



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Ana Carlota Rocha Araújo Rodrigues

**Reabilitação energética dos edifícios:
caracterização em termos energéticos dos
edifícios existentes e elaboração de proposta de
reabilitação numa perspetiva custo/benefício**

Dissertação

Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Manuela Guedes Almeida

dezembro de 2011



Universidade do Minho

Anexo III

Declaração RepositóriUM: Dissertação Mestrado

Nome: Ana Carlota Rocha Araújo Rodrigues
Nº Cartão Cidadão /BI: 12144927 Tel./Telem.: 968628040
Correio electrónico: anarocha32846@yahoo.co.uk
Curso: MCRS Ano de conclusão da dissertação: 2011
Área de Especialização: Conservação e Reabilitação de edifícios
Escola de Engenharia, Departamento/Centro: Civil

TÍTULO DISSERTAÇÃO/TRABALHO DE PROJECTO:

Título em PT : Reabilitação de edifícios existentes: caracterização em termos energéticos dos edifícios existentes e elaboração de propostas de reabilitação numa perpetiva custo/benefício

Título em EN : Building thermal rehabilitation: thermal characterization of buildings stock and cost/effectiv rehabilitation proposals

Orientadores: Professora Doutora Maria Manuela Guedes de Almeida

Declaro sob compromisso de honra que a dissertação/trabalho de projecto agora entregue corresponde à que foi aprovada pelo júri constituído pela Universidade do Minho.

Declaro que concedo à Universidade do Minho e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha dissertação/trabalho de projecto, em suporte digital.

Concordo que a minha dissertação/trabalho de projecto seja colocada no repositório da Universidade do Minho com o seguinte estatuto (assinale um):

1. Disponibilização imediata do trabalho para acesso universal;
2. Disponibilização do trabalho para acesso exclusivo na Universidade do Minho durante o período de 1 ano, 2 anos ou 3 anos, sendo que após o tempo assinalado autorizo o acesso universal.
3. Disponibilização do trabalho de acordo com o **Despacho RT-98/2010 c)** (embargo ___ anos)

Braga/Guimarães, ____ / ____ / _____

Assinatura: _____

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos meus pais e irmã pelo apoio incondicional a todos os níveis, em todos os dias da minha existência, contribuindo constantemente para a minha felicidade. À restante família que transmite a aprendizagem de outros tempos e outras formas de ver o mundo, que tanto contribui para o desenvolvimento individual, proporcionando uma vivência daquilo que realmente deve ser uma família, muito obrigada.

Ao meu namorado, a todos os amigos e pessoas que passaram pela minha vida, por todos os momentos, sorrisos e lágrimas que nos ligam e fazem de nós, aquilo que somos hoje, o meu carinhoso obrigada.

Um agradecimento especial à Dra. Manuela Almeida, à Ana Ferreira, Daniela Coutinho, Anabela Alves, Ana Dalila Rodrigues, Sara Silva e Pedro Gonçalves pelo apoio e tempo disponibilizado para a concretização deste trabalho.

Resumo

O tema da reabilitação energética tem ganho notoriedade face às alterações climáticas e conseqüentemente às novas exigências da Comissão Europeia e do Parlamento Europeu, em relação à eficiência energética.

A eficiência energética nos edifícios é um fator determinante para a poupança de energia, redução das emissões de carbono e para contenção de custos em energia, por parte dos consumidores. O facto de se melhorarem as condições de conforto térmico é também uma mais-valia, tendo em conta os novos padrões de conforto e de consumo das sociedades modernas.

Perante estes factos, o presente trabalho pretende discutir a reabilitação energética dos edifícios do setor residencial, existentes em Portugal, uma vez que estes apresentam algumas condicionantes que serão alvo de estudo nesta dissertação.

Neste contexto, de forma a verificar quais as possibilidades e entraves das reabilitações energéticas do setor residencial, foram estudados quatro casos reais de edifícios Portugueses construídos antes da entrada em vigor da regulamentação térmica, mais concretamente da década de 70 e 80.

O estudo engloba uma análise das características construtivas dos edifícios, seguindo-se uma análise de acordo com o RCCTE, ao desempenho atual dos edifícios e conseqüentemente quais as principais oportunidades de melhoria. Após determinadas as oportunidades de melhoria são analisadas quais as soluções que mais se adaptam aos edifícios em estudo e qual o seu efeito relativamente às necessidades energéticas. Com a determinação destas, é feita a análise custo/benefício das soluções de reabilitação selecionadas, para se perceber qual o potencial deste setor de reabilitação. Para além da análise das propostas a nível individual também é feita uma análise para a aplicação de três níveis de isolamento, 4cm, 6cm e 8cm, na envolvente opaca, incluindo sistemas mais eficientes de preparação águas quentes e com melhorias na envolvente envidraçada.

