (disponível em <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>);
- Selecionar a quantidade de painéis com a potência determinada. Por simplificação optou-se por determinar um valor médio do custo da aquisição, instalação e manutenção do equipamento por unidade de potência fotovoltaica instalada. O valor foi obtido com recurso a uma pesquisa em catálogos da especialidade, correspondendo a um valor médio de 3500 € para o equipamento e instalação.

5. AVALIAÇÃO DO NÍVEL ÓTIMO DE RENTABILIDADE

Neste capítulo sintetizam-se e comparam-se os resultados obtidos da aplicação dos vários pacotes de medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável aos três edifícios de referência em diferentes localizações, Lisboa, Porto e Bragança.

A seleção das localizações a testar está relacionada com as suas características climáticas, ou seja, tentou-se testar zonas com climas distintos e que representem uma grande parte do parque habitacional português, pelo que se optou por Lisboa, Porto e Bragança.

Por seu turno, os pacotes de reabilitação testados, tendo em consideração as medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável disponíveis (consultar 4.2 e 4.3), têm uma constituição base que assenta em seis variáveis principais: as soluções de intervenção nas paredes exteriores, na cobertura, no pavimento, nos vãos envidraçados, as soluções de equipamentos para a climatização, para AQS e para produção e utilização de energia renovável. Sendo assim, e atendendo ao número de soluções existentes em cada das variáveis referidas, as combinações de pacotes possíveis de testar são inúmeras.

Pelo que, com vista a obtenção do nível ótimo de rentabilidade nos diferentes edifícios testados, teve que se proceder a uma estratégia de redução dos pacotes de medidas de eficiência energética testados. Tal estratégia passou pela avaliação crítica do impacto da alteração das medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável em cada uma das variáveis, supracitadas, em separado.

De forma a tornar o referido mais claro exemplifica-se, muito sucintamente, o processo utilizado:

- Inicia-se o processo com um pacote de medidas de intervenção na envolvente selecionado aleatoriamente para qualquer um dos conjuntos de equipamentos

existentes: reabilitação das fachadas com sistema ETICS EPS de 50 mm, isolamento da cobertura com lã de mineral de 80 mm, isolamento do pavimento com lã de rocha de 50 mm, substituição dos envidraçados por vidro duplo com caixilharia em PVC, com U de 2,4 e fator solar de 0,76;

- Altera-se apenas a solução de reabilitação das fachadas para a que apresenta resistência térmica imediatamente mais baixa (ETICS EPS de 40 mm) e, posteriormente, mais elevada (ETICS EPS de 60 mm), verificando-se qual das duas permite uma redução do custo global. Considerando, a título exemplificativo, que o sistema ETICS EPS de 40 mm apresenta menor custo, a combinação de medidas de reabilitação de rentabilidade ótima passa a ser esta;
- Posteriormente, como a redução da resistência térmica na solução de reabilitação das fachadas permitiu um aumento da rentabilidade (diminuição do custo global) torna-se a diminuir a sua resistência, para a solução ETICS EPS de 30 mm. Caso se verifique que esta solução apresenta um aumento do custo global, fixa-se a solução anterior como a solução de rentabilidade ótima para a intervenção nas fachadas, caso contrário, procede-se ao teste de nova solução com resistência térmica inferior;
- Fixada a solução de rentabilidade ótima para a reabilitação das fachadas faz-se o mesmo processo para as restantes variáveis, cobertura, pavimento e envidraçados, resultando desse processo a solução ótima de intervenção na envolvente;
- Por fim, repete-se este processo para todas as combinações de equipamentos de climatização, de AQS e de produção e utilização de energia renovável.

Definida a metodologia de seleção dos pacotes de reabilitação dos edifícios, importa referir que, no âmbito de uma melhor sintetização e perceção dos resultados obtidos, em alusões futuras, as medidas de eficiência energética aplicadas em cada pacote são referidas pela nomenclatura definida na Tabela 28, na Tabela 29, na Tabela 30 e na Tabela 31, referentes aos isolamentos/sistemas de isolamento das paredes exteriores, às soluções de isolamento da cobertura e do pavimento, aos envidraçados e aos conjuntos de sistemas utilizados, respetivamente. Importa referir que a descrição das medidas nas referidas tabelas é

meramente indicativa, tornando-se necessário, para uma correta análise das propriedades das medidas utilizadas, recorrer à descrição presente no capítulo 3.2.

Salienta-se também o facto de a referência a cada pacote ser feita da seguinte forma: W40 + GW100 + MW60 + Alum_3.0 (0,76) + 1, em que o primeiro termo representa o isolamento ou sistema de isolamento utilizado nas paredes exteriores, o segundo refere-se ao isolamento da cobertura, o terceiro cita o isolamento utilizado no pavimento, o quarto termo representa o envidraçado selecionado e o quinto termo os sistemas de climatização, de AQS e de energia renovável. A esta nomenclatura acrescenta-se FV e s/ST, sendo o primeiro termo utilizado aquando da utilização de energia fotovoltaica, e o segundo quando não se recorre ao solar térmico.

Por fim, importa referir que apesar de nas tabelas seguintes se apresentarem uma série de materiais/produtos que foram efetivamente testados, na apresentação dos resultados para cada edifício em cada uma das localizações não é feita a referência a muitos desses produtos, estando nisso implícito o facto de esses materiais/produtos apresentarem um nível de rentabilidade totalmente díspar dos ótimos, não merecendo portanto qualquer destaque no que respeita a análise que se segue.

Tabela 28 – Nomenclatura adotada para as soluções de isolamento das paredes exteriores.

Nomenclatura	Isolamento pelo exterior	Nomenclatura	Isolamento pelo interior
W40	WEBBER CEM., 40 mm	RW40	Lã de rocha, 40 mm
W50	WEBBER CEM., 50 mm	GW45	Lã de vidro, 45 mm
W60	WEBBER CEM., 60 mm	RW50	Lã de rocha, 50 mm
ETICS50	ETICS EPS, 50 mm	RW60	Lã de rocha, 60 mm
ETICS60	ETICS EPS, 60 mm	GW65	Lã de vidro, 65 mm
ETICS80	ETICS EPS, 80 mm	RW75	Lã de rocha, 75 mm
ETICS100	ETICS EPS, 100 mm	GW100	Lã de vidro, 100 mm

Tabela 29 – Nomenclatura das soluções de isolamento da cobertura e do pavimento.

Nomenclatura	Cobertura	Nomenclatura	Pavimento
XPS30	XPS, 30 mm	RW30	Lã de rocha, 30 mm
GW80	Lã de vidro, 80 mm	MW45	Lã mineral, 45 mm
MW80	Lã mineral, 80 mm	RW50	Lã de rocha, 50 mm
GW100	Lã de vidro, 100 mm	MW60	Lã mineral, 60 mm
GW120	Lã de vidro, 120 mm	MW70	Lã mineral, 70 mm
RW140	Lã de rocha, 140 mm	MW100	Lã mineral, 100 mm
GW140	Lã de vidro, 140 mm		
MW160	Lã mineral, 160 mm		
MW200	Lã mineral, 200 mm		
MW220	Lã mineral, 220 mm		

Tabela 30 - Nomenclatura adotada para os envidraçados.

Nomenclatura	Descrição do envidraçado
Alum_3.0 (0.76)	Alumínio; U=3,0; $g_{\perp\text{vidro}}=0,76$
Alum_2.7 (0.75)	Alumínio; U=2,7; $g_{\perp\text{vidro}}=0,75$
Alum_2.4 (0.39)	Alumínio; U=2,6; $g_{\perp\text{vidro}}=0,39$
PVC_2.4 (0.76)	PVC; U=2,4; $g_{\perp\text{vidro}}=0,76$
PVC_2.1 (0.76)	PVC; U=2,1; $g_{\perp\text{vidro}}=0,76$
PVC_2.0 (0.39)	PVC; U=2,0; $g_{\perp\text{vidro}}=0,39$

Tabela 31 – Numeração adotada para os conjuntos de sistemas utilizados.

Número	Aquecimento	Arrefecimento	AQS
1	Ar condicionado	Ar condicionado	Esquentador a gás e Solar térmico
2	Ar condicionado	Ar condicionado	Termoacumulador elétrico e Solar térmico
3	Ar condicionado	Ar condicionado	Caldeira a gás e Solar térmico
4	Bomba de calor	Ar condicionado	Bomba de calor e Solar térmico
5	Caldeira de Biomassa	Ar condicionado	Caldeira de Biomassa
6	Caldeira a gás	Ar condicionado	Caldeira a gás e Solar térmico

5.1. Edifício 1

Neste subcapítulo são explorados os resultados obtidos da aplicação dos pacotes de medidas ao edifício 1, de forma pormenorizada para a zona de Lisboa, sendo depois feita a

comparação com os resultados das restantes zonas, Porto e Bragança. Desta forma evita-se a exposição repetitiva e exaustiva dos resultados para os três edifícios, por serem similares em muitos parâmetros.

5.1.1. Lisboa

Na Figura 21 e na Figura 22 apresentam-se os gráficos para a obtenção da rentabilidade ótima dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1 para os diferentes conjuntos de sistemas testados, respetivamente, na abordagem privada e social. Com o estudo destes pacotes de medidas pretende-se apenas obter os pacotes de rentabilidade ótima, sem que exista qualquer restrição energética.

Com efeito, verifica-se que o conjunto de sistemas que apresenta os pacotes de medidas com maior rentabilidade, tanto na perspetiva social (com custos entre 49000 € e os 51000 €) como na perspetiva privada (com custos globais no intervalo dos 54000 € aos 56000 €), é o número 1, ou seja, ar condicionado para climatização, e esquentador a gás e solar térmico para AQS. No lado oposto encontram-se os pacotes de medidas do grupo 4, que apresentam o pior nível de rentabilidade, perto dos 64000 € na perspetiva privada, o que permite concluir que o recurso à bomba de calor é desaconselhável numa perspetiva de custo/benefício para o edifício 1, quando localizado em Lisboa.

Constata-se ainda que apesar de o termoacumulador elétrico ser mais barato que o esquentador a gás verifica-se um aumento do custo global em 325 €, na perspetiva privada, e de 400 €, na perspetiva social, entre o pacote de medidas que leva ao custo ótimo no edifício e o de custo ótimo no conjunto de sistemas 2. Este aumento de custo justifica-se essencialmente pelo facto de a tarifa da eletricidade ser quase o dobro da do gás e pela eficiência do esquentador elétrico ser inferior à do esquentador a gás, incorrendo num aumento do custo de exploração ao longo da vida útil do edifício de quase 1000 €.

O mesmo sucede com a utilização de uma caldeira a gás para AQS, no entanto, por motivos diferentes. A única vantagem que existe no recurso à caldeira em detrimento do esquentador é a obtenção de maior eficiência, sendo esta vantagem largamente descompensada com as diferenças de investimento inicial entre os dois equipamentos. A

utilização da caldeira apresenta ainda menor rentabilidade quando utilizada simultaneamente para o aquecimento e para AQS (grupo de sistemas 6).

Por seu turno, a utilização de biomassa ou de bomba de calor afigura-se como muito prejudicial no que à obtenção do custo ótimo concerne.

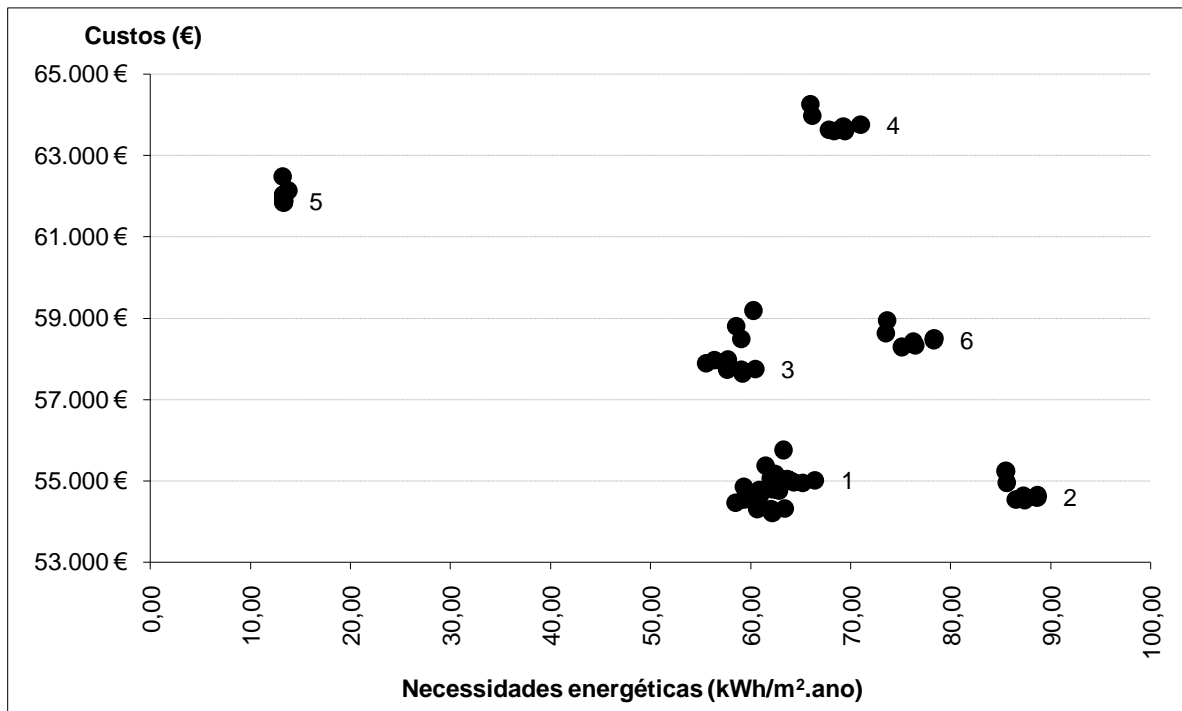


Figura 21 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, em Lisboa, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).

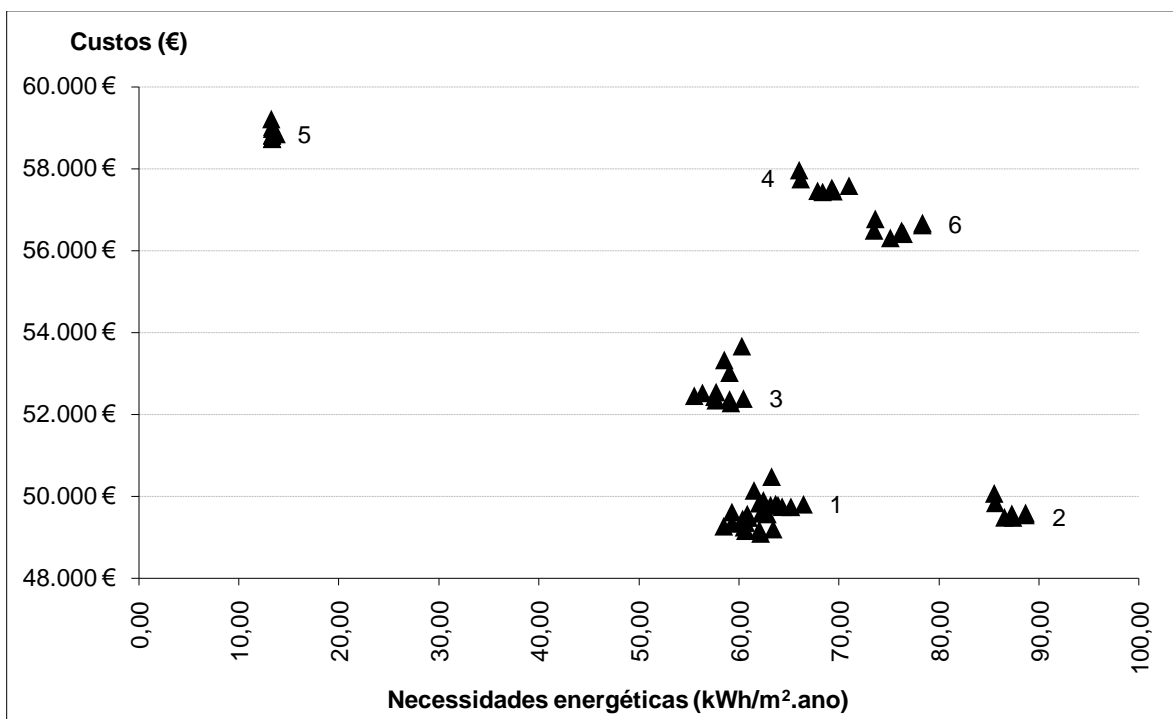


Figura 22 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, em Lisboa, na perspetiva social (complementar com consulta da Tabela 31).

Na Tabela 32 são discriminados os pacotes de medidas de eficiência energética com rentabilidade ótima em cada um dos conjuntos de sistemas testados, concluindo-se que as alterações dos pacotes de rentabilidade ótima entre conjuntos de sistemas são mínimas.

Tabela 32 – Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 1, em Lisboa (perspetiva privada e social).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	RW140	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)

Ainda numa perspetiva de obtenção de custo ótimo interessa conhecer o efeito da subtração do solar térmico a cada um dos grupos de sistemas testados, apesar de ser uma abordagem meramente teórica, sem aplicação prática possível no âmbito da atual legislação em vigor.

Como se constata pela observação da Figura 23 o recurso ao solar térmico apresenta-se como uma medida penalizadora em termos económicos. A única exceção ao referido é registada nos pacotes do grupo de sistemas 2, que por se recorrer à eletricidade com um equipamento de baixa eficiência para AQS, compensa a utilização de solar térmico.

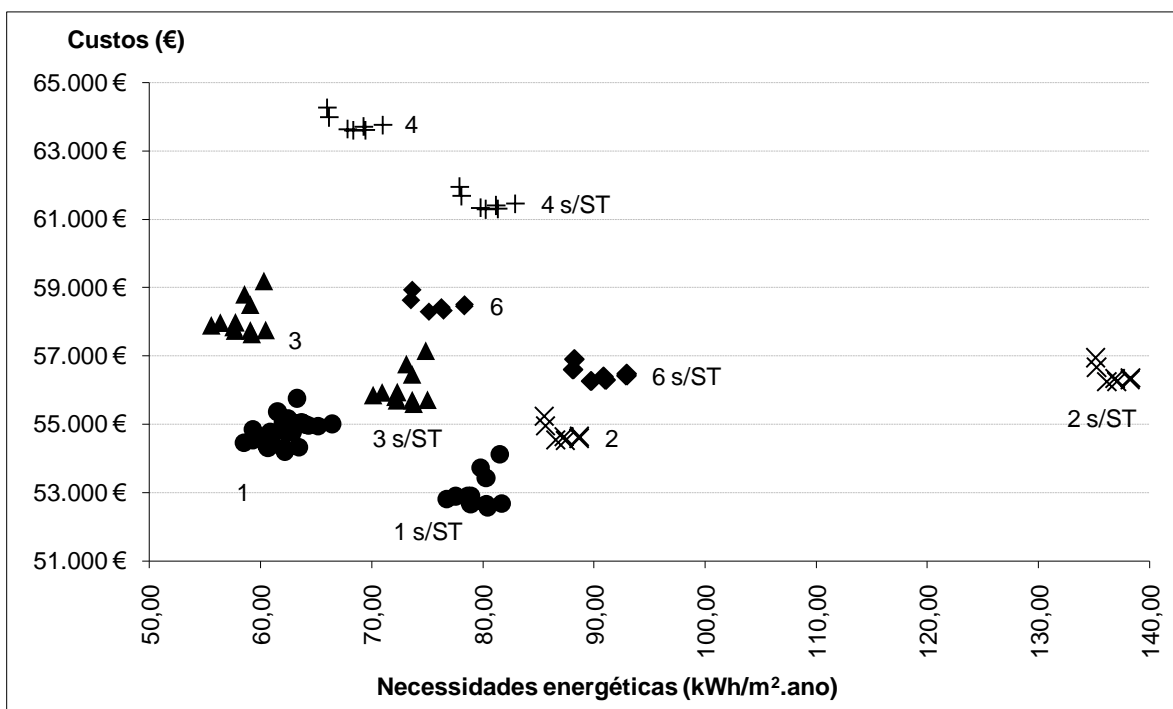


Figura 23 – Influência do solar térmico nos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, em Lisboa, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).

Uma vez analisado o custo ótimo para o edifício 1, em Lisboa, procedeu-se então à avaliação da rentabilidade de cada um dos pacotes de medidas para um determinado nível energético, designadamente o nível da classe A+ da certificação energética (para o presente caso é de 34,45 kWh/m².ano). Em concreto recorre-se à energia fotovoltaica para colmatar a quantidade de necessidades energéticas necessárias para se obter no mínimo um balanço energético de 34,45 kWh/m².ano nos pacotes com necessidades superiores a esse valor. Pelo que é necessário recorrer ao fotovoltaico em todos os grupos de sistemas à exceção do 6, onde se utiliza a biomassa, com consumo de energia primária na ordem dos 13 kWh/m².ano.