Os resultados mostram que é possível reduzir os consumos energéticos e os desperdícios de energia, melhorando o desempenho e o conforto dos edifícios, ou frações. A análise custo/benefício reforça esta premissa com referência aos tempos de retorno do investimento que é necessário realizar para obter estas mais-valias.

Palavras-chave: eficiência energética; soluções de mercado; propostas de intervenção; custo/benefício; tempo de retorno.

Abstract

The theme of energetic rehabilitation has gained notoriety in part due to the climate changes and therefore the new requirements of the European Commission and the European Parliament, related to energy efficiency.

The energy efficiency of buildings proved to be important for saving energy, reduction of carbon emissions, and reduction of the energy bill paid by consumers. The fact that you can improve thermal comfort conditions is also an advantage, taking into account the new standards of comfort and consumption of modern societies.

Given these facts, this paper aims to discuss the energy rehabilitation of buildings in the residential sector, in Portugal, as they have some conditioning factors that are the subject of study of this dissertation.

In this context, in order to verify the possibilities and barriers to the energy rehabilitation of the residential sector, four real Portuguese buildings constructed before the implementation of thermal regulation (specifically in the 70's and 80's) were used as case studies.

The study includes an analysis of the construction characteristics of the buildings, followed by an analysis, in accordance with the Portuguese Thermal Regulation, of the performance of existing buildings and consequently what are the main opportunities for improvement. After determining those opportunities for improvement, the solutions that are best adapted to the buildings studied are analyzed in terms of its effect on energy demands. With its determination, a cost/benefit analysis of those solutions is made to best perceive the potential of this rehabilitation sector. In addition to the individual examination of the referred proposals, an analysis is made for the application of three levels of insulation on the opaque areas, 4cm, 6cm e 8cm, including more efficient systems for hot water preparation and improvements in the glazing areas.

The results show that it is possible to reduce the energy consumption and waste, improving the performance and the perception of comfort in this type of buildings. The cost/benefit analysis reinforces this idea, with the indication of the payback time of the initial investment made to achieve these benefits.

Keywords: energy efficiency; solutions; proposals for intervention; cost-benefit; time return.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Fig.61 Necessidades de preparação de águas quentes sanitárias no edifício de S. Victor	x
Fig.62 Necessidades de aquecimento no edifício de S. Lázaro	x
Fig.63 Necessidades de arrefecimento no edifício de S. Lázaro	x
Fig.64 Necessidades de preparação de águas quentes sanitárias no edifício de S. Lázaro.....	x
1.1 Motivação	3
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Estrutura da dissertação.....	5
CAPÍTULO 2. Revisão do estado da arte.....	7
(Glocalfaro)	7
2.1 Introdução	9
2.2 Revisão da literatura.....	9
2.2.1 A reabilitação energética em alguns Estados Membros.....	18
2.2.1.1 A reabilitação energética em Itália.....	18
2.2.1.2. A reabilitação energética em Espanha.....	23
2.2.2 A reabilitação energética em Portugal	28
CAPÍTULO 3. Metodologia.....	43
(Glocalfaro)	43
CAPÍTULO 4. Casos de estudo – Caracterização térmica dos edifícios.....	53
(Glocalfaro)	53
4.1 Introdução	55
4.2 Edifícios em análise.....	55
4.2.1 Edifícios unifamiliares.....	55
4.2.1.1 Habitação situada na freguesia de Ferreiros, Braga	55
4.2.1.2 Caracterização da habitação situada na Freguesia de Nogueira, Braga	60
4.2.1.2.2 Descrição geral do edifício	60
4.2.2 Edifícios multifamiliares	65
4.2.2.1 Edifício situado na freguesia de S. Victor, Braga	65
4.2.2.2 Edifício situado na freguesia de S. Lázaro, Braga	70
4.3 Análise do desempenho dos edifícios em estudo.....	76
4.3.1 Edifícios unifamiliares.....	76
4.3.1.1 Edifício em Ferreiros.....	76
4.3.1.2 Edifício em Nogueira	77
4.3.2 Edifícios multifamiliares	80
4.3.2.1 Edifício multifamiliar em S. Victor	80
4.3.2.2 Edifício multifamiliar em S. Lázaro	83
Fig.62 Necessidades de aquecimento no edifício de S. Lázaro	91

Fig.63 Necessidades de arrefecimento no edifício de S. Lázaro	91
Fig.64 Necessidades de preparação de águas quentes sanitárias no edifício de S. Lázaro.....	92
CAPÍTULO 5. Propostas de reabilitação energética dos edifícios em análise	93
5.1 Introdução	95
5.2 Pontos prementes de intervenção de reabilitação energética.....	96
5.2.1 Envolvente opaca – fachadas.....	96
5.2.2 Envolvente opaca - Cobertura	99
5.2.3 Envolvente opaca – Pavimentos sobre locais não úteis	100
5.2.4 Envolvente opaca – paredes em contacto com zonas não úteis (caixa de escadas, garagem, lavandarias) e edifícios vizinhos.....	101
5.2.5 Envolvente envidraçada	102
5.2.6 Renovação de ar	105
5.2.7 Preparação de águas quentes sanitárias	106
5.2.8 Sistemas de aquecimento.....	111
CAPÍTULO 6. Análise custo/benefício	115
(Glocalfaro)	115
6.1 Introdução	117
6.2 Edifícios unifamiliares.....	118
6.2.1 Análise de impacto a nível energético.....	118
6.2.1.1 Moradia de Ferreiros.....	118
6.2.1.2 Moradia de Nogueira.....	128
6.2.2 Análise custo/benefício	139
6.2.2.1 Moradia de Ferreiros.....	139
6.2.2.2 Moradia de Nogueira.....	145
6.3 Edifícios multifamiliares.....	151
6.3.1 Análise de impacto a nível energético.....	151
6.3.1.1 Edifício de S. Victor	151
6.3.1.2 Edifício de S. Lázaro	163
6.3.2 Análise custo/benefício	176
6.3.2.1 Edifício de S. Victor	176
6.3.2.2 Edifício de S. Lázaro	183
6.4 Análise dos resultados.....	190
CAPÍTULO 7. Conclusões.....	203
(Glocalfaro)	203
7.1 Conclusões	205
7.2 Perspetivas de trabalhos futuros.....	207
Referências Bibliográficas	209
(Glocalfaro)	209
Anexos	217
Anexo I Cálculos dos coeficientes de transmissão térmica e do τ dos espaços não úteis.....	219
Anexo II Tabelas com as soluções da implementação das medidas de melhoria na envolvente opaca	236
Anexo III Tabelas com as soluções da implementação das medidas de melhoria na envolvente envidraçada	248
Anexo IV Tabelas com as soluções da implementação das medidas de melhoria nos sistemas de preparação de águas quentes sanitárias.....	254

LISTA DE FIGURAS

Fig.1 O efeito de estufa.....	9
Fig.2 Complexidade da cadeia de valor.....	13
Fig.3 Peso da reabilitação residencial na produção total da construção no ano de 2009, em alguns países de Europa.	18
Fig.4 Posição de sistemas de isolamento em paredes.....	20
Fig.5 Sistemas de isolamento de coberturas.....	21
Fig.6 Válvula termostática dos radiadores.....	21
Fig.7 Distribuição da construção de edifícios no tempo, segundo INE, em 2001.....	24
Fig.8 Impacto das medidas de melhoria propostas para os edifícios espanhóis.....	25
Fig.9 Comparação do impacto das medidas de melhoria energética analisadas (% de redução em função dos valores de uma habitação sem qualquer intervenção).....	26
Fig.10 Fontes renováveis de energia.....	28
Fig.11 Fontes não renováveis ou fósseis.....	29
Fig.12 Necessidades de reparação dos edifícios em 2008.....	33
Fig.13 Ganhos da eficiência energética na balança energética.....	35
Fig.14 Número de certificados emitidos por mês, desde 2007.....	37
Fig.15 Alguns meios para a eficiência energética.....	40
Fig.16 Fatores que influenciam a eficiência energética.....	41
Fig.17 Foto da fachada SW e parte da fachada SE, da moradia situada em Ferreiros.....	56
Fig.18 Foto da fachada voltada a NW da moradia situada em Ferreiros.....	56
Fig.19 Plantas da cave e do r/c da moradia de Ferreiros.....	57
Fig.20 Planta do andar e da cobertura da moradia de Ferreiros.....	58
Fig.21 Alçados e corte da moradia de Ferreiros.....	58
Fig. 22 Soluções construtivas da moradia de Ferreiros.....	59
Fig.23 Foto da fachada SW da moradia de Nogueira.....	61
Fig.24 Foto da fachada NW e parte da fachada NE da moradia de Nogueira.....	61
Fig.25 Plantas da moradia situada em Nogueira.....	62
Fig.26 Alçados e corte da moradia situada em Nogueira.....	63
Fig.27 Soluções construtivas do edifício localizado em Nogueira.....	63
Fig.28 Foto de parte da fachada orientada a SW do edifício localizado em S. Victor.....	66
Fig.29 Foto da fachada orientada a SE do edifício localizado em S. Victor.....	66