Em virtude de tal avaliação (consultar Figura 24) conclui-se que os pacotes de medidas do grupo de equipamentos 1 são os que apresentam melhor rentabilidade com a utilização de energia fotovoltaica para o referido nível, à semelhança do que acontece na avaliação do custo ótimo. Pelo contrário, o conjunto de sistemas que apresenta menor rentabilidade na avaliação do custo ótimo, o grupo 4, deixa de o ser na imposição do nível de consumo energético máximo com recurso ao fotovoltaico. Com efeito, o grupo de sistemas 2 (ar condicionado para a climatização e termoacumulador elétrico com solar térmico para AQS) apresenta menor rentabilidade que o grupo de sistemas 4 (bomba de calor para aquecimento, ar condicionado para arrefecimento, bomba de calor e solar térmico para AQS), e até que o 5 (biomassa), uma vez que os pacotes deste grupo de equipamentos apresenta um consumo energético bem mais elevado que os restantes (ver Figura 21 e Figura 22).

Da mesma forma se constata que o pacote de medidas que apresenta rentabilidade ótima para um nível energético mínimo A+ é o mesmo para o qual se obtém o custo ótimo do edifício. Adicionalmente, conclui-se que, tal como se depreende da observação da Figura 25, o pacote de medidas que, no que concerne à rentabilidade, toma o segundo lugar (Var 2 na Figura 25) na avaliação do custo ótimo do edifício, também se encontra em segundo lugar na avaliação da rentabilidade para o nível energético imposto, com o recurso à energia fotovoltaica. O mesmo não sucede com o terceiro pacote de medidas (Var 3 na Figura 25), que por apresentar maiores necessidades de energia primária, passa a ser o quinto pacote na ordem de avaliação da rentabilidade para o nível energético A+, sendo mais rentáveis os pacotes de medidas que, apesar de na avaliação do custo ótimo apresentarem menor rentabilidade que este, têm consumo energético inferior ao do pacote de custo ótimo (Var 4 e Var 5 na Figura 25).

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

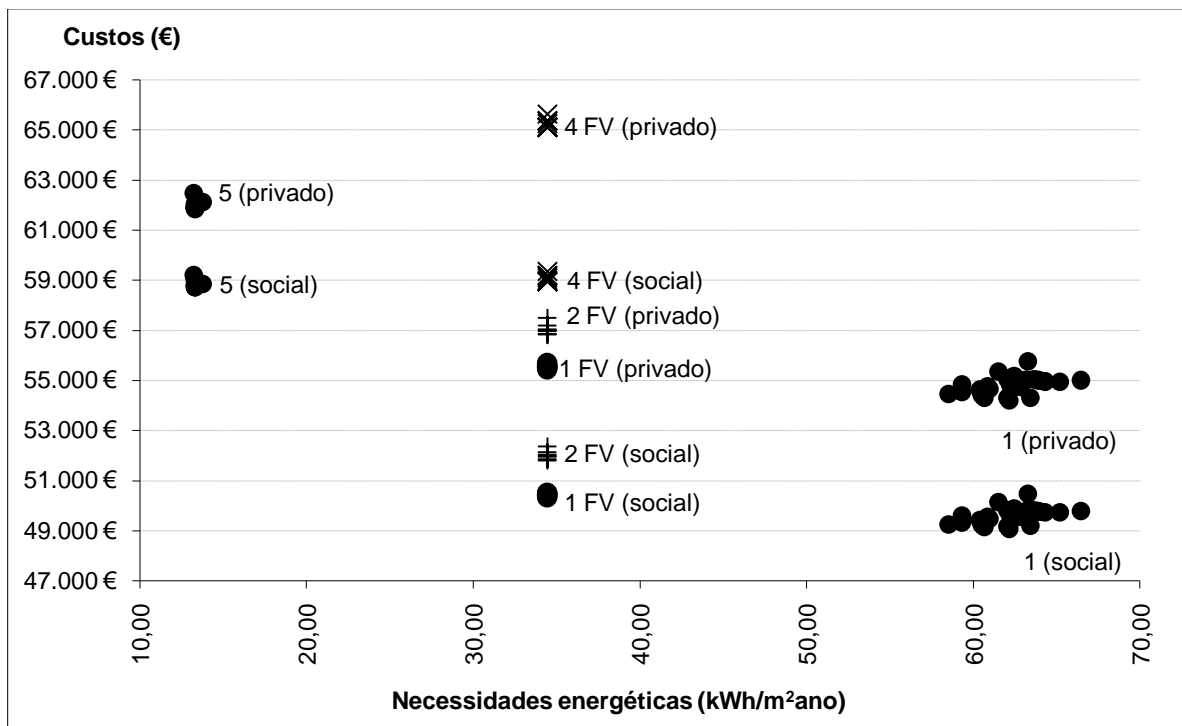


Figura 24 – Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 1 localizado em Lisboa (complementar com consulta da Tabela 31).

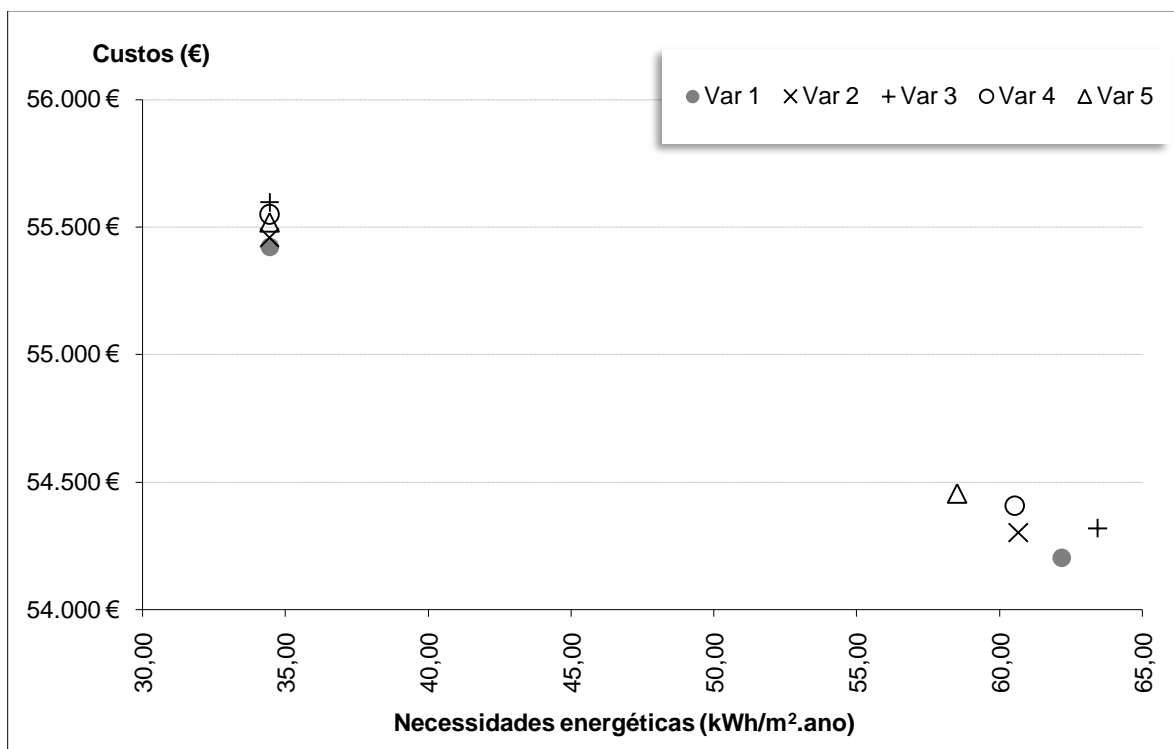


Figura 25 – Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 1, em Lisboa, na vertente privada (complementar leitura com a Tabela 33).

Tabela 33 – Pacotes de medidas abordados na Figura 25.

Variante	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
2	W40	GW140	MW60	Alum_3.0 (0,76)
3	W40	GW100	RW50	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	RW140	MW70	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	MW160	MW100	Alum_3.0 (0,76)

5.1.2. Porto

Como se pode aferir pela observação da Figura 26, as curvas de rentabilidade ótima de cada um dos sistemas testados no Porto são muito semelhantes às de Lisboa (consultar Figura 21), principalmente no que respeita à localização relativa de cada uma das curvas referentes a cada um dos sistemas utilizados. Como tal, a curva de rentabilidade ótima do

edifício é obtida para o grupo de sistemas 1, enquanto no lado oposto, a curva de rentabilidade menos eficiente (custos mais elevados) é obtida com o grupo 4.

Verificam-se apenas duas exceções relevantes à referida similaridade entre as duas zonas, Lisboa e Porto. A primeira prende-se com a deslocação das curvas de rentabilidade para a direita em relação às obtidas em Lisboa, ou seja, verifica-se que há um ligeiro aumento das necessidades energéticas nas medidas testadas no edifício 1 para a região do Porto em relação a Lisboa. A segunda tem que ver com o deslocamento do grupo de sistemas 6 para cima e para a direita em relação aos restantes grupos, isto verifica-se pelo facto de haver um aumento considerável nas necessidades de aquecimento de Lisboa para o Porto. Este aumento reflete-se em maior grau nas necessidades e custos dos pacotes do grupo 6 por ter um sistema de aquecimento com uma eficiência bem abaixo dos restantes.

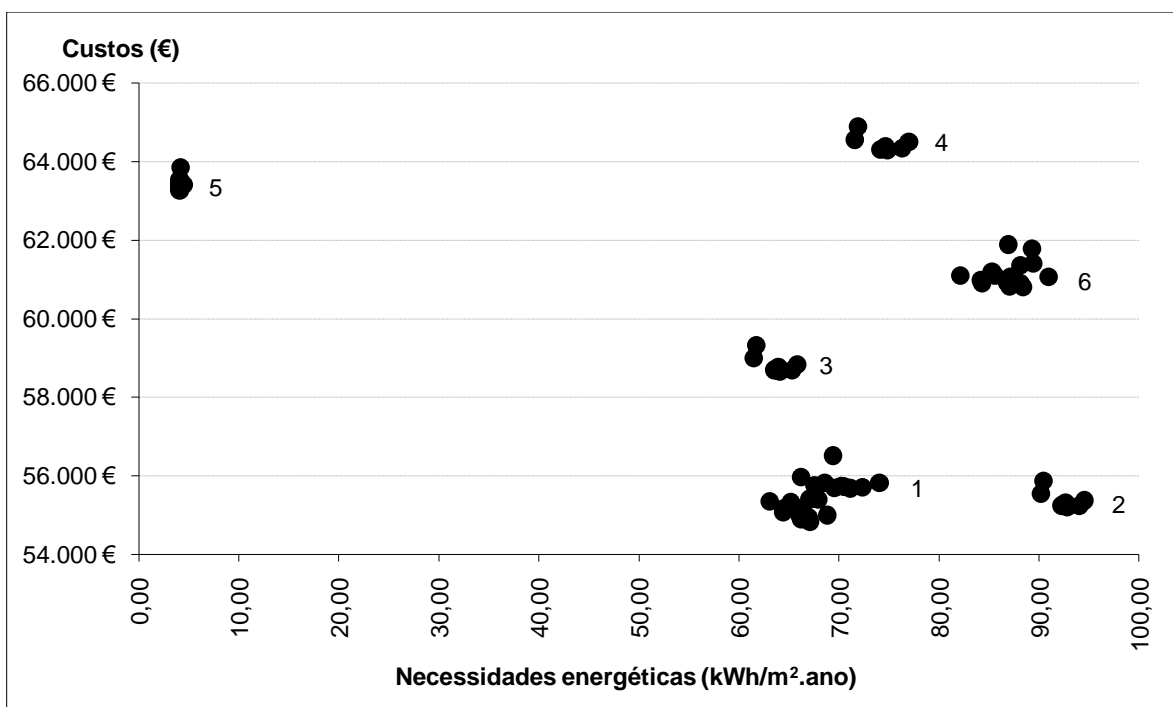


Figura 26 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, no Porto, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).

O pacote de medidas ótimo é obtido, como referido anteriormente, para o sistema 1 e difere do pacote de custo ótimo para a zona de Lisboa apenas no isolamento da cobertura, que é GW100 para Lisboa e GW120 para o Porto, ou seja, há um ligeiro aumento na

resistência do edifício às trocas de calor com o aumento da resistência térmica da cobertura, o que transparece, novamente, o facto de se registarem maiores necessidades energéticas no edifício com localização no Porto, sendo, portanto, rentável a diferença do custo entre o isolamento GW100 e o GW120 quando comparada com o benefício de aumento da resistência térmica.

Com efeito, tanto os custos como as necessidades energéticas aumentam em comparação com a região de Lisboa. Os custos globais do ponto de vista privado e social são, respetivamente, 54837 € e 49659 €, e o consumo global de energia útil anual é de 67,13 kWh/m². Sendo de realçar que o aumento dos custos globais é relativamente pequeno, cerca de 600 € em cada uma das abordagens, social e privada, o que resulta num aumento relativo de 1,2%, enquanto o aumento das necessidades energéticas é cerca de 5 kWh/m².ano, ou seja, um aumento de 8%.

Para as restantes combinações de sistemas testadas, à semelhança do que ocorre em Lisboa, não há grandes alterações em relação ao pacote de custo ótimo. Com efeito, a única alteração regista-se no grupo 5 (biomassa), onde compensa optar por soluções de envolvente com maior resistência térmica, especialmente na vertente social (consultar Tabela 34 e Tabela 35).

Tabela 34 – Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 1, no Porto (perspetiva privada).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)

Tabela 35 – Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 1, no Porto (perspetiva social).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	MW160	MW60	PVC_2.1 (0,76)
6	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)

No que respeita à avaliação da imposição de níveis energéticos mínimos através do recurso à energia renovável, a única alteração digna de registo em relação ao que sucede em Lisboa é o facto de os pacotes de medidas que, além de se encontrarem no intervalo de rentabilidade ótima, apresentam consumos energéticos imediatamente inferiores ao do pacote de custo ótimo são mais rentáveis que o próprio, sendo que o pacote de rentabilidade máxima com a utilização de fotovoltaico é W40 + MW160 + MW100 + Alum_3.0 (0,76) + 1 (consultar Figura 27 e Figura 28).

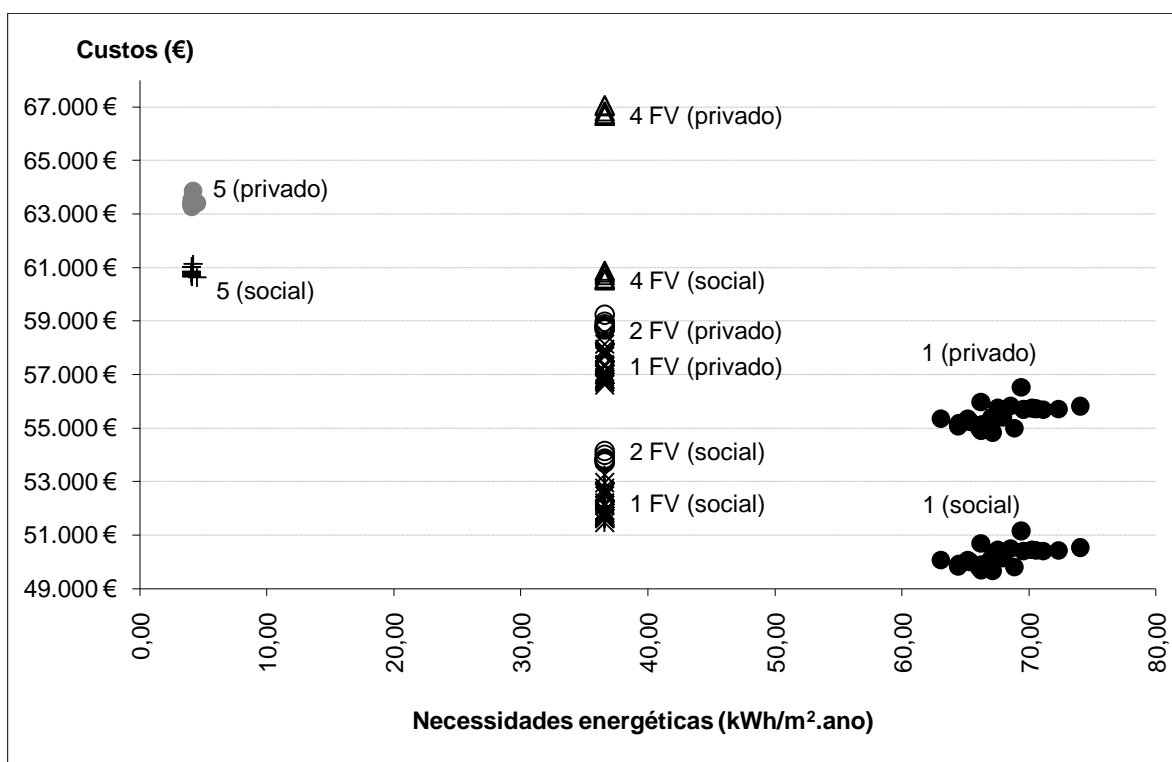


Figura 27 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 1 localizado no Porto (complementar com consulta da Tabela 31).

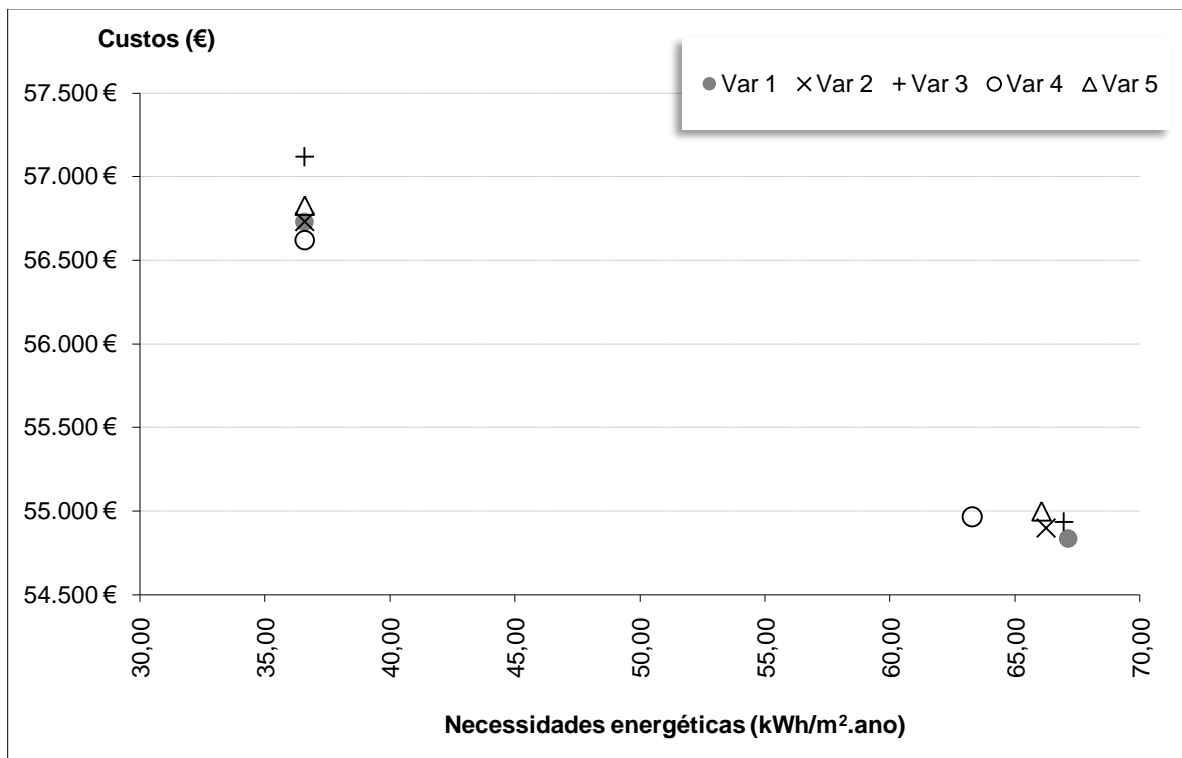


Figura 28 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 1, no Porto, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Tabela 36).

Tabela 36 – Pacotes de medidas abordados na Figura 28.

Variante	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
2	W40	GW140	MW60	Alum_3.0 (0,76)
3	W40	GW120	MW70	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	MW160	MW100	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	RW140	MW70	Alum_3.0 (0,76)

5.1.3. Bragança

À semelhança do que sucede no Porto e em Lisboa, em Bragança o intervalo de rentabilidade ótima do edifício 1 é obtido para o grupo de equipamentos 1. As semelhanças não terminam nesse facto, antes pelo contrário. Observando a Figura 29 depreende-se que a posição relativa das curvas de rentabilidade ótima para cada um dos sistemas testados é semelhante à das curvas obtidas em Lisboa e no Porto.