Fig.30 Plantas da cave e r/c do edifício localizado em S. Victor.....	67
Fig.31 Planta dos pisos 1,2,3 e da laje de esteira do edifício localizado em S. Victor.....	67
Fig.32 Alçados e corte do edifício localizado em S. Victor.....	68
Fig. 33 Soluções construtivas em S. Victor.....	69
Fig.34 Foto da fachada nordeste do edifício de S. Lázaro.....	71
Fig. 35 Plantas da cave e r/c do edifício situado na freguesia S. Lázaro.....	71
Fig.36 Plantas dos pisos de situado na freguesia S. Lázaro.....	72
Fig.37 Plantas do quinto piso e cobertura do edifício localizado em S. Lázaro.....	72
Fig.38 Alçados e corte do edifício localizado em S. Lázaro.....	73
Fig. 39 Soluções construtivas do edifício localizado em S. Lázaro.....	74
Fig.40 Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento e respetivos valores máximos.....	76
Fig.41 Perdas pelas envolventes.....	77
Fig.42 Ganhos pela envolvente envidraçada.....	77
Fig.43 Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento, incluindo valores máximos.....	78
Fig.44 Perdas na estação de aquecimento.....	79
Fig.45 Ganhos na estação de arrefecimento.....	79
Fig.46 Necessidades nominais de aquecimento das frações 1 a 8, no edifício de S. Victor.....	80
Fig.47 Necessidades nominais de arrefecimento das frações 1 a 8.....	81
Fig.48 Necessidades nominais de preparação de AQS, das frações 1 a 8.....	81
Fig.49 Perdas nas frações 1 a 8, pela envolvente opaca, envidraçada e por renovação de ar.....	82
Fig.50 Ganhos nas frações 1 a 8, na estação de arrefecimento e de aquecimento.....	82
Fig.51 Necessidades nominais de aquecimento das frações 1 a 14 do edifício situado em S. Lázaro.....	84
Fig.52 Necessidades nominais de arrefecimento das frações 1 a 14 do edifício situado em S. Lázaro.....	84
Fig.53 Necessidades nominais de preparação de águas quentes sanitárias das frações 1 a 14 do edifício situado em S. Lázaro.....	85
Fig.54 Perdas pelas envolventes exterior, interior, envidraçada e por renovação de ar, nas frações 1 a 14.....	86
Fig.55 Ganhos no inverno e no verão, nas frações 1 a 14.....	86
Fig.56 Necessidades de aquecimento dos edifícios unifamiliares.....	88
Fig.57 Necessidades de arrefecimento dos edifícios unifamiliares.....	88
Fig.58 Necessidades de preparação de águas quentes dos edifícios unifamiliares.....	89
Fig.59 Necessidades de aquecimento no edifício de S. Victor.....	89
Fig.60 Necessidades de arrefecimento no edifício de S. Victor.....	90