Na comparação das curvas de rentabilidade obtidas para Bragança com as de Lisboa e Porto observa-se uma deslocação significativa das curvas para a direita e para cima. Por outras palavras, há um aumento nas necessidades energéticas e dos custos globais na generalidade dos pacotes de medidas testados. Além disso, verifica-se uma alteração no posicionamento da curva correspondente aos pacotes do grupo 6, em relação aos restantes grupos, que, à semelhança do que sucede quando se compara a zona do Porto com Lisboa, sofre um deslocamento horizontal para a direita, e vertical para cima, ou seja há um acréscimo nas necessidades e nos custos em relação aos restantes grupos de sistemas.

Ademais, importa realçar a forma que tomam as curvas de rentabilidade, apresentadas na Figura 29, que, quando comparadas com as curvas de rentabilidade das restantes zonas (consultar Figura 22 e Figura 26), são mais planas, quase retas, descrevendo um percurso ascendente no sentido do aumento das necessidades. Isto é reflexo, essencialmente, do elevado aumento das necessidades energéticas nesta zona, sendo os pacotes de medidas testados relativamente semelhantes aos testados na zona de Lisboa e Porto.

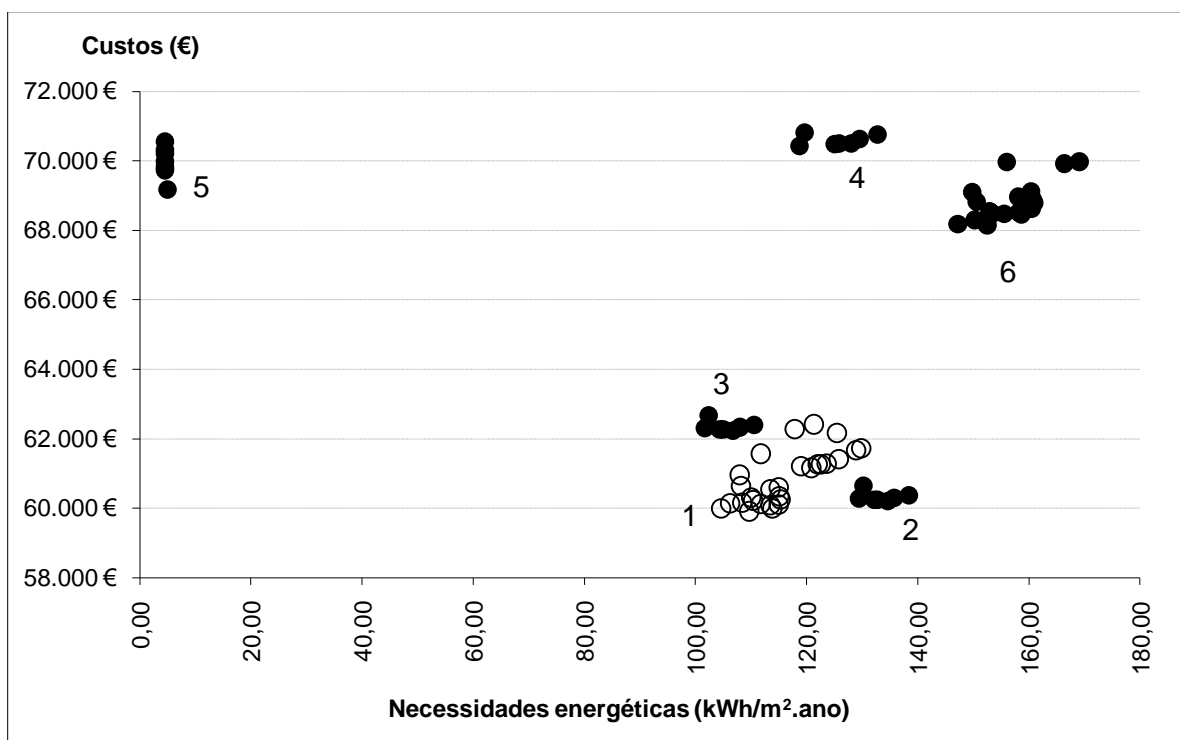


Figura 29 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 1, em Bragança, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).

O custo ótimo, obtido para o pacote W40 + MW160 + MW100 + Alum_3.0 (0,76) + 1 (consultar Tabela 37), tem o custo de 59911 €, na vertente privada, e de 54148 €, na vertente social, sendo o consumo energético igual a 109,68 kWh/m².ano.

Tabela 37 – Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 1, em Bragança (perspetiva privada e social).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	MW160	MW100	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	MW220	MW100	PVC_2.1 (0,76)
5	W40	MW220	MW100	PVC_2.1 (0,76)
6	W40	MW160	MW100	Alum_3.0 (0,76)

Uma vez mais, verificam-se muitas semelhanças no que respeita à imposição de níveis energéticos mais baixos que o do custo ótimo, em comparação com as restantes zonas (consultar Figura 30 e Figura 31).

Contudo são merecedores de registo dois factos:

- Quando se recorre à energia fotovoltaica, tal como no Porto, é rentável a utilização do pacote imediatamente à esquerda do pacote de custo ótimo (com menor consumo de energia);
- Por haver uma diferença de necessidades energéticas bastante superior entre os pacotes de rentabilidade ótima do edifício e o nível mínimo que se pretende impor (A+), em comparação com as restantes localizações, há um aumento do custo dos pacotes de medidas com recurso a fotovoltaico em relação aos pacotes com uso de biomassa.

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

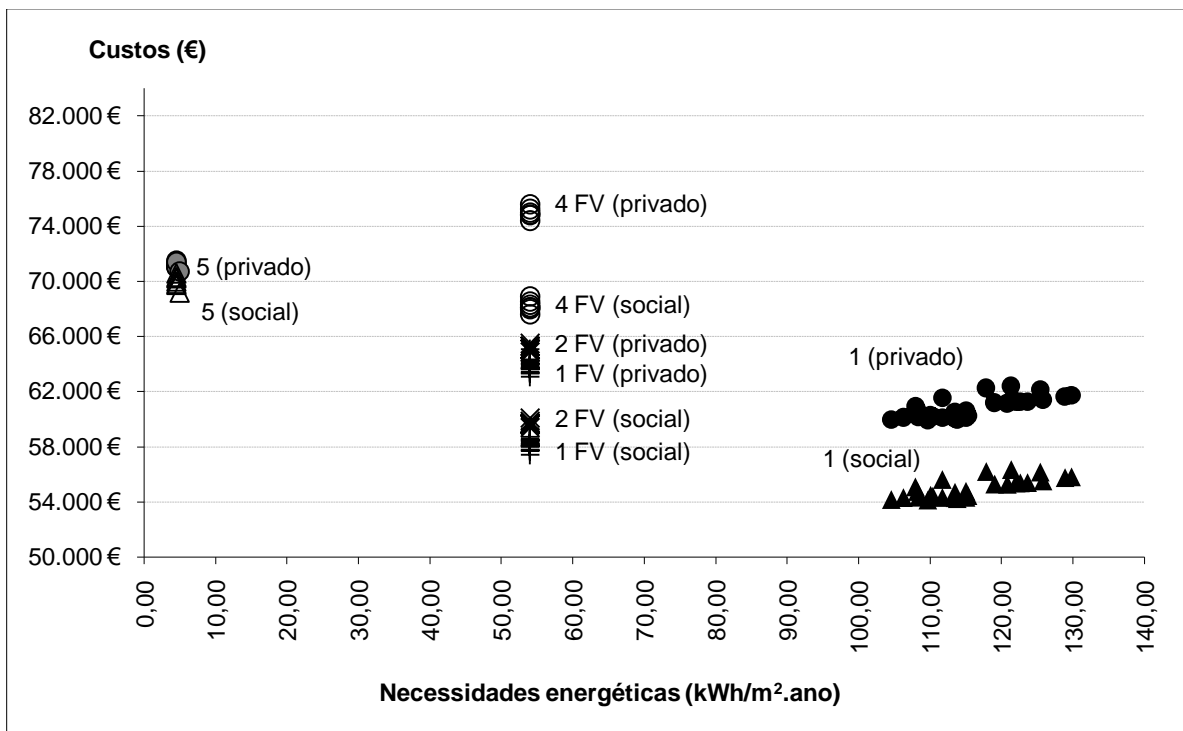


Figura 30 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 1 localizado em Bragança (complementar com consulta da Tabela 31).

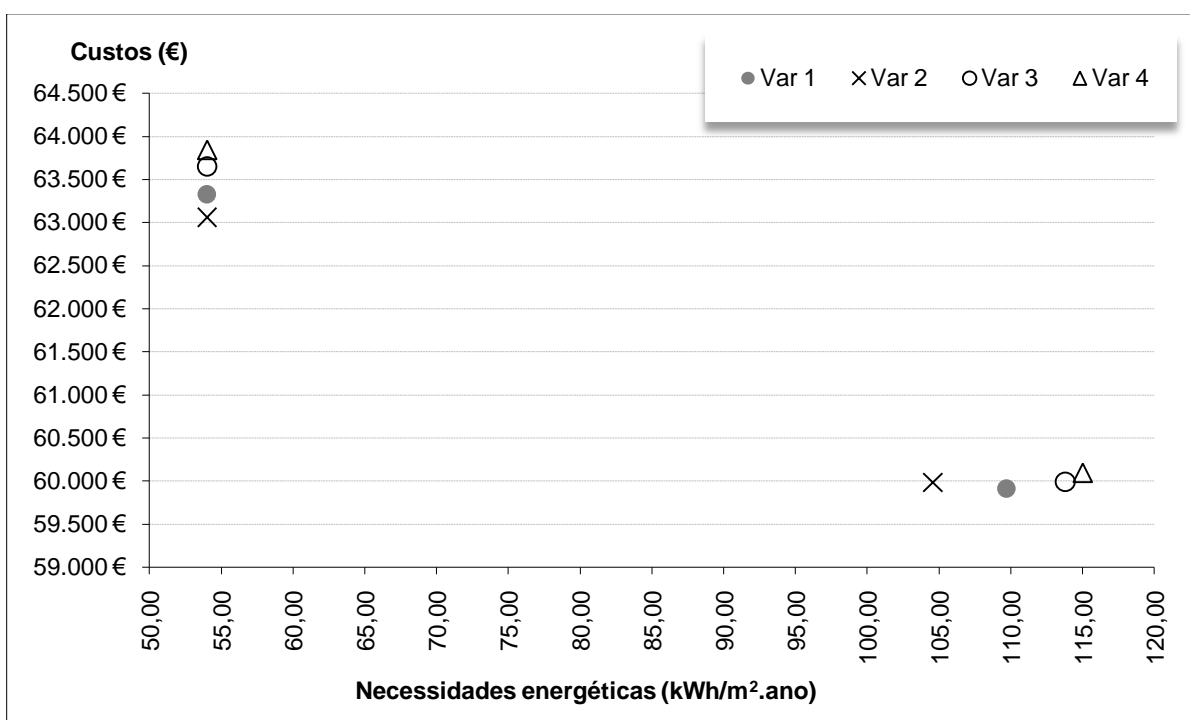


Figura 31 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 1, em Bragança, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Tabela 38).

Tabela 38 – Pacotes de medidas abordados na Figura 31.

Variante	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1	W40	MW160	MW100	Alum_3.0 (0,76)
2	W40	MW160	MW100	PVC_2.1 (0,76)
3	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW140	MW60	Alum_3.0 (0,76)

5.2. Edifício 2

Neste subcapítulo procede-se à apresentação dos resultados obtidos na aplicação dos pacotes de medidas de eficiência energética e de produção /utilização de energia renovável ao edifício 2.

O processo de apresentação dos resultados é semelhante ao utilizado para o edifício 1, no entanto, para a zona de Lisboa, a apresentação dos resultados não é tão pormenorizada como a do edifício 1, optando-se por dar maior ênfase às diferenças que se registam entre o

edifício 2 e o edifício 1 para cada uma das zonas, além de se fazer uma comparação entre as diferentes zonas para o edifício 2.

5.2.1. Lisboa

Para o edifício 2, com localização em Lisboa, os gráficos das curvas de rentabilidade ótima dos pacotes de medidas dos sistemas 1 ao 6 são muito semelhantes ao do edifício 1, nomeadamente no que concerne ao posicionamento das curvas de cada um dos sistemas em relação aos outros (consultar Figura 32).

Neste sentido, o sistema mais eficiente é o 1 e o menos eficiente é o 4, os consumos energéticos permanecem na mesma gama de valores, enquanto os custos aumentam em quase 10000 €, em comparação com o edifício 1 na mesma localização.

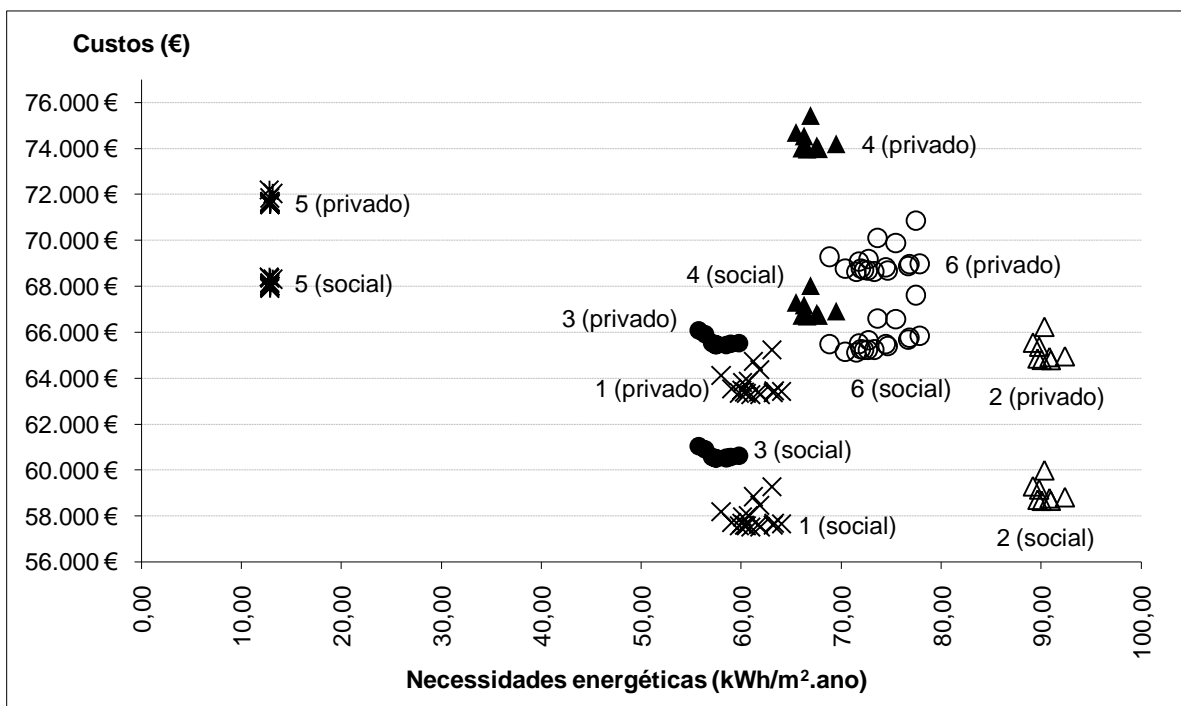


Figura 32 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 2, em Lisboa, na perspetiva privada e social (complementar com consulta da Tabela 31).

O pacote de custo ótimo, tanto na perspetiva privada como na perspetiva social, é W40 + GW100 + MW60 + Alum_3.0 (0,76) + 1, o mesmo obtido para o edifício 1, com necessidades energéticas iguais a 61,89 kWh/m².ano e custo global de 63275 €.

Na Tabela 39 e na Tabela 40 apresentam-se os pacotes de rentabilidade ótima para cada conjunto de sistemas testados, sendo possível verificar que não há alterações significativas em relação ao pacote de custo ótimo.

Tabela 39 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, em Lisboa (perspetiva privada).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)

Tabela 40 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, em Lisboa (perspetiva social).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)

No que concerne à imposição do nível energético mínimo, neste caso de 34,82 kWh/m².ano, o panorama é semelhante ao que se verifica no edifício 1 (consultar Figura 33). Em concreto, relativamente ao recurso à energia fotovoltaica constata-se que alguns dos pacotes de medidas com desempenho energético superior ao do custo ótimo, são mais rentáveis, sendo o pacote W40 + MW160 + MW60 + Alum_3.0 (0,76) + 1 o mais eficiente (ver Figura 34).

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
 PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

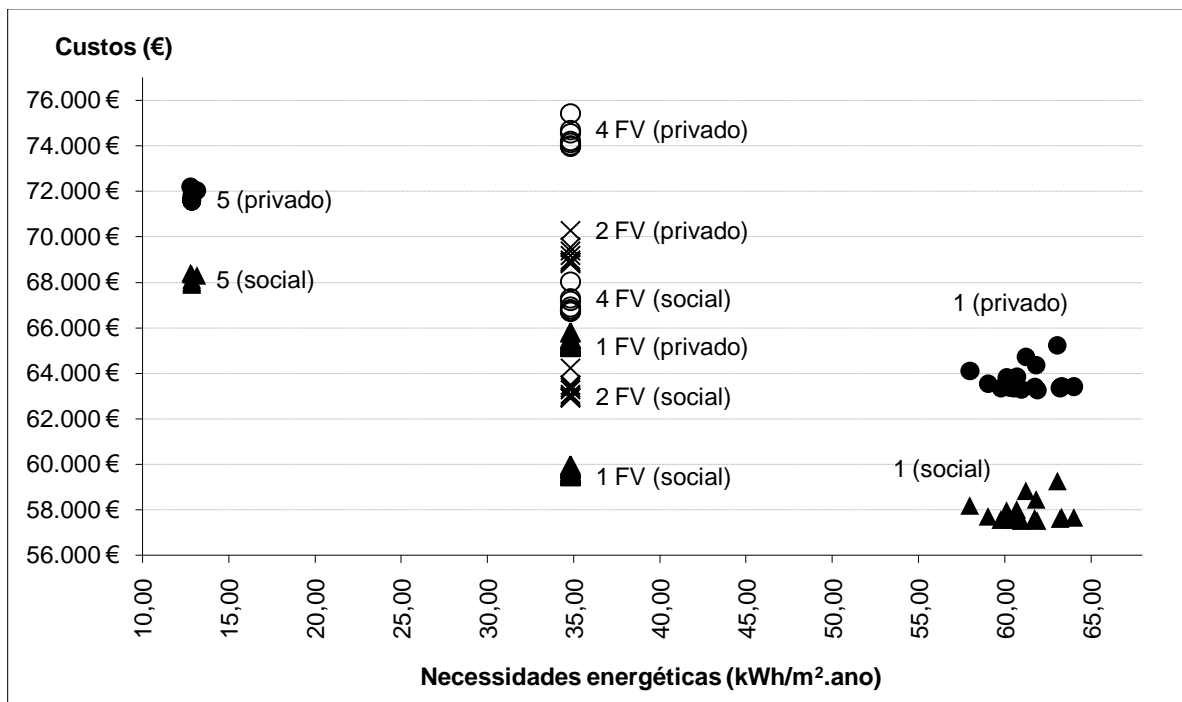


Figura 33 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 2 localizado em Lisboa (complementar com consulta da Tabela 31).

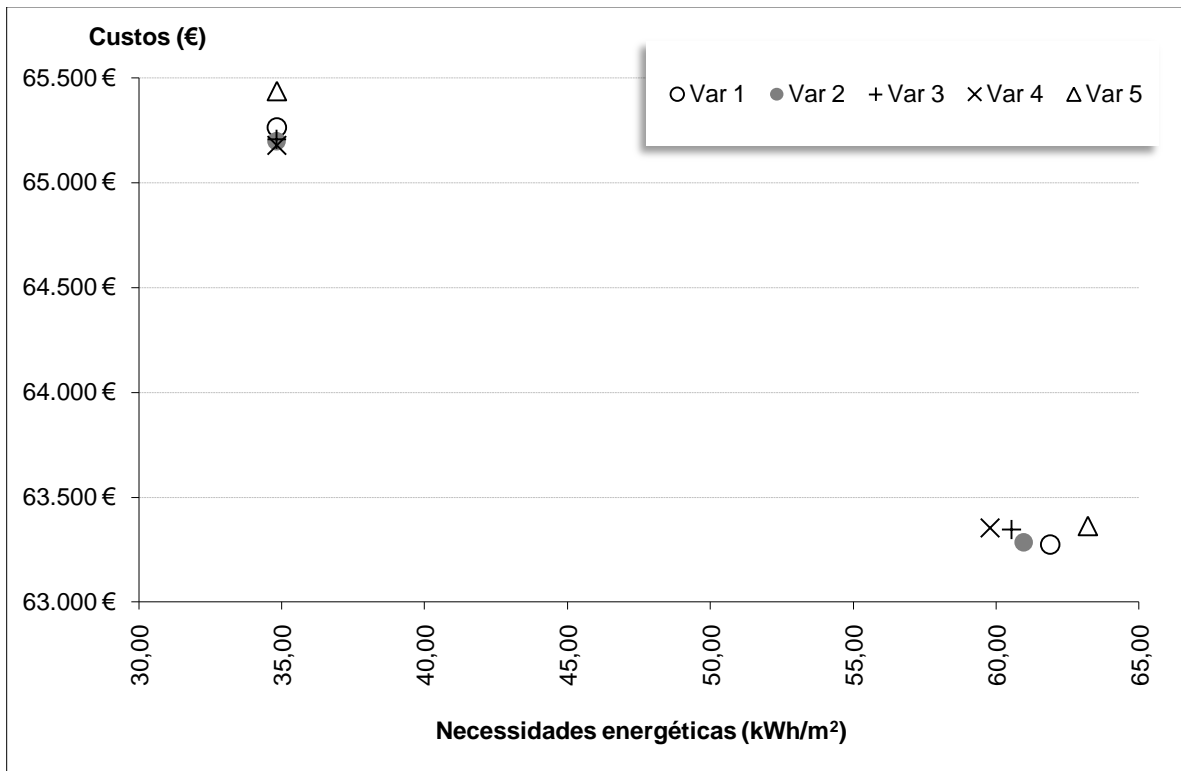


Figura 34 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 2, em Lisboa, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Tabela 44).

Tabela 41 – Pacotes de medidas abordados na Figura 34.

Variante	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
2	W40	GW140	MW60	Alum_3.0 (0,76)
3	W40	GW120	MW70	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	MW160	MW100	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	RW140	MW70	Alum_3.0 (0,76)

5.2.2. Porto

À semelhança do que acontece no edifício 1, as curvas de rentabilidade de cada um dos sistemas testados no edifício 2, com localização no Porto, apenas sofrem um ligeiro deslocamento para a direita (necessidades energéticas superiores), em relação ao mesmo edifício localizado em Lisboa. Este deslocamento é especialmente notado, uma vez mais, nos pacotes do grupo 6 (ver Figura 35).

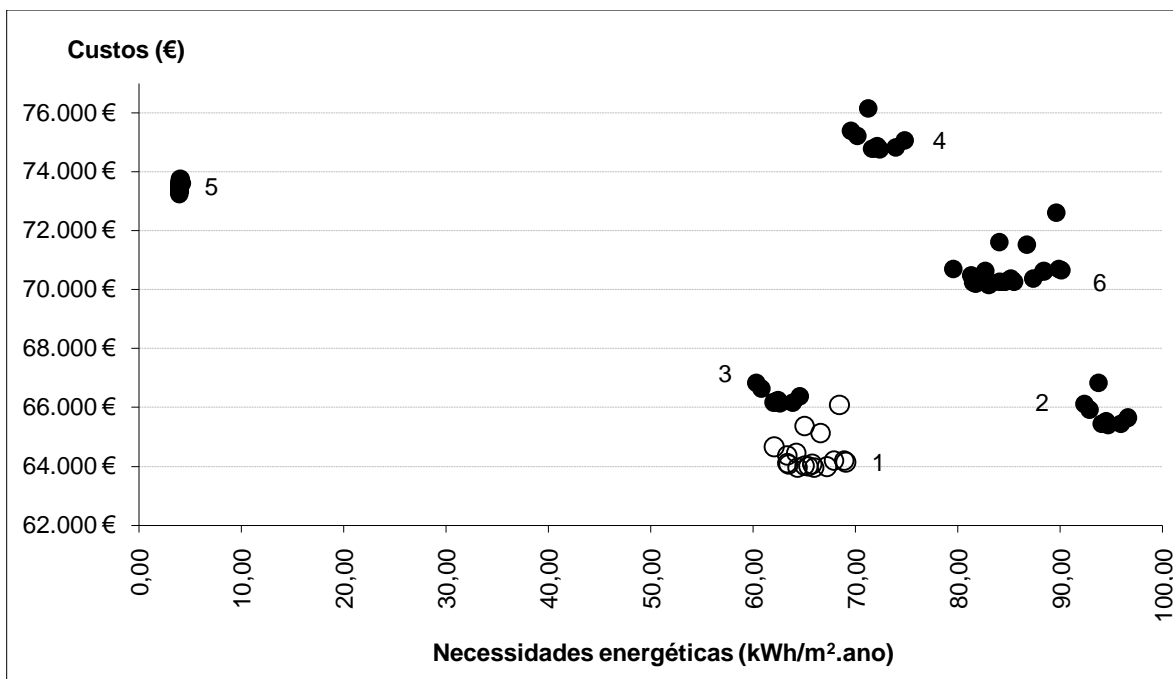


Figura 35 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 2, no Porto, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).

Relativamente ao custo ótimo, é obtido, na perspetiva privada, para o pacote W40 + GW120 + MW60 + Alum_3.0 (0,76) + 1, com custo global igual a 63952 € e necessidades energéticas de 65,97 kWh/m², e na perspetiva social, para o pacote W40 + MW160 + MW60 + Alum_3.0 (0,76), com custo global de 58100 € e necessidades de 64,34 kWh/m².

Importa salientar que se observa novamente um padrão nos pacotes testados nos edifícios 1 e 2 para as duas regiões, Porto e Lisboa. No edifício 1 a variação nos pacotes de custo ótimo entre as duas regiões era de uma ligeira melhoria no isolamento da cobertura (aumento da resistência térmica), tanto para a perspetiva social como para a privada, o mesmo sucede no edifício 2 que, apesar de ter pacotes de custo ótimo distintos em função da perspetiva, apresenta apenas um pequeno aumento da resistência do isolamento da cobertura, independentemente da perspetiva, da região de Lisboa para o Porto.

Quanto aos restantes conjuntos de sistemas, o pacote de medidas mais eficiente para cada um deles, em ambas as perspetivas, é muito similar ao pacote de custo ótimo do edifício

(consultar Tabela 42 e Tabela 43), verificando-se, novamente, ligeiras alterações no isolamento da cobertura apenas nos grupos 5 e 6.

Tabela 42 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, no Porto (perspetiva privada).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)

Tabela 43 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, no Porto (perspetiva social).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	MW220	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)

Na Figura 36 apresentam-se os pacotes de eficiência ótima para o nível de consumo de energia máximo. Em comparação com o edifício 1, ou com o edifício 2 com localização em Lisboa, não se registam alterações dignas de registo, sendo o pacote de rentabilidade ótima o mesmo para o edifício 2 em Lisboa, W40 + MW160 + MW60 + Alum_3.0 (0,76) + 1.

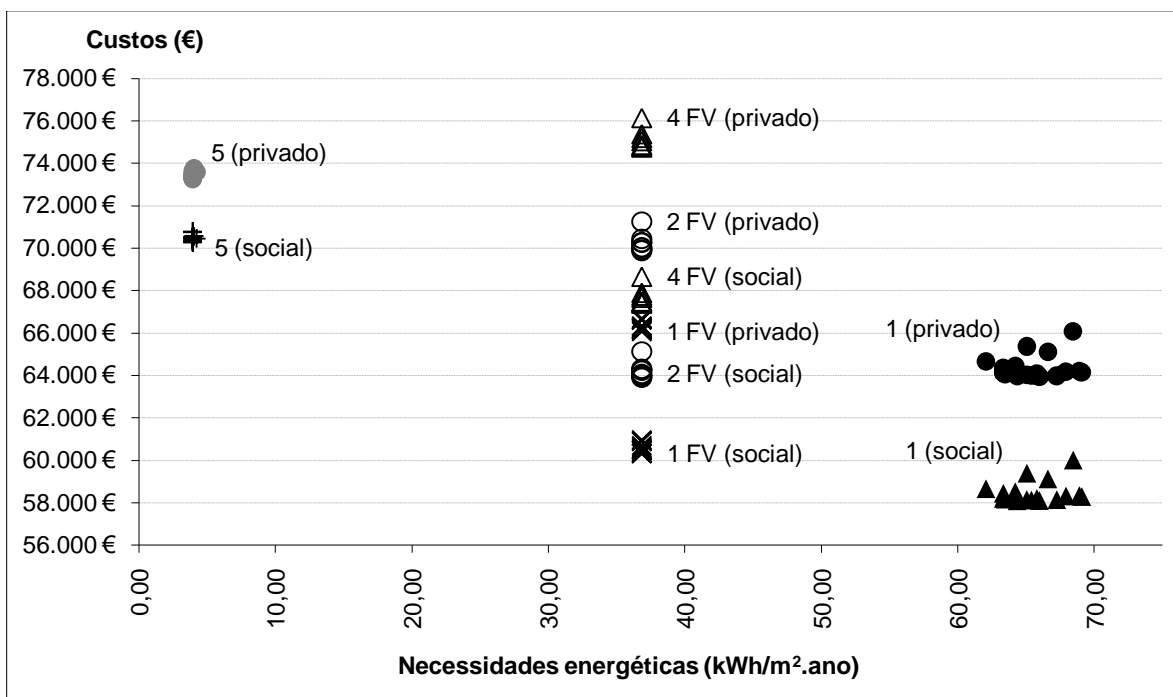


Figura 36 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 2 localizado no Porto (complementar com consulta da Tabela 31).

5.2.3. Bragança

Pela observação da Figura 37 constata-se a semelhança com o edifício 1 na mesma localização, sendo possível verificar novamente as mesmas tendências das curvas de rentabilidade dos pacotes de reabilitação para cada um dos sistemas testados em comparação com as restantes zonas.

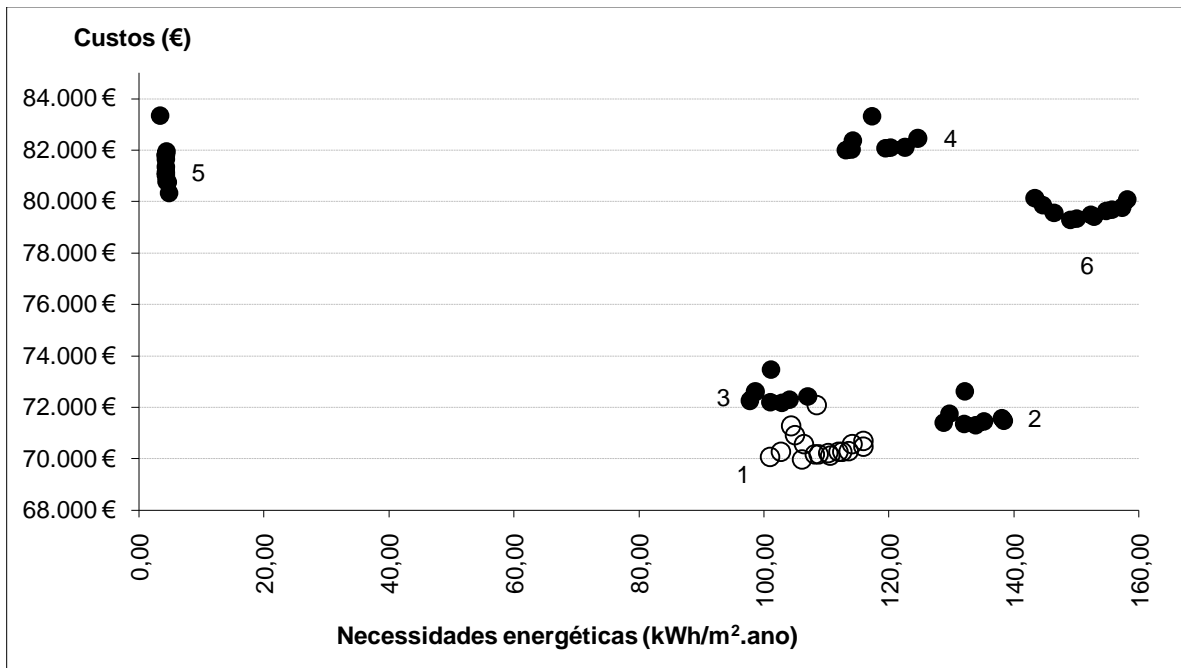


Figura 37 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 2, em Bragança, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).

O pacote de medidas com custo ótimo é o mesmo que se obteve para o edifício 1 em Bragança, W40 + MW160 + MW100 + Alum_3.0 (0,76), com custo global igual a 69973 € e 63429 €, respetivamente, na abordagem privada e social, enquanto as necessidades de energia são 106,10 kWh/m².ano. Os restantes pacotes de rentabilidade ótima para cada um dos conjuntos de sistemas testados podem ser consultados na Tabela 44.

Tabela 44 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 2, em Bragança (perspetiva privada e social).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	MW160	MW100	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	MW220	MW100	PVC_2.1 (0,76)
5	W40	MW220	MW100	PVC_2.1 (0,76)
6	W40	MW160	MW100	PVC_2.1 (0,76)

Relativamente ao estabelecimento de um nível máximo de consumo de energia, verifica-se o mesmo enquadramento do edifício 1 nesta zona, ou seja, há um ligeiro aumento das

gammas de valores das necessidades e dos custos em relação às restantes zonas, mantendo-se constante as restantes características, como se pode aferir pela Figura 38.

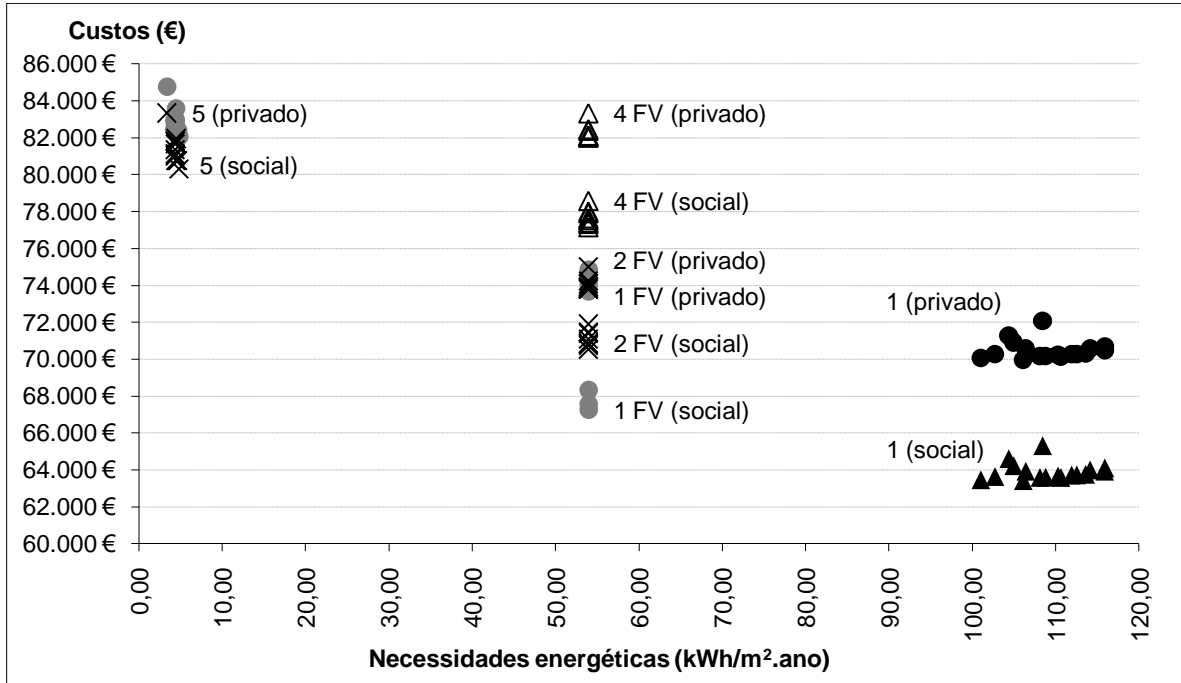


Figura 38 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 2 localizado em Bragança (complementar com consulta da Tabela 31).

5.3. Edifício 3

Neste subcapítulo apresentam-se os resultados obtidos na aplicação dos pacotes de medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável ao edifício 3, em Lisboa, no Porto e em Bragança. Sendo o processo da apresentação dos resultados o mesmo utilizado para os edifícios 1 e 2, ou seja, é feita uma abordagem mais pormenorizada para a zona de Lisboa, sendo depois feita a comparação com os resultados das restantes zonas, Porto e Bragança. Em simultâneo em cada zona procede-se à comparação de resultados obtidos nos outros edifícios nessas mesmas zonas.

5.3.1. Lisboa

Da análise da Figura 39 facilmente se conclui que as curvas de rentabilidade dos pacotes de reabilitação do edifício 3 são um pouco diferentes das obtidas para os restantes edifícios na mesma localização.

Em primeiro lugar, constata-se que a gama de valores das necessidades energéticas dos pacotes testados é bastante inferior à dos restantes edifícios, ao contrário dos custos que sofrem um ligeiro aumento.

Além disso, verifica-se uma grande proximidade entre os pontos que representam os pacotes, ou seja, há uma variação muito mais reduzida nas necessidades entre cada pacote do que o que se verifica nos outros edifícios. O mesmo sucede nos custos, as curvas, descritas pela maioria dos seus pontos, têm um aspeto reto, e encontram-se quase em paralelo com o eixo das necessidades energéticas (aparentam inclinação nula).

Por fim, o fenómeno mais importante a reter da análise da Figura 39 é o facto de o custo ótimo, na vertente privada, ser obtido para o pacote de medidas de manutenção simples do edifício, recorrendo-se apenas aos sistemas do grupo 1, ar condicionado para a climatização e esquentador a gás e solar térmico para AQS.

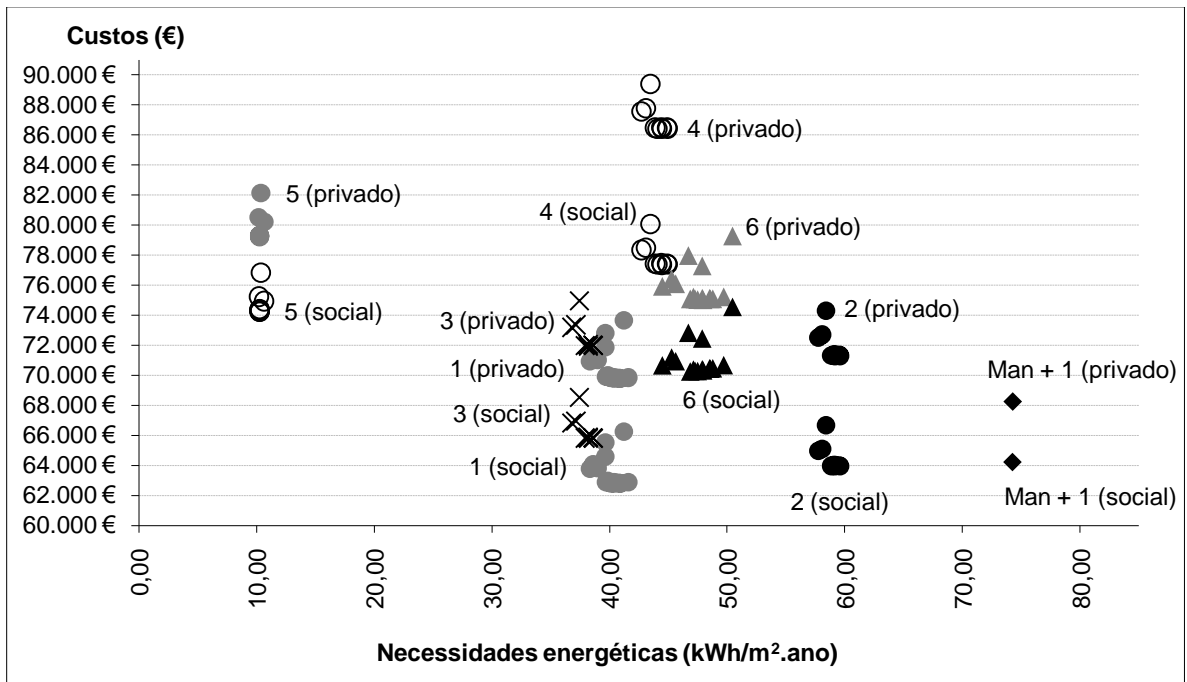


Figura 39 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 3, em Lisboa, na perspetiva privada e social (complementar com consulta da Tabela 31).

Como referido, o pacote de intervenção no edifício, com custo ótimo na abordagem privada é o de manutenção com ar condicionado, esquentador a gás e solar térmico. Este pacote tem custo de 68263 € e necessidades energéticas iguais a 74,25 kWh/m².ano.

Por seu turno, o custo ótimo na abordagem social é obtido para o pacote W40 + GW100 + MW60 + Alum_3.0 (0,76) + 1, resultando num custo global de 62793 € e em 40,42 kWh/m².ano de necessidades energéticas.