Fig.61 Necessidades de preparação de águas quentes sanitárias no edifício de S. Victor.....	90
Fig.62 Necessidades de aquecimento no edifício de S. Lázaro.....	91
Fig.63 Necessidades de arrefecimento no edifício de S. Lázaro.....	91
Fig.64 Necessidades de preparação de águas quentes sanitárias no edifício de S. Lázaro.....	92
Fig.65 Aplicação de sistema ETICS por cima do revestimento existente.....	97
Fig.66 Aplicação de gesso cartonado quer em parede divisórias, quer em paredes de tijolo.....	98
Fig.67 Aplicação de fachada ventilada, com revestimento de painéis fenólicos.....	98
Fig.68 Aplicação de teto falso.....	99
Fig.69 Aplicação de gesso cartonado com isolamento.....	101
Fig.70 Caixilharia com corte térmico com vidro duplo.....	103
Fig. 71 Caixilhari­as em PVC com vidro duplo.....	103
Fig.72 Aplicação de janela dupla de correr, cada uma com vidro duplo.....	103
Fig.73 Esquentador.....	106
Fig.74 Caldeira.....	106
Fig.75 Termoacumulador.....	107
Fig.76 Bomba de calor.....	107
Fig.77 Sistema solar.....	107
Fig.78 Aplicação de painéis solares nas fachadas.....	108
Fig.79 Aplicação de painéis solares nas fachadas.....	108
Fig.80 Aplicação de painéis foto voltaicos em suporte independente.....	110
Fig.81 Esquema de funcionamento de bomba de calor para climatização.....	111
Fig.82 Esquema de instalação de bomba de calor em edifícios multifamiliares.....	112
Fig.83 Necessidades nominais e aquecimento com as propostas de melhoria da envolvente opaca, variando a espessura do isolamento em cada proposta.....	120
Fig.84 Necessidades nominais de arrefecimento para as propostas de melhoria da envolvente opaca, variando a espessura do isolamento em cada proposta.....	121
Fig.85 Necessidades nominais de aquecimento (Nic) para as propostas de melhoria na envolvente envidraçada.....	122
Fig.86 Necessidades nominais de arrefecimento (Nvc) para as propostas de melhoria na envolvente envidraçada.....	122
Fig.87 Impacto das medidas de melhoria nos sistemas de preparação de águas quentes.....	123
Fig.88 Impacto das medidas nas Nic consoante a espessura do isolamento nas várias zonas da envolvente opaca....	124
Fig.89 Impacto das medidas nas Nvc consoante a espessura do isolamento nas várias zonas da envolvente opaca...	124
Fig.90 Nic para os três níveis de isolamento, com melhoria de envolvente envidraçada e sistema de preparação de AQS.....	125

Fig.91 Nvc para os três níveis de isolamento, com melhoria de envolvente envidraçada e sistema de preparação de AQS.....	126
Fig.92 Nac para os três níveis de isolamento, com melhoria de envolvente envidraçada e sistema de preparação de AQS.....	126
Fig.93 Necessidades nominais de aquecimento para três níveis de isolamento melhoria da envolvente envidraçada e sistema de climatização.....	127
Fig.94 Necessidades nominais de arrefecimento para três níveis de isolamento melhoria da envolvente envidraçada e sistema de climatização.....	127
Fig.95 Necessidades nominais de preparação de AQS, para três níveis de isolamento melhoria da envolvente envidraçada e sistema de climatização.....	128
Fig.96 Impacto, nas Nic, das medidas das propostas de melhoria, nas envoltentes.....	130
Fig.97 Impacto, nas Nvc, das medidas das propostas de melhoria, nas envoltentes.....	130
Fig.98 Impacto das propostas de melhoria na envolvente envidraçada, nas Nic.....	132
Fig.99 Impacto das propostas de melhoria na envolvente envidraçada, nas Nvc.....	132
Fig.100 Impacto das propostas de melhoria no sistema de preparação de AQS.....	133
Fig.101 Necessidades nominais de aquecimento para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca.....	134
Fig.102 Necessidades nominais de arrefecimento para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca.....	134
Fig.103 Necessidades nominais de preparação de AQS, para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca.....	135
Fig.104 Necessidades nominais de aquecimento, para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca, envolvente envidraçada e preparação de AQS.....	136
Fig.105 Necessidades nominais de arrefecimento, para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca, envolvente envidraçada e preparação de AQS.....	136
Fig.106 Necessidades nominais de preparação de AQS, para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca, envolvente envidraçada e preparação de AQS.....	137
Fig.107 Necessidades nominais de aquecimento para três níveis de isolamento, com sistemas de climatização.....	138
Fig.108 Necessidades nominais de arrefecimento para três níveis de isolamento, com sistemas de climatização.....	138
Fig.109 Necessidades nominais para preparação de AQS, para três níveis de isolamento, com sistemas de climatização.....	138
Fig.110 Tempo de retorno do investimento das medidas de melhoria da envolvente opaca em Ferreiros.....	140
Fig.111 Tempo de retorno do investimento nas medidas de melhoria para os vãos envidraçados em Ferreiros.....	141
Fig.112 Tempo de retorno do investimento na aquisição de novos equipamento para preparação AQS em Ferreiros..	141
Fig.113 Tempo de retorno de investimento para melhoria da envolvente opaca para os três níveis de isolamento, em Ferreiros.....	142
Fig.114 Tempo de retorno do investimento para melhoria da envolvente opaca para três níveis de isolamento, para envolvente envidraçada e preparação de AQS.....	143
Fig.115 Tempo de retorno para melhoria da envolvente opaca para os dois melhores níveis de isolamento, com propostas para envolvente envidraçada, preparação de AQS e climatização.....	144
Fig.116 Tempos de retorno do investimento das medidas de melhoria das fachadas.....	145
Fig.117 Tempos de retorno das restantes medidas de melhoria na envolvente opaca.....	146
Fig.118 Tempos de retorno do investimento em melhorias na envolvente envidraçada.....	147
Fig.119 Tempos de retorno da substituição do equipamento para preparação de AQS.....	148