Na Tabela 45 e na Tabela 46 apresentam-se os pacotes de rentabilidade ótima para os restantes grupos de sistemas testados, denotando-se uma uniformização dos pacotes, com exceção do pacote de rentabilidade ótima do grupo 5 na vertente social. Em comparação com o edifício 2 na mesma localização verifica-se uma ligeira redução das resistências térmicas das soluções ótimas de envolvente.

Tabela 45 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, em Lisboa (perspetiva privada).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)

Tabela 46 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, em Lisboa (perspetiva social).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)

Relativamente à avaliação da rentabilidade dos pacotes para um nível energético A+ também se constata diferenças significativas em comparação com os restantes edifícios.

Com efeito, na Figura 40 observa-se que, ao contrário do sucedido nos edifícios 1 e 2, a utilização de fotovoltaico, para a obtenção de um nível de necessidades energéticas de classe A+, resulta num custo global bem mais baixo que os restantes edifícios, relativamente ao custo das medidas com biomassa para aquecimento e AQS. Isto deve-se, fundamentalmente, ao facto de os pacotes de medidas para este edifício apresentarem necessidades energéticas baixas em comparação com os edifícios 1 e 2, pelo que a quantidade de energia necessária extrair do fotovoltaico, para atingir o nível A+, é muito menor no edifício 3. A título de exemplo, para o pacote de medidas mais rentável no edifício 3 o recurso aos painéis fotovoltaicos incorre num custo inicial de 2852 €, enquanto na mesma situação para o edifício 2 o custo é de 3890 €.

Por outro lado, o pacote de rentabilidade máxima para o nível energético pretendido é o mesmo do custo ótimo do edifício, na vertente social, pelo que, para este edifício nesta

localização, não se afiguram rentáveis os pacotes de consumo energético imediatamente inferior ao ótimo (consultar Figura 41 e Figura 42).

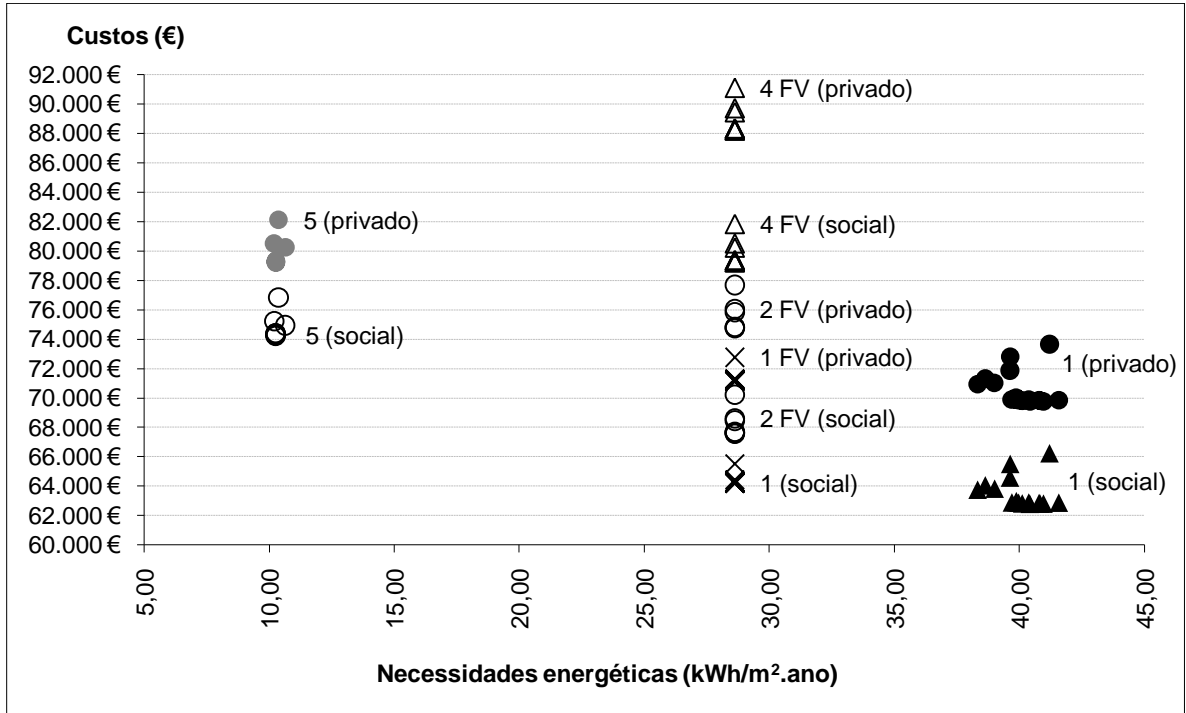


Figura 40 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 3 localizado em Lisboa (complementar com consulta da Tabela 31).

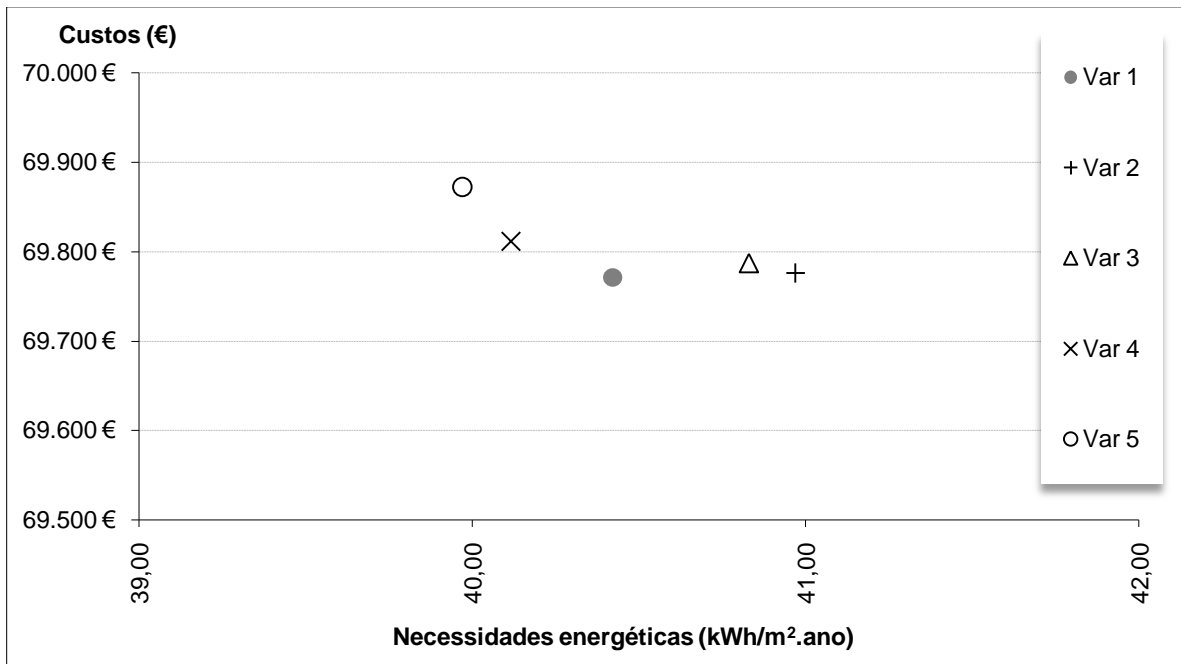


Figura 41 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 3, em Lisboa, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Figura 42 e a Tabela 47).

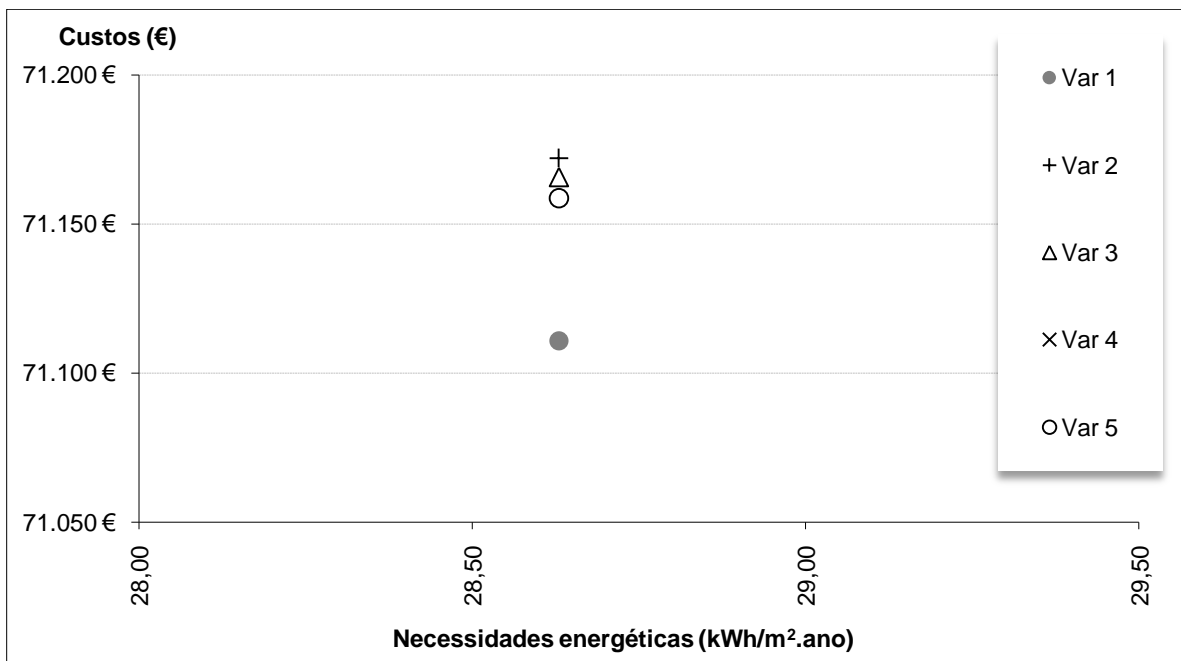


Figura 42 - Avaliação do impacto da imposição de consumo energético máximo aos pacotes de rentabilidade ótima para o edifício 3, em Lisboa, na vertente privada (complementar leitura da figura com a Tabela 47).

Tabela 47 – Pacotes de medidas abordados na Figura 41 e Figura 42.

Variante	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
2	W40	GW100	MW45	Alum_3.0 (0,76)
3	W40	MW80	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	RW140	MW60	Alum_3.0 (0,76)

5.3.2. Porto

Da mesma forma que para os restantes edifícios se observam padrões independentemente da localização, também no edifício 3 se observam tendências entre Lisboa e Porto, como se pode aferir observando a Figura 43. Os pacotes de medidas dos diferentes sistemas encontram-se na mesma gama de valores de necessidades e de custos que os do edifício situado em Lisboa.

A única exceção ao referido trata-se da medida de manutenção que, no Porto, não corresponde ao custo ótimo da vertente privada. Isto deve-se às condições climáticas de inverno no Porto serem mais adversas que em Lisboa, segundo a abordagem do RCCTE Lisboa é classificada como zona climática 1 e o Porto 2, no inverno, esta variação de clima reflete-se em maior grau na medida de manutenção em comparação com as restantes medidas de alteração da envolvente.

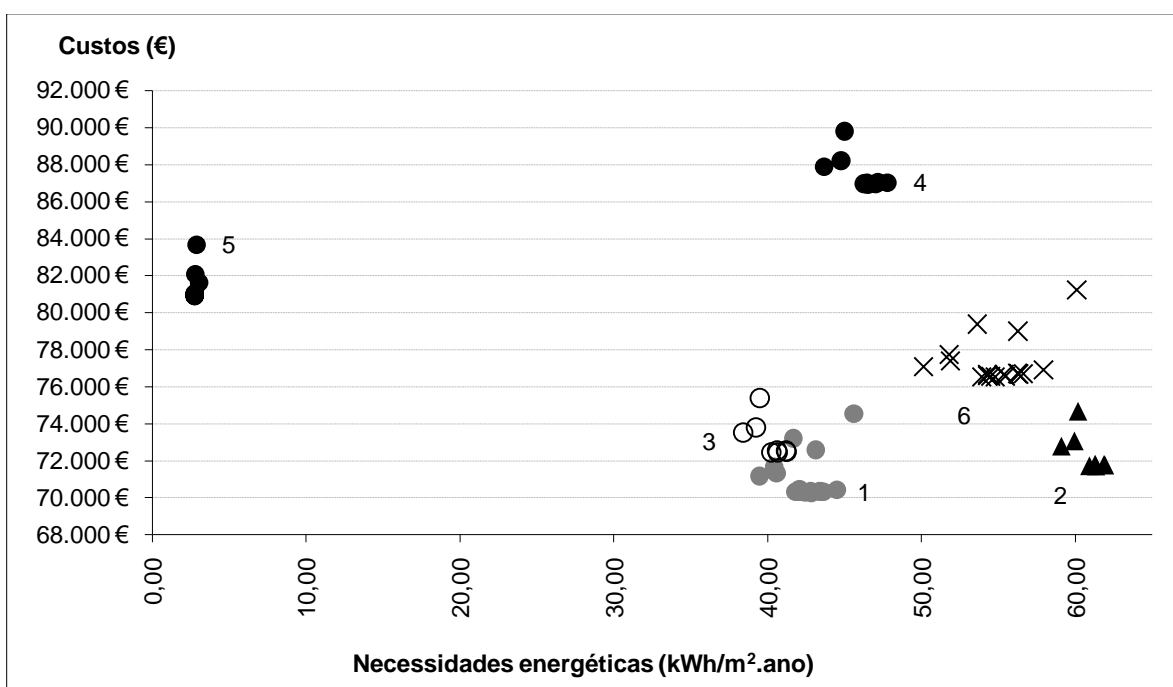


Figura 43 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 3, no Porto, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).

O custo ótimo é obtido para o pacote W40 + GW100 + MW60 + Alum_3.0 (0,76) + 1, em ambas as abordagens, o mesmo pacote com o qual se obtém o custo ótimo da vertente social em Lisboa. No que concerne os pacotes de rentabilidade ótima dos restantes grupos de equipamentos (consultar Tabela 48 e Tabela 49) verifica-se uma ligeira diminuição da resistência térmica da envolvente em relação à generalidade dos pacotes do edifício 2 na mesma zona, e, como expectável, há um aumento da resistência térmica das soluções da envolvente em relação ao mesmo edifício localizado em Lisboa.

Tabela 48 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, no Porto (perspetiva privada).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)

Tabela 49 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, no Porto (perspetiva social).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	RW140	MW60	Alum_3.0 (0,76)
6	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)

Quanto à imposição de um limite de consumo energético, não se observam alterações de relevo em comparação com o mesmo edifício localizado em Lisboa (consultar Figura 44).

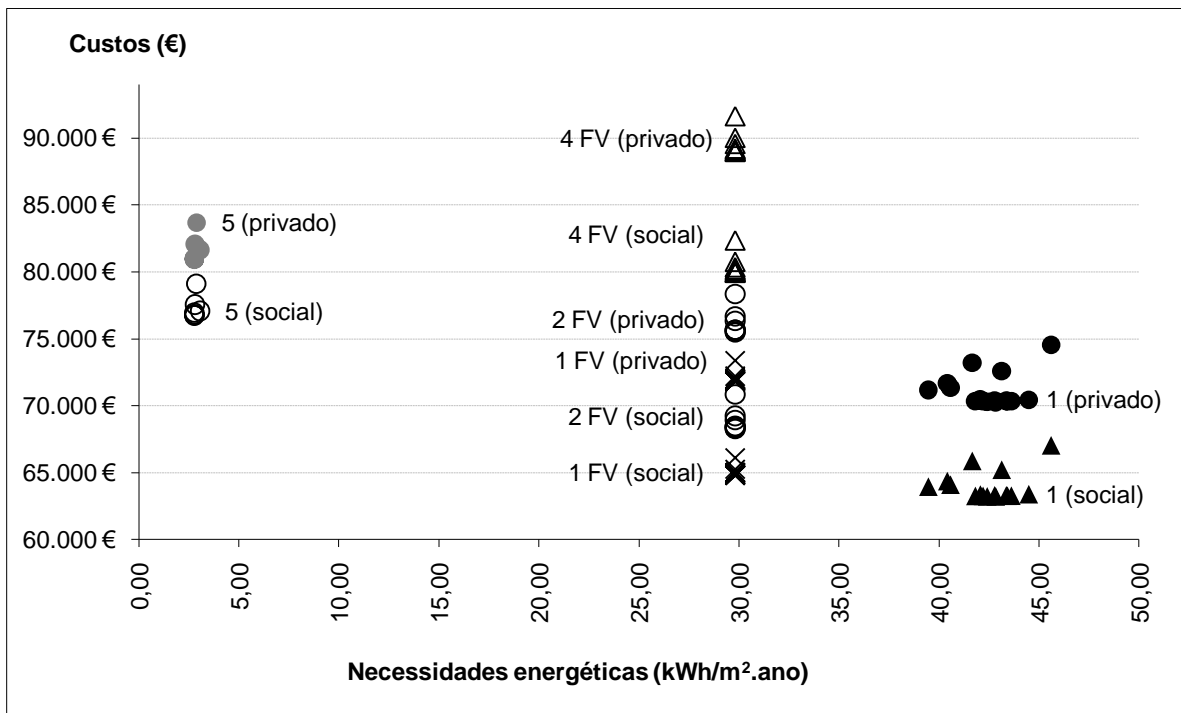


Figura 44 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 3 localizado no Porto (complementar com consulta da Tabela 31).

5.3.3. Bragança

Como seria de esperar há uma diferença significativa entre os pacotes de medidas de rentabilidade ótima do edifício 3 em função da zona testada. Na zona de Bragança verifica-se um aumento considerável das necessidades energéticas e dos custos globais da generalidade dos pacotes testados (consultar Figura 45).

No entanto, no que respeita ao posicionamento relativo das curvas dos pacotes de maior rentabilidade para cada sistema testado não há alterações de maior em relação ao edifício 2 para a mesma zona, sendo que se constata que, para esta localização, os pacotes de manutenção não têm qualquer relevância no que concerne o custo ótimo.

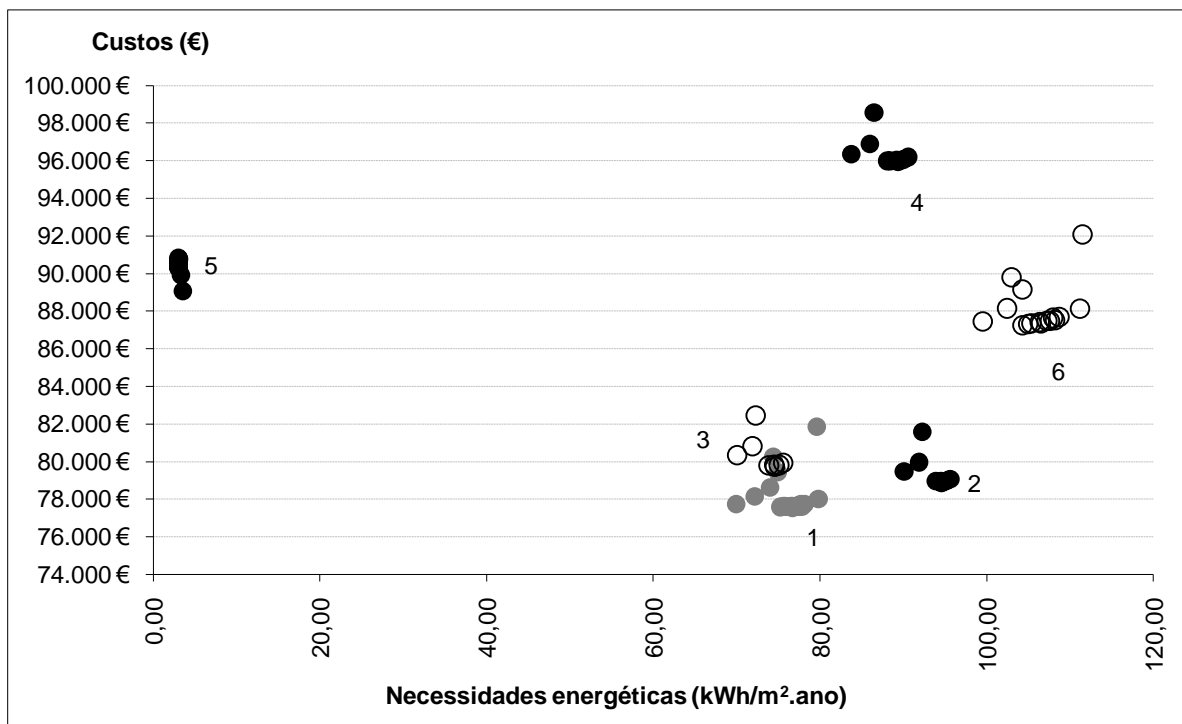


Figura 45 - Curvas custo/consumo dos pacotes de medidas aplicados ao edifício 3, em Bragança, na perspetiva privada (complementar com consulta da Tabela 31).