Fig.120 Tempos de retorno do investimento para diferentes níveis de isolamento.....	149
Fig.121 Tempos de retorno do investimento para diferentes níveis de isolamento, com sistemas de preparação de AQS mais eficientes.....	149
Fig.122 Tempos de retorno de investimento para os três níveis de isolamento, melhoria das caixilharias e com sistemas de climatização.....	150
Fig.123 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de aquecimento na envolvente opaca.....	152
Fig.124 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de aquecimento na envolvente opaca.....	153
Fig.125 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de arrefecimento nas paredes exteriores...	154
Fig.126 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de arrefecimento na restante envolvente opaca.....	154
Fig.127 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de aquecimento na envolvente envidraçada.....	156
Fig.128 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de arrefecimento na envolvente envidraçada.....	156
Fig.129 Impacto nas necessidades energéticas das medidas de melhoria para preparação de águas quentes.....	158
Fig.130 Impacto das intervenções para os três níveis de isolamento, nas necessidades energéticas Nic nas frações 1 a 8.....	159
Fig.131 Impacto das intervenções para os três níveis de isolamento, nas necessidades energéticas Nvc, nas frações 1 a 8.....	159
Fig.132 Necessidades nominais de aquecimento para os três níveis de isolamento, segunda caixilharia e com bomba de calor.....	161
Fig.133 Necessidades nominais de aquecimento para os três níveis de isolamento, segunda caixilharia e com bomba de calor.....	161
Fig.134 Necessidades nominais para preparação de águas quentes sanitárias para os três níveis de isolamento com bomba de calor.....	162
Fig.135 Impacto das propostas de melhoria para as fachadas nas necessidades energéticas de aquecimento (Nic) das fracções 1 a 14.....	164
Fig.136 Impacto das restantes propostas nas necessidades energéticas de aquecimento (Nic) das frações 1 a 14....	165
Fig.137 Impacto das propostas para as fachadas nas necessidades energéticas de arrefecimento (Nvc) das frações 1 a 14.....	165
Fig.138 Impacto das restantes propostas nas necessidades energéticas de arrefecimento das frações 1 a 14.....	166
Fig.139 Impacto nas necessidades energéticas de aquecimento das propostas de melhoria dos vãos envidraçados...	168
Fig.140 Impacto nas necessidades energéticas de arrefecimento das propostas de melhoria dos vãos envidraçados.	169
Fig.141 Impacto das medidas de melhoria nos sistemas de preparação de águas quentes (Nac).....	170
Fig.142 Necessidades nominais de aquecimento para os níveis de isolamento propostos para as frações 1 a 14.....	171
Fig.143 Necessidades nominais de arrefecimento para os níveis de isolamento propostos para as frações 1 a 14.....	172