Com efeito, o pacote de custo ótimo é W40 + MW160 + Alum_3.0 (0,76) + 1, ou seja, o mesmo do edifício 2 para a mesma região. Os restantes grupos de sistemas apresentam, de modo geral, pacotes de rentabilidade ótima inferiores, em termos de resistência térmica da envolvente, em comparação com o edifício 2 na mesma zona (consultar Tabela 50).

Tabela 50 - Pacotes de rentabilidade ótima em cada conjunto de sistemas do edifício 3, em Bragança (perspetiva privada e social).

Conjunto sistemas	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1, 2 e 3	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	MW160	MW60	PVC_2.1 (0,76)
6	W40	MW160	MW60	PVC_2.1 (0,76)

Por fim, a imposição de um nível energético máximo resulta nos pacotes representados na Figura 46, não se observando alterações de relevo, além das já citadas, como o aumento de custos e de necessidades, em comparação com as restantes regiões.

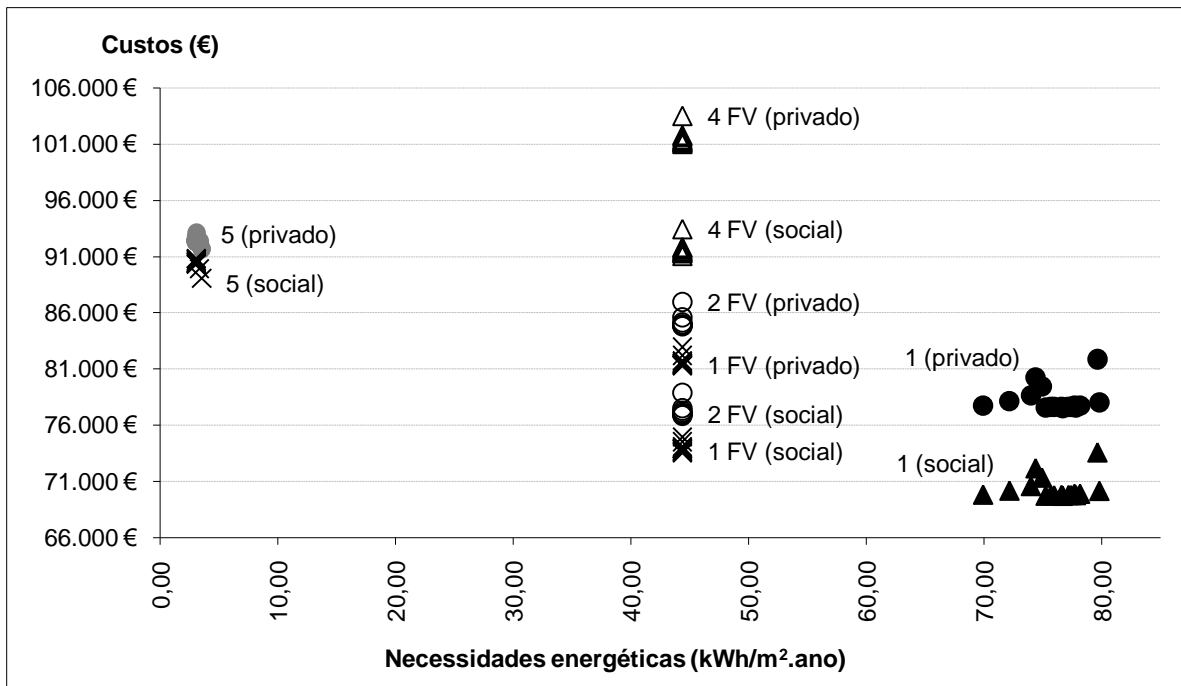


Figura 46 - Avaliação do custo ótimo para o nível mínimo de eficiência energética A+ para o edifício 3 localizado em Bragança (complementar com consulta da Tabela 31).

5.4. Análise global dos resultados

Com a avaliação feita no presente capítulo conclui-se que em todos os edifícios testados os sistemas de climatização e de AQS que permitem a obtenção do custo ótimo são, respetivamente, o ar condicionado e o esquentador a gás com apoio de solar térmico.

Ainda no que respeita à avaliação dos sistemas de climatização e de AQS, é possível concluir que a ordem da rentabilidade que cada um deles apresenta, quando comparados com os restantes, é a mesma independentemente do edifício ou da sua localização. A ordem de rentabilidade (sendo o 1º o mais rentável e 6º o menos rentável) das combinações de sistemas de climatização e de preparação de AQS apresenta-se na Tabela 51, referente à vertente privada, e na Tabela 52, referente à vertente social.

Tabela 51 – Ordem de custo global dos grupos de sistemas testados, na vertente privada.

Ordem de custo global	Aquecimento	Arrefecimento	AQS
1º	Ar condicionado	Ar condicionado	Esquentador a gás e solar térmico
2º	Ar condicionado	Ar condicionado	Termoacumulador elétrico e solar térmico
3º	Ar condicionado	Ar condicionado	Caldeira a gás e solar térmico
4º	Caldeira a gás	Ar condicionado	Caldeira a gás e solar térmico
5º	Biomassa	Ar condicionado	Biomassa
6º	Bomba de calor	Ar condicionado	Bomba de calor e solar térmico

Tabela 52 - Ordem de custo global dos grupos de sistemas testados, na vertente social.

Ordem de custo global	Aquecimento	Arrefecimento	AQS
1º	Ar condicionado	Ar condicionado	Esquentador a gás e solar térmico
2º	Ar condicionado	Ar condicionado	Termoacumulador elétrico e solar térmico
3º	Ar condicionado	Ar condicionado	Caldeira a gás e solar térmico
4º	Caldeira a gás	Ar condicionado	Caldeira a gás e solar térmico
5º	Bomba de calor	Ar condicionado	Bomba de calor e solar térmico
6º	Biomassa	Ar condicionado	Biomassa

Por outro lado, no que concerne à avaliação da imposição de um limite de consumo de energia, através do recurso à produção de energia renovável, verifica-se que há uma grande proximidade entre os pacotes de medidas mais rentáveis e os pacotes que apresentam custo ótimo sem qualquer restrição energética, acontecendo o mesmo na ordem de custo dos grupos de equipamentos testados.

Na Tabela 53 apresentam-se os pacotes de medidas de intervenção na envolvente dos edifícios de rentabilidade ótima, tanto na imposição de consumo energético máximo como sem qualquer imposição, sendo o pacote 1 de menor resistência térmica e o 5 de maior resistência térmica. Consta-se portanto uma convergência das soluções de rentabilidade ótima, resultando em apenas cinco pacotes distintos. Não obstante ao referido, convém salientar o facto de na referida tabela não se apresentar a solução de manutenção, que no edifício 3, localizado em Lisboa, é a de custo ótimo na vertente privada.

Por fim, na Tabela 54 é feita a indicação dos pacotes de medidas que, em cada edifício e em cada localização, levam à obtenção da rentabilidade ótima, em função do objetivo pretendido (restrição energética ou não). Uma vez mais, exclui-se desta análise a solução de manutenção simples (sem qualquer intervenção de reabilitação energética na envolvente), assumindo-se que no edifício 3, com localização em Lisboa, o pacote de custo ótimo é o que na realidade corresponde ao segundo pacote na ordem de rentabilidade.

Tabela 53 – Pacotes de medidas de rentabilidade máxima.

Pacote	Paredes exteriores	Cobertura	Pavimento	Envidraçados
1	W40	GW100	MW60	Alum_3.0 (0,76)
2	W40	GW120	MW60	Alum_3.0 (0,76)
3	W40	MW160	MW60	Alum_3.0 (0,76)
4	W40	MW160	MW100	Alum_3.0 (0,76)
5	W40	MW140	MW100	PVC_2.1 (0,76)

Tabela 54 - Comparação dos pacotes de rentabilidade ótima nos diferentes edifícios, localizações e objetivos pretendidos, na vertente privada (consultar Tabela 53).

Pacote	Objetivo	Edifício 1			Edifício 2			Edifício 3		
		Lisboa	Porto	Bragança	Lisboa	Porto	Bragança	Lisboa	Porto	Bragança
1	Custo ótimo	x						x	x	
	Restrição energética (A+)	x						x		
2	Custo ótimo		x		x	x				
	Restrição energética (A+)									
3	Custo ótimo									x
	Restrição energética (A+)					x			x	
4	Custo ótimo			x			x			
	Restrição energética (A+)		x		x					x
5	Custo ótimo									
	Restrição energética (A+)			x			x			

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

6. CONCLUSÕES

Neste capítulo, para além de ser abordado o conteúdo da dissertação de uma forma sumária, são citadas as principais conclusões a extrair deste estudo e algumas sugestões relevantes para trabalhos futuros.

6.1. Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo principal o estudo das medidas de eficiência energética para a obtenção do custo ótimo e a sua comparação com as medidas de rentabilidade ótima quando se estabelecem limites para a utilização de energia primária. Para tal, foi necessário estabelecer uma base de conhecimento sobre os requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios residenciais unifamiliares portugueses, tendo-se posteriormente expandido esse estudo a mais medidas, de forma a reduzir o consumo de energia primária para um limite máximo, correspondente ao valor para a obtenção de uma classe de certificação energética A+.

Com vista aos objetivos traçados foram utilizados uma série de processos e métodos, os quais se listam de forma resumida:

- Conhecimento dos padrões e tendências de relevância energética nos edifícios portugueses, ou seja, caracterização do parque habitacional português, pelo estabelecimento de edifícios de referência;
- Recolha de medidas de eficiência energética e de medidas baseadas nas fontes de energia renovável passíveis de uso na reabilitação do parque habitacional caracterizado;
- Cálculo das necessidades energéticas decorrentes da aplicação das medidas de eficiência energética e das medidas baseadas nas fontes de energia

renovável a cada um dos edifícios de referência, para localizações e níveis de energia distintos;

- Cálculo do custo global em termos de valor atual líquido da já citada aplicação das medidas de eficiência energética e das medidas baseadas nas fontes de energia renovável a cada um dos edifícios de referência, para localizações distintas;
- Determinação dos níveis ótimos de rentabilidade bem como o custo ótimo para cada um dos edifícios de referência em cada localização testada;

Em virtude da aplicação dos processos supra citados, é possível concluir, relativamente à obtenção do custo ótimo, que, para a generalidade dos edifícios residenciais unifamiliares portugueses, o custo ótimo é obtido com recurso a sistemas de ar condicionado para a climatização, em detrimento de sistemas como a bomba de calor, caldeira a gás natural ou caldeira de biomassa.

No que concerne à preparação de AQS, é mais rentável a utilização de um equipamento com gás natural como fonte de energia, como o esquentador, em detrimento da eletricidade. Constata-se, também, que a supressão do solar térmico é rentável para determinados sistemas de AQS, como o esquentador a gás, a bomba de calor ou a caldeira a gás, permitindo uma redução até 1500€ do custo ótimo.

Ainda relativamente à obtenção do custo ótimo conclui-se que, relativamente às soluções de envolvente, o sistema de isolamento de fachadas da marca *WEBBER* é muito condicionante na seleção do pacote de medidas ótimo, essencialmente pelo preço que apresenta, muito inferior ao da concorrência, mas também pela elevada diferença de preço entre as várias espessuras possíveis o que limita a utilização de espessuras elevadas pela sua perda de rentabilidade. O isolamento das paredes exteriores pelo exterior é mais rentável que o isolamento pelo interior, desde que exista necessidade de reparação das fachadas independentemente do sistema de reabilitação escolhido.

Conclui-se que, numa perspetiva de obtenção do custo ótimo, em edifícios das mesmas faixas de idades, a reabilitação é tanto mais cara quanto mais severa é a zona climática de

inverno, e que quanto mais recente o edifício menos se faz sentir a diferença entre os pacotes de medidas de intervenção energética. Nas habitações construídas após o aparecimento da legislação energética dos edifícios pode não compensar a reabilitação energética da envolvente do edifício numa perspetiva privada, sendo mais rentável a substituição dos sistemas e a reabilitação construtiva simples, principalmente em edifícios situados em zonas com invernos menos rigorosos.

Numa perspetiva de redução do consumo energético, o recurso à energia fotovoltaica combinado com os pacotes de rentabilidade máxima é mais rentável que a utilização de biomassa.

Com efeito, a redução do consumo de energia primária para um nível energético passível da classe energética A+ é conseguida, com o recurso à energia fotovoltaica, para pacotes idênticos ao pacote de custo ótimo no que diz respeito ao conjunto de medidas a aplicar na envolvente e aos sistemas de climatização e AQS. Em grande parte dos casos é rentável a utilização dos pacotes com consumo energético um pouco inferiores ao de custo ótimo, especialmente, em edifícios mais antigos ou em zonas mais frias.

Por conseguinte, o presente trabalho permite concluir que, prevendo-se a evolução da tecnologia relativa à energia fotovoltaica e consequente redução do seu custo, bem como o aumento das exigências regulamentares em relação ao consumo de energia primária, havendo a tendência para uma gradual imposição de limites cada vez mais baixos de consumo de energia, no futuro as medidas de reabilitação da envolvente que hoje são as de maior rentabilidade continuarão a sê-lo.

6.2. Proposta de trabalhos futuros

O presente trabalho, pela extensão do assunto e pela constante evolução do conhecimento e tecnologias que aborda, pode ser constante objeto de complementaridade, especialmente no que respeita às medidas de eficiência energética e de produção/utilização de energia renovável utilizadas e nas tendências de evolução dos custos.

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Da realização deste estudo resultou, ainda, a crença de que o recurso a uma maior variedade de soluções de equipamentos, bem como um estudo mais aprofundado das reais necessidades de reabilitação construtiva do parque habitacional português podem levar a resultados mais precisos e significativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Publicações

Almeida, M. (1987). *Caracterização da inércia térmica de paredes maciças*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Térmica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal.

Almeida, M.; Ferreira, M.; Rodrigues, A. (2013). *Reabilitação energética do parque residencial: metodologia para determinação de soluções de custo ótimo*. In *Materiais de Construção* 165, 44–50.

Andaloro, A., Salomone, R., Ioppolo, G., Andaloro, L. (2010). *Energy certification of buildings: a comparative analysis of progress towards implementation in European countries*. In *Energy Policy* 38, 5840–5866.

Archer, D.; Pierrehumbert, R. (2011). *The warming papers: the scientific foundation for the climate change forecast*. Oxford, Wiley-Blackwell, 2011.

Barros, C. (2013). *Produção de pellets para valorização de resíduos da indústria corticeira*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Universidade do Minho. Portugal.

Blesl, M.; Kober, T.; Bruchof, D.; Kuder, R. (2010). *Effects of climate and energy policy related measures and targets on the future structure of the European energy system in 2020 and beyond*. In *Energy Policy* 38, 6278–6292.

BPIE – Buildings Performance Institute Europe (2011). *Europe's buildings under the microscope: a country-by-country review of the energy performance of buildings*. Bruxelas. BPIE, 2011.

BPIE – Buildings Performance Institute Europe (2013). *Implementing the cost-optimal methodology in EU countries: lessons learned from three case studies*. Bruxelas. BPIE, 2013.

Camelo, S.; Santos, C.; Ramalho, Á.; Horta, C.; Gonçalves, H.; Maldonado, E. (2006). *Manual de apoio à aplicação do RCCTE*. Lisboa. INETI, 2006.

Cerdeira, C. (2011). *Avaliação de sistemas de climatização em edifícios residenciais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Portugal.

CO₂OLBRICKS (2012). *Refurbishment for the energy efficiency of historic buildings in member states in the Baltic Sea Region, Co₂olBricks Handbook of Work Package 4*. Departamento da Preservação do Património, Hamburgo, 2012.

Comissão Europeia (2009). *EU energy trends to 2030*. Directorate-General for Energy.

Decreto-Lei 38382/1951 de 7 de Agosto. *Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU)*. Lisboa, 1951.

Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril. *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*. In Diário da República, I Série – A, n.67, 4 de Abril de 2006, Lisboa, 2006.

Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril. *Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)*. In Diário da República, I Série – A, n.67, 4 de Abril de 2006, Lisboa, 2006.

Dinis, J. (2008). *Análise do nível ótimo de isolamento térmico de edifícios em Portugal*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade de Aveiro. Portugal.

Diretiva Europeia do Desempenho Energético dos Edifícios, 2002/91/CE (EPBD).

Diretiva Europeia do Desempenho Energético dos Edifícios, 2010/31/UE (EPBD - recast).

Diretiva Europeia relativa à eficiência energética, 2012/27/UE.

European Environmental Bureau (2011). *Saving energy in Europe: 15 good practice case studies*.

Eurostat (2013). *Energy consumption: EU27 energy dependence rate at 54% in 2011*.
Eurostat

Ferreira, J.; Pinheiro, M. (2011). *In search of better performance in the Portuguese buildings: the case of study of the Portuguese regulation*. In Energy Policy 30, 7666-7683.

Ferreira, M. (2009). *A eficiência energética na reabilitação de edifícios*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

Fugler, D. (2008). *Approaching net-zero energy in existing housing*. CMHC, Ontario, 2009.

Gonçalves, H.; Cabrito, P. (2006). *Edifício Solar XXI: Um Edifício Energeticamente Eficiente em Portugal*. Lisboa, Portugal.

Governo Dinamarquês (2011). *Energy strategy 2050: From coal, oil and gas to green energy*. Fevereiro 2011.

Gram-Hanssen, K. (2011). Congresso World Renewable Energy. *Existing buildings: users, renovations and policy*. Maio de 2011. Suécia.

Houghton, J.; Ding, Y.; Griggs, D.; Noguer, M.; van der Linden, P.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C. (2001). *Climate change 2001: the scientific basis*. Publicado para o painel intergovernamental sobre as alterações climáticas. Cambridge University Press, 2001.

IEA – International Energy Agency (2011). *Energy-efficient buildings: heating and cooling equipment*. OECD/IEA. França.

IEA – International Energy Agency (2011). *World energy outlook*. OECD/IEA. França.

INE – Instituto Nacional de Estatística (2011). *Inquérito ao consumo de energia no setor doméstico 2010*. Lisboa, INE, 2011.

Jardim, F. (2009). *Proposta de intervenção de reabilitação energética de edifícios de habitação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Portugal.

Kiyar, D.; Jentgens, A.; Thomas, S. (2012). *Good practice package for buildings in Denmark*.

Manso, J. (2008). *Avaliação Energética e Ambiental de Edifícios de Habitação - Impacto da Utilização de Diferentes Sistemas Energéticos e Energia Primária*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Universidade de Aveiro. Portugal.

Mendes, J.; Salgueiro, A.; Cardoso, J.; Coelho, R. (2010). *A integração de energias renováveis em edifícios*. In *Ambiente e Construção*, 17-23.

ODYSSEE & MURE (2011). *Energy efficiency profile: Denmark*. Maio 2011.

Pasquier, S.; Saussay, A. (2012). *Progress implementing the IEA 25 energy efficiency policy recommendations*. OECD/IEA, França.

Peixoto de Freitas, V. (2007). Seminário sobre Paredes de Alvenaria. *Implicações construtivas no RCCTE na conceção de paredes de alvenaria*. Portugal.

Pérez-Lombard, L.; Ortiz, J.; Pout, C. (2007). *A review on buildings energy consumption information*. In *Energy and Buildings* 40, 394 – 398.

Pinheiro, M. (2006). *Ambiente e Construção Sustentável*. Amadora, Instituto do Ambiente, 2006.

Poel, B., Van Cruchten, G., Balaras, C.A. (2007). *Energy performance assessment of existing dwellings*. In *Energy and Buildings* 39, 393–403.

Regulamento Delegado, 244/2012/UE.

Sá, A. (2009). *Caraterização da recolha de matéria-prima para a produção de pellets*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade de Aveiro. Portugal.

Schiemer, S. (2011). *Efficient homes: German experiences with deep retrofit*. Conferência anual IIEA, 23 de Setembro de 2011. Dublin.

Togeby, M.; Dyhr-Mikkelsen; Larsen, A.; Hansen, M.; Bach, P. (2009): *Danish Energy Efficiency Policy: revisited and future improvements*. In ECEEE Summer Study 2009.

Websites

Statistics Austria – The information manager. Website de informação estatística. Consultado em Fevereiro de 2013. Disponível em http://www.statistik.at/web_en/statistics/index.html.

National Geographic, The Greenhouse Effect. Consultado em Fevereiro de 2013. Disponível em <http://environment.nationalgeographic.com/environment/global-warming/gw-overview-interactive>.

National Refurbishment Centre. Website de promoção da reabilitação sustentável na Europa. Consultado em Fevereiro de 2013. Disponível em <http://www.rethinkingrefurbishment.com/page.jsp?id=314>.

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

State of Green. Website de promoção do desenvolvimento sustentável na Dinamarca. Consultado em Fevereiro de 2013. Disponível em http://www.stateofgreen.com/en/Energy-Efficiency?gclid=CI2_9NSGxbUCFeXLtAodLi0Aag.

Gerador de preços. Base de dados de produtos para construção civil da Cype Ingenieros, SA. Consultado em Abril de 2013. Disponível em <http://www.geradordeprecos.info/>.

Photovoltaic Geographical Information System – Interactive Maps. Base de dados com informação de potencial de produção de energia fotovoltaica na Europa. Consultado em Junho de 2013. Disponível em <http://re.jrc.ec.europa.eu/pygis/apps4/pvest.php>.

ANEXOS

Anexo I. Descrição dos pacotes de reabilitação do edifício 1 em Lisboa

Solução	Descrição
Base	Manutenção + [Res_elec + AC_elec + Esq_Gas]
1	Env_WEBER40mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
2	Env_WEBER50mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
3	Env_EPS50mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
4	Env_EPS60mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
5	Env_WEBER40mm + Cob_MW80mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
6	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
7	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
8	Env_WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
9	Env_WEBER40mm + Cob_GW140mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
10	Env_WEBER40mm + Cob_MW160mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
11	Env_WEBER40mm + Cob_MW200mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
12	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 45mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
13	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
14	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
15	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
16	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 100mm + PVC_U2.4 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
17	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
18	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.0 ($g_{\perp v}$ 0.39) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
19	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 ($g_{\perp v}$ 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Descrição
20	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U2.7 (g ⁻¹ v 0.75) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
21	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U2.6 (g ⁻¹ v 0.39) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
22	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
23	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
24	Env_ WEBER40mm + Cob_MW200mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
25	Env_ WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
26	Env_ WEBER40mm + Cob_MW200mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
27	Env_ WEBER40mm + Cob_MW160mm + PT MW 100mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
28	Env_ WEBER40mm + Cob_GW140mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
29	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68]
30	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68]
31	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68]
32	Env_ WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68]
33	Env_ WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68]
34	Env_ WEBER50mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68]
35	Env_ WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68]
36	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80%]
37	Env_ WEBER50mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80%]
38	Env_ WEBER40mm + Cob_MW80mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80%]
39	Env_ WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80%]
40	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80%]
41	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80%]

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Descrição
42	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80%]
43	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
44	Env_WEBER50mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
45	Env_WEBER40mm + Cob_MW80mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
46	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
47	Env_WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
48	Env_WEBER40mm + Cob_GW140mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
49	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
50	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
51	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
52	Env_WEBER40mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
53	Env_WEBER50mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
54	Env_EPS50mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
55	Env_EPS60mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
56	Env_WEBER40mm + Cob_MW80mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
57	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
58	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
59	Env_WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
60	Env_WEBER40mm + Cob_GW140mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
61	Env_WEBER40mm + Cob_MW160mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
62	Env_WEBER40mm + Cob_MW200mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]
63	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 45mm + PVC_U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109%]

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Descrição
64	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT RW 50mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
65	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
66	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 70mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
67	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 100mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
68	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
69	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.0 (g [↓] v 0.39) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
70	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
71	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U2.7 (g [↓] v 0.75) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
72	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U2.6 (g [↓] v 0.39) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
73	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
74	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
75	Env_ WEBER40mm + Cob_ MW200mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
76	Env_ WEBER40mm + Cob_ RW140mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
77	Env_ WEBER40mm + Cob_ MW200mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
78	Env_ WEBER40mm + Cob_ MW160mm + PT MW 100mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
79	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW140mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 +Gas Boiler_Nac 109%]
80	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09]
81	Env_ WEBER50mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09]
82	Env_ WEBER40mm + Cob_ MW80mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09]
83	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09]
84	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09]
85	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09]

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Descrição
86	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09]
87	Manutenção + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
88	Manutenção + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68]
89	Manutenção + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80%]
90	Manutenção + [Multi Split_Nvc 3.50 + Biomassa]
91	Manutenção + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80%]
92	Env_Int_RW40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
93	Env_Int_RW60mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
94	Env_Int_GW100mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87%]
95	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% s/Solar Térmico]
96	Env_WEBER50mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% s/Solar Térmico]
97	Env_WEBER40mm + Cob_MW80mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% s/ Solar Térmico]
98	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% s/ Solar Térmico]
99	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% s/ Solar Térmico]
100	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% s/ Solar Térmico]
101	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% s/ Solar Térmico]
102	Env_WEBER40mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109% s/ Solar Térmico]
103	Env_WEBER50mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109% s/ Solar Térmico]
104	Env_EPS50mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109% s/ Solar Térmico]
105	Env_EPS60mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109% s/ Solar Térmico]
106	Env_WEBER40mm + Cob_MW80mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109% s/ Solar Térmico]
107	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109% s/ Solar Térmico]
108	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109% s/ Solar Térmico]
109	Env_WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g [↓] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Gas Boiler_Nac 109% s/ Solar Térmico]

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Descrição
110	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW140mm + PT RW 30mm + PVC_ U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
111	Env_ WEBER40mm + Cob_ MW160mm + PT RW 30mm + PVC_ U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
112	Env_ WEBER40mm + Cob_ MW200mm + PT RW 30mm + PVC_ U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
113	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 45mm + PVC_ U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
114	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT RW 50mm + PVC_ U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
115	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + PVC_ U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
116	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 70mm + PVC_ U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
117	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 100mm + PVC_ U2.4 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
118	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + PVC_ U2.1 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
119	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + PVC_ U2.0 (g [⊥] v 0.39) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
120	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + Alum_ U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
121	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + Alum_ U2.7 (g [⊥] v 0.75) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
122	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 60mm + Alum_ U2.6 (g [⊥] v 0.39) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
123	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT RW 50mm + Alum_ U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
124	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW100mm + PT MW 70mm + Alum_ U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
125	Env_ WEBER40mm + Cob_ MW200mm + PT MW 70mm + Alum_ U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
126	Env_ WEBER40mm + Cob_ RW140mm + PT MW 70mm + Alum_ U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
127	Env_ WEBER40mm + Cob_ MW200mm + PT RW 50mm + Alum_ U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
128	Env_ WEBER40mm + Cob_ MW160mm + PT MW 100mm + Alum_ U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]
129	Env_ WEBER40mm + Cob_ GW140mm + PT MW 60mm + Alum_ U3.0 (g [⊥] v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_ Nvc 3.50 +Gas Boiler_ Nac 109% s/ Solar Térmico]

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Descrição
131	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 s/Solar Térmico]
132	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 s/Solar Térmico]
133	Env_ WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 s/Solar Térmico]
134	Env_ WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 s/Solar Térmico]
135	Env_ WEBER50mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 s/Solar Térmico]
136	Env_ WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 s/Solar Térmico]
137	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09 s/ Solar Térmico]
138	Env_ WEBER50mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09 s/ Solar Térmico]
139	Env_ WEBER40mm + Cob_MW80mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09 s/ Solar Térmico]
140	Env_ WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09 s/ Solar Térmico]
141	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09 s/ Solar Térmico]
142	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09 s/ Solar Térmico]
143	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split_Nvc 3.50 + Gas Boiler_NicNac 1.09 s/ Solar Térmico]
144	Env_ WEBER40mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
145	Env_ WEBER50mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
146	Env_ EPS50mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
147	Env_ EPS60mm + Cob_XPS30mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
148	Env_ WEBER40mm + Cob_MW80mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
149	Env_ WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
150	Env_ WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
151	Env_ WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
152	Env_ WEBER40mm + Cob_GW140mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Descrição
153	Env_WEBER40mm + Cob_MW160mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
154	Env_WEBER40mm + Cob_MW200mm + PT RW 30mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
155	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 45mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
156	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
157	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
158	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
159	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 100mm + PVC_U2.4 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
160	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
161	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.0 (g ⁻¹ v 0.39) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
162	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
163	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U2.7 (g ⁻¹ v 0.75) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
164	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U2.6 (g ⁻¹ v 0.39) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
165	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
166	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
167	Env_WEBER40mm + Cob_MW200mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
168	Env_WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
169	Env_WEBER40mm + Cob_MW200mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
170	Env_WEBER40mm + Cob_MW160mm + PT MW 100mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
171	Env_WEBER40mm + Cob_GW140mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + Aq_gás_Nac 87% + Fotovoltaico_A+]
172	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 + Fotovoltaico_A+]
173	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 + Fotovoltaico_A+]
174	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 + Fotovoltaico_A+]

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Descrição
175	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 + Fotovoltaico_A+]
176	Env_WEBER40mm + Cob_RW140mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 + Fotovoltaico_A+]
177	Env_WEBER50mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 + Fotovoltaico_A+]
178	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g ⁻¹ v 0.76) + [Bomba de calor NicNac 3.33 + Nvc 2.68 + Fotovoltaico_A+]
179	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% + Fotovoltaico_A+]
180	Env_WEBER50mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% + Fotovoltaico_A+]
181	Env_WEBER40mm + Cob_MW80mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% + Fotovoltaico_A+]
182	Env_WEBER40mm + Cob_GW120mm + PT MW 60mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% + Fotovoltaico_A+]
183	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT RW 50mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% + Fotovoltaico_A+]
184	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 70mm + Alum_U3.0 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% + Fotovoltaico_A+]
185	Env_WEBER40mm + Cob_GW100mm + PT MW 60mm + PVC_U2.1 (g ⁻¹ v 0.76) + [Multi Split Nic 4.10_Nvc 3.50 + DHW Electric 80% + Fotovoltaico_A+]

Anexo II. Custos decorrentes da aplicação de cada pacote de reabilitação no edifício 1 com localização em Lisboa

Solução	Custo inicial global		Custos de exploração (30 anos)		Custos totais (30 anos)	
	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social
Base	18.303 €	15.125 €	79.179 €	75.201 €	97.482 €	90.326 €
1	36.027 €	30.282 €	19.661 €	20.135 €	55.688 €	50.417 €
2	36.881 €	30.976 €	19.515 €	20.020 €	56.397 €	50.996 €
3	37.516 €	31.492 €	19.370 €	19.901 €	56.886 €	51.393 €
4	37.727 €	31.664 €	19.250 €	19.799 €	56.977 €	51.463 €
5	36.144 €	30.377 €	18.866 €	19.421 €	55.010 €	49.799 €
6	36.215 €	30.435 €	18.732 €	19.301 €	54.947 €	49.736 €
7	36.321 €	30.521 €	18.638 €	19.217 €	54.960 €	49.739 €
8	36.416 €	30.598 €	18.595 €	19.178 €	55.011 €	49.776 €
9	36.477 €	30.648 €	18.569 €	19.155 €	55.046 €	49.803 €
10	36.503 €	30.669 €	18.516 €	19.108 €	55.020 €	49.777 €
11	36.733 €	30.856 €	18.439 €	19.039 €	55.172 €	49.895 €
12	36.274 €	30.483 €	18.483 €	19.078 €	54.757 €	49.561 €
13	36.367 €	30.558 €	18.419 €	19.022 €	54.786 €	49.580 €
14	36.383 €	30.572 €	18.286 €	18.902 €	54.670 €	49.474 €
15	36.500 €	30.666 €	18.275 €	18.893 €	54.775 €	49.559 €
16	36.731 €	30.854 €	18.119 €	18.755 €	54.850 €	49.609 €
17	36.401 €	30.586 €	18.229 €	18.853 €	54.630 €	49.439 €
18	36.601 €	30.749 €	18.462 €	19.076 €	55.063 €	49.825 €
19	35.845 €	30.134 €	18.357 €	18.951 €	54.202 €	49.086 €
20	36.756 €	30.874 €	18.610 €	19.262 €	55.366 €	50.137 €
21	36.955 €	31.037 €	18.803 €	19.437 €	55.758 €	50.474 €
22	35.829 €	30.121 €	18.491 €	19.071 €	54.320 €	49.192 €
23	35.962 €	30.229 €	18.346 €	18.942 €	54.308 €	49.171 €
24	36.479 €	30.650 €	18.056 €	18.681 €	54.535 €	49.331 €
25	36.223 €	30.442 €	18.184 €	18.797 €	54.408 €	49.238 €
26	36.346 €	30.542 €	18.199 €	18.809 €	54.545 €	49.351 €
27	36.481 €	30.651 €	17.975 €	18.611 €	54.456 €	49.262 €
28	36.107 €	30.347 €	18.195 €	18.806 €	54.302 €	49.153 €

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Custo inicial global		Custos de exploração (30 anos)		Custos totais (30 anos)	
	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social
29	46.879 €	40.006 €	16.730 €	17.442 €	63.610 €	57.448 €
30	46.863 €	39.992 €	16.897 €	17.592 €	63.759 €	57.584 €
31	46.996 €	40.100 €	16.716 €	17.430 €	63.712 €	57.530 €
32	46.986 €	40.092 €	16.615 €	17.339 €	63.601 €	57.431 €
33	47.080 €	40.169 €	16.561 €	17.290 €	63.641 €	57.459 €
34	47.840 €	40.786 €	16.423 €	17.182 €	64.263 €	57.968 €
35	47.542 €	40.544 €	16.444 €	17.202 €	63.986 €	57.746 €
36	35.280 €	29.629 €	19.247 €	19.857 €	54.527 €	49.486 €
37	36.134 €	30.323 €	19.104 €	19.744 €	55.238 €	50.067 €
38	35.209 €	29.571 €	19.380 €	19.976 €	54.589 €	49.548 €
39	35.387 €	29.715 €	19.154 €	19.774 €	54.541 €	49.489 €
40	35.264 €	29.615 €	19.381 €	19.977 €	54.645 €	49.593 €
41	35.396 €	29.723 €	19.236 €	19.848 €	54.633 €	49.571 €
42	35.836 €	30.081 €	19.119 €	19.759 €	54.956 €	49.840 €
43	41.528 €	35.218 €	20.358 €	23.614 €	61.886 €	58.831 €
44	42.381 €	35.912 €	20.103 €	23.305 €	62.484 €	59.217 €
45	41.457 €	35.160 €	20.568 €	23.866 €	62.024 €	59.026 €
46	41.634 €	35.304 €	20.211 €	23.437 €	61.845 €	58.741 €
47	41.728 €	35.381 €	20.143 €	23.354 €	61.871 €	58.734 €
48	41.789 €	35.430 €	20.103 €	23.305 €	61.892 €	58.736 €
49	41.617 €	35.290 €	20.422 €	23.690 €	62.039 €	58.981 €
50	41.750 €	35.398 €	20.193 €	23.414 €	61.942 €	58.812 €
51	42.190 €	35.756 €	19.944 €	23.096 €	62.134 €	58.852 €
52	38.769 €	32.735 €	20.350 €	20.870 €	59.120 €	53.605 €
53	38.943 €	32.574 €	20.204 €	20.754 €	59.148 €	53.329 €
54	40.258 €	33.945 €	20.059 €	20.635 €	60.317 €	54.581 €
55	40.469 €	34.117 €	19.939 €	20.533 €	60.408 €	54.650 €
56	38.886 €	32.831 €	19.555 €	20.156 €	58.441 €	52.986 €
57	38.957 €	32.888 €	19.421 €	20.036 €	58.378 €	52.924 €
58	39.064 €	32.975 €	19.327 €	19.952 €	58.391 €	52.926 €
59	39.158 €	33.051 €	19.284 €	19.913 €	58.442 €	52.964 €

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Custo inicial global		Custos de exploração (30 anos)		Custos totais (30 anos)	
	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social
60	39.219 €	33.101 €	19.258 €	19.890 €	58.477 €	52.991 €
61	39.246 €	33.123 €	19.205 €	19.842 €	58.451 €	52.965 €
62	39.475 €	33.309 €	19.128 €	19.773 €	58.603 €	53.082 €
63	39.016 €	32.936 €	19.172 €	19.813 €	58.188 €	52.749 €
64	39.109 €	33.011 €	19.108 €	19.756 €	58.217 €	52.768 €
65	39.126 €	33.025 €	18.975 €	19.637 €	58.101 €	52.662 €
66	39.242 €	33.119 €	18.964 €	19.628 €	58.206 €	52.747 €
67	39.473 €	33.307 €	18.808 €	19.489 €	58.281 €	52.797 €
68	39.144 €	33.040 €	18.918 €	19.587 €	58.062 €	52.627 €
69	39.343 €	33.202 €	19.151 €	19.811 €	58.494 €	53.013 €
70	38.588 €	32.588 €	19.046 €	19.686 €	57.634 €	52.273 €
71	39.498 €	33.327 €	19.299 €	19.997 €	58.797 €	53.324 €
72	39.697 €	33.490 €	19.492 €	20.172 €	59.189 €	53.661 €
73	38.571 €	32.574 €	19.180 €	19.806 €	57.751 €	52.380 €
74	38.704 €	32.682 €	19.035 €	19.677 €	57.739 €	52.359 €
75	39.221 €	33.103 €	18.745 €	19.416 €	57.966 €	52.519 €
76	38.965 €	32.895 €	18.873 €	19.531 €	57.839 €	52.426 €
77	39.088 €	32.995 €	18.888 €	19.544 €	57.977 €	52.539 €
78	39.223 €	33.104 €	18.664 €	19.346 €	57.888 €	52.450 €
79	38.849 €	32.800 €	18.884 €	19.540 €	57.734 €	52.341 €
80	38.588 €	32.588 €	19.738 €	23.826 €	58.326 €	56.413 €
81	39.442 €	33.282 €	19.499 €	23.492 €	58.940 €	56.774 €
82	38.517 €	32.530 €	19.937 €	24.095 €	58.454 €	56.625 €
83	38.694 €	32.674 €	19.599 €	23.637 €	58.293 €	56.311 €
84	38.571 €	32.574 €	19.939 €	24.098 €	58.510 €	56.672 €
85	38.704 €	32.682 €	19.721 €	23.801 €	58.424 €	56.483 €
86	39.144 €	33.040 €	19.491 €	23.454 €	58.634 €	56.494 €
87	27.456 €	23.313 €	31.416 €	31.335 €	58.872 €	54.649 €
88	38.490 €	33.185 €	32.180 €	31.971 €	70.669 €	65.156 €
89	26.890 €	22.808 €	32.306 €	32.242 €	59.197 €	55.049 €

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Custo inicial global		Custos de exploração (30 anos)		Custos totais (30 anos)	
	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social
90	35.427 €	30.445 €	40.789 €	48.051 €	76.217 €	78.497 €
91	24.601 €	20.759 €	36.307 €	35.497 €	60.908 €	56.257 €
92	37.053 €	31.116 €	22.844 €	24.211 €	59.897 €	55.327 €
93	37.133 €	31.181 €	22.518 €	23.918 €	59.651 €	55.099 €
94	37.506 €	31.485 €	22.215 €	23.649 €	59.721 €	55.134 €
95	32.990 €	27.580 €	23.248 €	23.113 €	56.239 €	50.693 €
96	33.844 €	28.275 €	23.105 €	23.000 €	56.949 €	51.274 €
97	32.920 €	27.523 €	23.381 €	23.232 €	56.301 €	50.755 €
98	33.097 €	27.667 €	23.155 €	23.030 €	56.252 €	50.696 €
99	32.974 €	27.567 €	23.382 €	23.233 €	56.356 €	50.800 €
100	33.107 €	27.675 €	23.237 €	23.104 €	56.344 €	50.779 €
101	33.546 €	28.032 €	23.120 €	23.015 €	56.667 €	51.047 €
102	36.480 €	30.687 €	20.608 €	21.479 €	57.088 €	52.165 €
103	36.654 €	30.526 €	20.462 €	21.363 €	57.116 €	51.889 €
104	37.968 €	31.897 €	20.317 €	21.244 €	58.285 €	53.141 €
105	38.179 €	32.069 €	20.197 €	21.142 €	58.377 €	53.211 €
106	36.597 €	30.782 €	19.813 €	20.765 €	56.409 €	51.547 €
107	36.668 €	30.840 €	19.679 €	20.644 €	56.346 €	51.484 €
108	36.774 €	30.926 €	19.585 €	20.560 €	56.359 €	51.487 €
109	36.868 €	31.003 €	19.542 €	20.521 €	56.410 €	51.524 €
110	36.929 €	31.052 €	19.516 €	20.499 €	56.446 €	51.551 €
111	36.956 €	31.074 €	19.463 €	20.451 €	56.419 €	51.525 €
112	37.185 €	31.260 €	19.386 €	20.382 €	56.571 €	51.642 €
113	36.727 €	30.888 €	19.430 €	20.421 €	56.157 €	51.309 €
114	36.819 €	30.963 €	19.366 €	20.365 €	56.185 €	51.328 €
115	36.836 €	30.976 €	19.233 €	20.246 €	56.069 €	51.222 €
116	36.952 €	31.071 €	19.222 €	20.236 €	56.174 €	51.307 €
117	37.183 €	31.259 €	19.066 €	20.098 €	56.249 €	51.357 €
118	36.854 €	30.991 €	19.176 €	20.196 €	56.030 €	51.187 €
119	37.054 €	31.153 €	19.409 €	20.420 €	56.462 €	51.573 €