Fig.144 Necessidades de aquecimento (Nac) para os três níveis de isolamento, com bomba de calor e melhoria de caixilharias.....	173
Fig.145 Necessidades de arrefecimento para os três níveis de isolamento, com bomba de calor e melhoria de caixilharias.....	174
Fig.146 Necessidades energéticas para preparação de AQS para os três níveis de isolamento, com bomba de calor e melhoria de caixilharias.....	174
Fig.147 Tempos de retorno para medidas de melhoria nas fachadas das várias frações.....	177
Fig.148 Tempos de retorno para medidas de melhoria na restante envolvente opaca.....	178
Fig.149 Tempo de retorno do investimento nas propostas de melhoria dos vãos envidraçados.....	179
Fig.150 Tempo de retorno do investimento nas propostas de melhoria para sistemas de preparação de AQS.....	180
Fig.151 Período de retorno simples para os três níveis de isolamento para a envolvente opaca das frações.....	181
Fig.152 Período de retorno simples para os três níveis de isolamento com bomba de calor e melhoria nas caixilharias.....	182
Fig.153 Impacto dos dois melhores níveis de isolamento, com melhoria das caixilharias e com caldeira de 50mm....	182
Fig.154 Tempo de retorno simples para as propostas de melhoria da fachada.....	185
Fig.155 Tempo de retorno simples para as propostas de melhoria da restante envolvente opaca.....	185
Fig.156 Tempo de retorno simples para as diversas caixilharias em análise, nas catorze frações.....	186
Fig.157 Tempo de retorno simples para os diversos sistemas para preparação de AQS, nas catorze frações.....	187
Fig.158 Tempo de retorno para os três níveis de isolamento, para cada fração.....	188
Fig.159 Tempos de retorno para os três níveis de isolamento, com caixilharia dupla e bomba de calor.....	189
Fig.160 Tempos de retorno para os dois melhores níveis de isolamento, com caldeira de 50mm e caixilharia dupla..	189
Fig. 161 Percentagem de redução no edifício de Ferreiros e de Nogueira.....	191
Fig. 162 Percentagem de redução nas frações 1 a 6, do edifício de S. Victor.....	191
Fig. 163 Percentagem de redução nas frações 7 e 8, do edifício de S. Victor.....	192
Fig. 164 Percentagem de redução nas frações 1 a 9, do edifício de S. Lázaro.....	192
Fig. 165 Percentagem de redução nas frações 12,13 e 14, do edifício de S. Lázaro.....	193
Fig. 166 Investimento necessário para as melhores propostas em termos de custo/benefício, nos edifícios multifamiliares.....	194
Fig. 167 Investimento necessário para as melhores propostas em termos de custo/benefício, no edifício de S. Victor	194
Fig. 168 Investimento necessário para as melhores propostas em termos de custo/benefício, no edifício de S. Lázaro.....	194
Fig. 169 Período de retorno simples para os edifícios unifamiliares, para as melhores medidas em termos de custo/benefício.....	195
Fig. 170 Período de retorno simples para o edifício de S. Victor, para as melhores medidas em termos de custo/benefício.....	195

Fig. 171	Periodo de retorno simples para o edifício de S. Lázaro, para as melhores medidas em termos de custo/benefício.....	195
Fig. 172	Necessidades de aquecimento dos edifícios unifamiliares com as melhores propostas em termos de custo/benefício.....	196
Fig. 173	Necessidades de arrefecimento dos edifícios unifamiliares com as melhores propostas em termos de custo/benefício.....	196
Fig. 174	Necessidades de preparação de águas quentes dos edifícios unifamiliares com as melhores propostas em termos de custo/benefício.....	197
Fig. 175	Necessidades de aquecimento do edifício de S. Victor com as melhores propostas em termos de custo/benefício.....	197
Fig. 176	Necessidades de arrefecimento do edifício de S. Victor com as melhores propostas em termos de custo/benefício.....	198
Fig. 177	Necessidades de preparação de águas quentes do edifício de S. Victor com as melhores propostas em termos de custo/benefício.....	198
Fig. 178	Necessidades de aquecimento do edifício de S. Lázaro com as melhores propostas em termos de custo/benefício.....	199
Fig. 179	Necessidades de arrefecimento do edifício de S. Lázaro com as melhores propostas em termos de custo/benefício.....	199
Fig. 180	Necessidades de preparação de águas quentes do edifício de S. Lázaro com as melhores propostas em termos de custo/benefício.....	199

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Tabela síntese das intervenções, com custo/benefício, consoante zona climática.....	22
Tabela 2 Sistematização de custos da implementação de painéis solares, em Itália	23
Tabela 3 Tempos de retorno do investimento das medidas de melhoria prevista no estudo.....	27
Tabela 4 Energias renováveis no balanço energético, 2009.....	29
Tabela 5 Resumo dos valores dos coeficientes U das soluções construtivas do edifício localizado em Ferreiros.....	60
Tabela 6 Resumo dos valores dos coeficientes U das soluções construtivas do edifício localizado em Nogueira.....	65
Tabela 7 Resumo dos valores dos coeficientes U das soluções construtivas do edifício localizado em S. Victor.....	70
Tabela 8 Resumo dos valores dos coeficientes U das soluções construtivas do edifício localizado em S. Lázaro.....	75
Tabela 9 Resumo dos valores das necessidades energéticas, da fracção 1 à 8, no edifício situado em S.Victor.....	80
Tabela 10 Resumo dos valores das necessidades energéticas, da fracção 1 à 14, no edifício situado em S.Lázaro.....	83
Tabela 11 Resumo das propostas de melhoria a analisar nos quatro edifícios, na envolvente opaca.....	112
Tabela 12 Resumo das propostas de melhoria a analisar nos quatro edifícios, na envolvente envidraçada.....	113
Tabela 13 Resumo das propostas de melhoria a analisar nos quatro edifícios, para preparação de AQS e climatização.....	113
Tabela 14 Preços para execução das medidas de melhoria por metro quadrado.....	117
Tabela 15 Preços das caixilharias, incluindo vidro por metro quadrado.....	117
Tabela 16 Preços para sistemas de preparação de AQS.....	117
Tabela 17 Níveis de melhoria, consoante espessura dos isolamentos aplicados nas várias zonas da envolvente.....	118
Tabela 18 Percentagem de redução das Nic, consoante a proposta de melhoria e as espessuras do isolamento.....	121
Tabela 19 Percentagem de redução das Nic, consoante a proposta de melhoria e as espessuras do isolamento.....	131
Tabela 20 Resumo das propostas com melhores resultados e que mais se adaptam aos edifícios em estudo.....	139
Tabela 21 Resumo das propostas com melhores resultados face à relação custo/benefício, no edifício localizado em Ferreiros.....	144
Tabela 22 Resumo das propostas com melhores resultados face à relação custo/benefício, no edifício localizado em Nogueira.....	151
Tabela 23 Resumo das percentagens de redução nas Nic com implementação das medidas de melhoria propostas..	155
Tabela 24 Percentagem de redução nas Nic, para os vãos envidraçados consoante a fracção.....	157
Tabela 25 Percentagem de redução nas Nic, para os vãos envidraçados consoante a fracção.....	160
Tabela 26 tabela resumo das melhores propostas de melhoria, em termos de análise energética.....	163
Tabela 27 Tabela resumo das percentagens de redução das Nic, para as propostas de melhoria.....	167