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Custo inicial global		Custos de exploração (30 anos)		Custos totais (30 anos)	
	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social
120	36.298 €	30.539 €	19.304 €	20.294 €	55.602 €	50.833 €
121	37.208 €	31.279 €	19.557 €	20.606 €	56.765 €	51.885 €
122	37.408 €	31.441 €	19.750 €	20.780 €	57.158 €	52.222 €
123	36.281 €	30.525 €	19.438 €	20.415 €	55.719 €	50.940 €
124	36.414 €	30.633 €	19.293 €	20.285 €	55.707 €	50.919 €
125	36.931 €	31.054 €	19.003 €	20.025 €	55.934 €	51.079 €
126	36.676 €	30.846 €	19.131 €	20.140 €	55.807 €	50.986 €
127	36.799 €	30.946 €	19.146 €	20.153 €	55.945 €	51.099 €
128	36.933 €	31.056 €	18.922 €	19.954 €	55.856 €	51.010 €
129	36.560 €	30.752 €	19.142 €	20.149 €	55.702 €	50.901 €
130	44.590 €	37.957 €	16.714 €	17.093 €	61.304 €	55.050 €
131	44.573 €	37.943 €	16.881 €	17.242 €	61.454 €	55.186 €
132	44.706 €	38.051 €	16.700 €	17.081 €	61.406 €	55.133 €
133	44.696 €	38.043 €	16.599 €	16.990 €	61.295 €	55.033 €
134	44.790 €	38.120 €	16.545 €	16.941 €	61.335 €	55.061 €
135	45.550 €	38.738 €	16.407 €	16.833 €	61.957 €	55.570 €
136	45.252 €	38.496 €	16.428 €	16.852 €	61.680 €	55.348 €
137	36.298 €	30.539 €	19.996 €	24.435 €	56.294 €	54.974 €
138	37.152 €	31.233 €	19.757 €	24.101 €	56.908 €	55.335 €
139	36.227 €	30.481 €	20.195 €	24.704 €	56.422 €	55.186 €
140	36.404 €	30.625 €	19.857 €	24.246 €	56.261 €	54.871 €
141	36.281 €	30.525 €	20.197 €	24.707 €	56.478 €	55.232 €
142	36.414 €	30.633 €	19.979 €	24.410 €	56.392 €	55.043 €
143	36.854 €	30.991 €	19.749 €	24.063 €	56.603 €	55.054 €
144	41.125 €	34.843 €	16.314 €	17.355 €	57.439 €	52.198 €
145	41.738 €	35.321 €	16.332 €	17.376 €	58.070 €	52.698 €
146	42.131 €	35.622 €	16.335 €	17.380 €	58.467 €	53.001 €
147	42.180 €	35.648 €	16.329 €	17.372 €	58.509 €	53.020 €
148	40.272 €	34.070 €	16.151 €	17.166 €	56.423 €	51.236 €
149	40.174 €	33.977 €	16.122 €	17.133 €	56.296 €	51.110 €

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Custo inicial global		Custos de exploração (30 anos)		Custos totais (30 anos)	
	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social
150	40.166 €	33.961 €	16.103 €	17.111 €	56.269 €	51.071 €
151	40.212 €	33.994 €	16.095 €	17.101 €	56.307 €	51.096 €
152	40.243 €	34.017 €	16.090 €	17.095 €	56.333 €	51.112 €
153	40.203 €	33.979 €	16.079 €	17.082 €	56.282 €	51.062 €
154	40.342 €	34.085 €	16.063 €	17.065 €	56.406 €	51.150 €
155	39.932 €	33.755 €	16.073 €	17.076 €	56.005 €	50.831 €
156	39.946 €	33.760 €	16.062 €	17.064 €	56.008 €	50.824 €
157	39.800 €	33.628 €	16.035 €	17.032 €	55.835 €	50.660 €
158	39.898 €	33.707 €	16.035 €	17.031 €	55.933 €	50.738 €
159	39.930 €	33.717 €	16.008 €	17.001 €	55.938 €	50.717 €
160	39.740 €	33.573 €	16.028 €	17.024 €	55.767 €	50.597 €
161	40.150 €	33.924 €	16.120 €	17.131 €	56.271 €	51.055 €
162	39.419 €	33.331 €	16.004 €	16.997 €	55.423 €	50.328 €
163	40.244 €	33.996 €	16.313 €	17.354 €	56.558 €	51.350 €
164	40.667 €	34.357 €	16.357 €	17.405 €	57.024 €	51.762 €
165	39.565 €	33.463 €	16.032 €	17.028 €	55.597 €	50.491 €
166	39.517 €	33.409 €	16.004 €	16.996 €	55.521 €	50.406 €
167	39.679 €	33.512 €	15.944 €	16.927 €	55.623 €	50.439 €
168	39.580 €	33.444 €	15.971 €	16.957 €	55.550 €	50.402 €
169	39.727 €	33.566 €	15.972 €	16.959 €	55.699 €	50.525 €
170	39.584 €	33.427 €	15.935 €	16.916 €	55.519 €	50.343 €
171	39.488 €	33.371 €	15.972 €	16.959 €	55.460 €	50.330 €
172	51.375 €	44.027 €	13.760 €	14.974 €	65.134 €	59.001 €
173	51.557 €	44.191 €	13.793 €	15.012 €	65.350 €	59.204 €
174	51.491 €	44.121 €	13.762 €	14.977 €	65.253 €	59.098 €
175	51.354 €	44.000 €	13.738 €	14.949 €	65.093 €	58.949 €
176	51.370 €	44.007 €	13.725 €	14.934 €	65.096 €	58.940 €
177	51.889 €	44.409 €	13.743 €	14.955 €	65.632 €	59.363 €
178	51.633 €	44.204 €	13.755 €	14.968 €	65.388 €	59.172 €
179	42.107 €	35.736 €	14.753 €	16.124 €	56.860 €	51.860 €
180	42.726 €	36.220 €	14.772 €	16.146 €	57.499 €	52.366 €

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Custo inicial global		Custos de exploração (30 anos)		Custos totais (30 anos)	
	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social
181	42.199 €	35.824 €	14.780 €	16.155 €	56.980 €	51.980 €
182	42.093 €	35.715 €	14.733 €	16.100 €	56.826 €	51.815 €
183	42.253 €	35.868 €	14.780 €	16.155 €	57.034 €	52.024 €
184	42.224 €	35.831 €	14.756 €	16.127 €	56.979 €	51.958 €
185	42.428 €	35.978 €	14.776 €	16.151 €	57.205 €	52.129 €

Anexo III. Necessidades energéticas decorrentes da aplicação de cada pacote de reabilitação ao edifício 1 localizado em Lisboa

Solução	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Ntc (kWh/m ² .ano)	Renováveis		
					Solar T	Fotov	Biom
Base	217,45	18,84	28,65	648,03	0,00	0,00	0,00
1	74,81	19,06	28,65	73,91	15,88	0,00	0,00
2	71,78	18,96	28,65	72,00	15,88	0,00	0,00
3	68,98	18,87	28,65	70,22	15,88	0,00	0,00
4	66,88	18,81	28,65	68,90	15,88	0,00	0,00
5	62,57	19,06	28,65	66,45	15,88	0,00	0,00
6	60,51	19,06	28,65	65,19	15,88	0,00	0,00
7	59,07	19,06	28,65	64,32	15,88	0,00	0,00
8	58,40	19,06	28,65	63,91	15,88	0,00	0,00
9	58,01	19,06	28,65	63,67	15,88	0,00	0,00
10	57,19	19,06	28,65	63,17	15,88	0,00	0,00
11	56,01	19,06	28,65	62,45	15,88	0,00	0,00
12	56,66	19,06	28,65	62,85	15,88	0,00	0,00
13	55,64	19,06	28,65	62,23	15,88	0,00	0,00
14	53,59	19,06	28,65	60,98	15,88	0,00	0,00
15	53,38	19,06	28,65	60,85	15,88	0,00	0,00
16	50,87	19,06	28,65	59,32	15,88	0,00	0,00
17	52,36	19,28	28,65	60,38	15,88	0,00	0,00
18	58,36	16,47	28,65	62,03	15,88	0,00	0,00
19	56,06	18,63	28,65	62,17	15,88	0,00	0,00
20	54,82	18,77	28,65	61,52	15,88	0,00	0,00
21	60,88	16,05	28,65	63,27	15,88	0,00	0,00
22	58,12	18,63	28,65	63,43	15,88	0,00	0,00
23	55,85	18,63	28,65	62,05	15,88	0,00	0,00
24	51,38	18,63	28,65	59,32	15,88	0,00	0,00
25	53,36	18,63	28,65	60,53	15,88	0,00	0,00
26	53,63	18,63	28,65	60,69	15,88	0,00	0,00
27	50,04	18,63	28,65	58,50	15,88	0,00	0,00
28	53,57	18,63	28,65	60,66	15,88	0,00	0,00

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Ntc (kWh/m ² .ano)	Renováveis		
					Solar T	Fotov	Biom
29	56,06	18,63	28,65	69,44	15,88	0,00	0,00
30	58,12	18,63	28,65	71,00	15,88	0,00	0,00
31	55,85	18,63	28,65	69,28	15,88	0,00	0,00
32	54,63	18,63	28,65	68,35	15,88	0,00	0,00
33	53,96	18,63	28,65	67,84	15,88	0,00	0,00
34	51,66	18,52	28,65	66,00	15,88	0,00	0,00
35	50,93	19,28	28,65	66,16	15,88	0,00	0,00
36	56,06	18,63	28,65	87,41	15,88	0,00	0,00
37	53,08	18,52	28,65	85,52	15,88	0,00	0,00
38	58,10	18,63	28,65	88,66	15,88	0,00	0,00
39	54,63	18,63	28,65	86,54	15,88	0,00	0,00
40	58,12	18,63	28,65	88,67	15,88	0,00	0,00
41	55,85	18,63	28,65	87,28	15,88	0,00	0,00
42	52,36	19,28	28,65	85,62	15,88	0,00	0,00
43	56,06	18,63	28,65	13,31	0,00	0,00	92,08
44	53,08	18,52	28,65	13,23	0,00	0,00	88,84
45	58,10	18,63	28,65	13,31	0,00	0,00	94,29
46	54,63	18,63	28,65	13,31	0,00	0,00	90,52
47	53,96	18,63	28,65	13,31	0,00	0,00	89,79
48	53,57	18,63	28,65	13,31	0,00	0,00	89,37
49	56,68	18,63	28,65	13,31	0,00	0,00	92,75
50	54,42	18,63	28,65	13,31	0,00	0,00	90,29
51	50,93	19,28	28,65	13,77	0,00	0,00	86,50
52	74,81	19,06	28,65	70,95	15,88	0,00	0,00
53	71,78	18,96	28,65	69,03	15,88	0,00	0,00
54	68,98	18,87	28,65	67,26	15,88	0,00	0,00
55	66,88	18,81	28,65	65,94	15,88	0,00	0,00
56	62,57	19,06	28,65	63,49	15,88	0,00	0,00
57	60,51	19,06	28,65	62,23	15,88	0,00	0,00
58	59,07	19,06	28,65	61,35	15,88	0,00	0,00
59	58,40	19,06	28,65	60,94	15,88	0,00	0,00

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Ntc (kWh/m ² .ano)	Renováveis		
					Solar T	Fotov	Biom
60	58,01	19,06	28,65	60,71	15,88	0,00	0,00
61	57,19	19,06	28,65	60,21	15,88	0,00	0,00
62	56,01	19,06	28,65	59,49	15,88	0,00	0,00
63	56,66	19,06	28,65	59,88	15,88	0,00	0,00
64	55,64	19,06	28,65	59,26	15,88	0,00	0,00
65	53,59	19,06	28,65	58,01	15,88	0,00	0,00
66	53,38	19,06	28,65	57,88	15,88	0,00	0,00
67	50,87	19,06	28,65	56,35	15,88	0,00	0,00
68	52,36	19,28	28,65	57,42	15,88	0,00	0,00
69	58,36	16,47	28,65	59,07	15,88	0,00	0,00
70	56,06	18,63	28,65	59,21	15,88	0,00	0,00
71	54,82	18,77	28,65	58,55	15,88	0,00	0,00
72	60,88	16,05	28,65	60,31	15,88	0,00	0,00
73	58,12	18,63	28,65	60,47	15,88	0,00	0,00
74	55,85	18,63	28,65	59,08	15,88	0,00	0,00
75	51,38	18,63	28,65	56,36	15,88	0,00	0,00
76	53,36	18,63	28,65	57,56	15,88	0,00	0,00
77	53,63	18,63	28,65	57,73	15,88	0,00	0,00
78	50,04	18,63	28,65	55,54	15,88	0,00	0,00
79	53,57	18,63	28,65	57,69	15,88	0,00	0,00
80	56,06	18,63	28,65	76,46	15,88	0,00	0,00
81	53,08	18,52	28,65	73,65	15,88	0,00	0,00
82	58,10	18,63	28,65	78,33	15,88	0,00	0,00
83	54,63	18,63	28,65	75,15	15,88	0,00	0,00
84	58,12	18,63	28,65	78,35	15,88	0,00	0,00
85	55,85	18,63	28,65	76,27	15,88	0,00	0,00
86	52,36	19,28	28,65	73,53	15,88	0,00	0,00
87	217,45	18,84	28,65	160,73	15,88	0,00	0,00
88	217,45	18,84	28,65	190,42	15,88	0,00	0,00
89	217,45	18,84	28,65	185,97	15,88	0,00	0,00

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Ntc (kWh/m ² .ano)	Renováveis		
					Solar T	Fotov	Biom
90	217,45	18,84	28,65	13,46	0,00	0,00	267,50
91	217,45	18,84	28,65	235,58	0,00	0,00	0,00
92	52,46	18,50	28,65	59,96	15,81	0,00	0,00
93	47,60	18,34	28,65	56,88	15,81	0,00	0,00
94	42,94	18,19	28,65	53,93	15,81	0,00	0,00
95	56,06	18,63	28,65	137,02	0,00	0,00	0,00
96	53,08	18,52	28,65	135,13	0,00	0,00	0,00
97	58,10	18,63	28,65	138,27	0,00	0,00	0,00
98	54,63	18,63	28,65	136,15	0,00	0,00	0,00
99	58,12	18,63	28,65	138,28	0,00	0,00	0,00
100	55,85	18,63	28,65	136,89	0,00	0,00	0,00
101	52,36	19,28	28,65	135,23	0,00	0,00	0,00
102	74,81	19,06	28,65	85,51	0,00	0,00	0,00
103	71,78	18,96	28,65	83,60	0,00	0,00	0,00
104	68,98	18,87	28,65	81,82	0,00	0,00	0,00
105	66,88	18,81	28,65	80,50	0,00	0,00	0,00
106	62,57	19,06	28,65	78,05	0,00	0,00	0,00
107	60,51	19,06	28,65	76,80	0,00	0,00	0,00
108	59,07	19,06	28,65	75,92	0,00	0,00	0,00
109	58,40	19,06	28,65	75,51	0,00	0,00	0,00
110	58,01	19,06	28,65	75,27	0,00	0,00	0,00
111	57,19	19,06	28,65	74,77	0,00	0,00	0,00
112	56,01	19,06	28,65	74,05	0,00	0,00	0,00
113	56,66	19,06	28,65	74,45	0,00	0,00	0,00
114	55,64	19,06	28,65	73,83	0,00	0,00	0,00
115	53,59	19,06	28,65	72,58	0,00	0,00	0,00
116	53,38	19,06	28,65	72,45	0,00	0,00	0,00
117	50,87	19,06	28,65	70,92	0,00	0,00	0,00
118	52,36	19,28	28,65	71,98	0,00	0,00	0,00
119	58,36	16,47	28,65	73,63	0,00	0,00	0,00

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Ntc (kWh/m ² .ano)	Renováveis		
					Solar T	Fotov	Biom
120	56,06	18,63	28,65	73,77	0,00	0,00	0,00
121	54,82	18,77	28,65	73,12	0,00	0,00	0,00
122	60,88	16,05	28,65	74,87	0,00	0,00	0,00
123	58,12	18,63	28,65	75,03	0,00	0,00	0,00
124	55,85	18,63	28,65	73,65	0,00	0,00	0,00
125	51,38	18,63	28,65	70,92	0,00	0,00	0,00
126	53,36	18,63	28,65	72,13	0,00	0,00	0,00
127	53,63	18,63	28,65	72,29	0,00	0,00	0,00
128	50,04	18,63	28,65	70,10	0,00	0,00	0,00
129	53,57	18,63	28,65	72,26	0,00	0,00	0,00
130	56,06	18,63	28,65	81,36	0,00	0,00	0,00
131	58,12	18,63	28,65	82,92	0,00	0,00	0,00
132	55,85	18,63	28,65	81,20	0,00	0,00	0,00
133	54,63	18,63	28,65	80,27	0,00	0,00	0,00
134	53,96	18,63	28,65	79,77	0,00	0,00	0,00
135	51,66	18,52	28,65	77,92	0,00	0,00	0,00
136	50,93	19,28	28,65	78,08	0,00	0,00	0,00
137	56,06	18,63	28,65	91,02	0,00	0,00	0,00
138	53,08	18,52	28,65	88,21	0,00	0,00	0,00
139	58,10	18,63	28,65	92,89	0,00	0,00	0,00
140	54,63	18,63	28,65	89,71	0,00	0,00	0,00
141	58,12	18,63	28,65	92,91	0,00	0,00	0,00
142	55,85	18,63	28,65	90,83	0,00	0,00	0,00
143	52,36	19,28	28,65	88,09	0,00	0,00	0,00
144	74,81	19,06	28,65	34,45	15,88	39,46	0,00
145	71,78	18,96	28,65	34,45	15,88	37,55	0,00
146	68,98	18,87	28,65	34,45	15,88	35,77	0,00
147	66,88	18,81	28,65	34,45	15,88	34,45	0,00
148	62,57	19,06	28,65	34,45	15,88	32,00	0,00
149	60,51	19,06	28,65	34,45	15,88	30,74	0,00
150	59,07	19,06	28,65	34,45	15,88	29,87	0,00

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Ntc (kWh/m ² .ano)	Renováveis		
					Solar T	Fotov	Biom
151	58,40	19,06	28,65	34,45	15,88	29,46	0,00
152	58,01	19,06	28,65	34,45	15,88	29,22	0,00
153	57,19	19,06	28,65	34,45	15,88	28,72	0,00
154	56,01	19,06	28,65	34,45	15,88	28,00	0,00
155	56,66	19,06	28,65	34,45	15,88	28,40	0,00
156	55,64	19,06	28,65	34,45	15,88	27,78	0,00
157	53,59	19,06	28,65	34,45	15,88	26,53	0,00
158	53,38	19,06	28,65	34,45	15,88	26,40	0,00
159	50,87	19,06	28,65	34,45	15,88	24,87	0,00
160	52,36	19,28	28,65	34,45	15,88	25,93	0,00
161	58,36	16,47	28,65	34,45	15,88	27,58	0,00
162	56,06	18,63	28,65	34,45	15,88	27,72	0,00
163	54,82	18,77	28,65	34,45	15,88	27,07	0,00
164	60,88	16,05	28,65	34,45	15,88	28,82	0,00
165	58,12	18,63	28,65	34,45	15,88	28,98	0,00
166	55,85	18,63	28,65	34,45	15,88	27,60	0,00
167	51,38	18,63	28,65	34,45	15,88	24,87	0,00
168	53,36	18,63	28,65	34,45	15,88	26,08	0,00
169	53,63	18,63	28,65	34,45	15,88	26,24	0,00
170	50,04	18,63	28,65	34,45	15,88	24,05	0,00
171	53,57	18,63	28,65	34,45	15,88	26,21	0,00
172	56,06	18,63	28,65	34,45	15,88	34,99	0,00
173	58,12	18,63	28,65	34,45	15,88	36,55	0,00
174	55,85	18,63	28,65	34,45	15,88	34,83	0,00
175	54,63	18,63	28,65	34,45	15,88	33,90	0,00
176	53,96	18,63	28,65	34,45	15,88	33,39	0,00
177	51,66	18,52	28,65	34,45	15,88	31,55	0,00
178	50,93	19,28	28,65	34,45	15,88	31,71	0,00
179	56,06	18,63	28,65	34,45	15,88	52,96	0,00
180	53,08	18,52	28,65	34,45	15,88	51,07	0,00
181	58,10	18,63	28,65	34,45	15,88	54,21	0,00

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE
PRODUÇÃO/UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

Solução	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Ntc (kWh/m ² .ano)	Renováveis		
					Solar T	Fotov	Biom
182	54,63	18,63	28,65	34,45	15,88	52,09	0,00
183	58,12	18,63	28,65	34,45	15,88	54,22	0,00
184	55,85	18,63	28,65	34,45	15,88	52,83	0,00
185	52,36	19,28	28,65	34,45	15,88	51,17	0,00