Tabela 28 Tabela resumo das percentagens de redução das Nic, para os três níveis de isolamento.....	172
Tabela 29 Percentagem de redução das Nic, para os três níveis de isolamento com bomba de calor e melhoria de caixilharias.....	175
Tabela 30 Resumo das melhores propostas em relação ao desempenho energético.....	175
Tabela 31 Resumo das melhores propostas em termos de relação custo/benefício.....	183
Tabela 32 Resumo das melhores propostas em termos de relação custo/benefício.....	190

LISTA DE ABREVIações

ADENE – Agência para a Energia

Ai – Área do elemento que separa o espaço útil do espaço não útil

AQS – Águas quentes sanitárias

Ap – Área útil de pavimento

Au – Área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior

CO₂ – Dióxido de carbono

COP – Coeficiente de performance

EPS – Poliestireno Expandido

ETICS – External Thermal Insulation Composite System, composto por placas de poliestireno expandido, revestido por malha de fibra sintética, barrada com primário e argamassa.

GEE – Gases de efeito de estufa

Na – Necessidades máximas para preparação de águas quentes sanitárias

Nac – Necessidades nominais para preparação de águas quentes sanitárias

Ni – Necessidades nominais de aquecimento máximas

Nic – Necessidades nominais de aquecimento

Nv - Necessidades nominais de arrefecimento máximas

Nvc – Necessidades nominais de arrefecimento

PRS – Período simples de retorno

PVC – Cloreto de polivinílico (plástico)

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

Rse – Resistência térmica superficial exterior

Rsi – Resistência térmica superficial interior

Mt – Massa total

U – Coeficiente de transmissão térmica

XPS – Poliestireno extrudido

τ - Coeficiente tau

Ψ - Coeficiente de transmissão térmica linear

CAPÍTULO. 1 Introdução



(Glocalfaro)

1.1 Motivação

Nas últimas décadas têm-se agravado as alterações climáticas, com manifestações que levam a alterações profundas na vida do planeta e que põem em causa a sustentabilidade das gerações futuras (Livro Branco, 2009).

A sustentabilidade de uma comunidade pode traduzir-se na capacidade da mesma em satisfazer as suas próprias necessidades sem afetar a possibilidade das gerações seguintes suprirem as suas. Este conceito abrange três dimensões principais: a económica, a social e a ambiental (WCDE, 1987).

Tendo como base estes conceitos que também constam no relatório de Brundtland surgiu mais recentemente e associado à dimensão ambiental da sustentabilidade, o conceito de pegada ecológica. Este último baseia-se no impacto causado no planeta pela atividade humana, com o uso excessivo de recursos naturais, o consumismo em larga escala e grande produção de resíduos, consequência do estilo de vida atual (Quercus, 2010).

Neste contexto, a produção de energia, para satisfazer os atuais padrões de vida das sociedades, a partir de combustíveis fósseis e a sua utilização por parte do consumidor final, é responsável pela emissão de gases de efeito de estufa (GEE), como por exemplo o dióxido de carbono. Deste modo, quanto mais energia for consumida e desperdiçada, maior será a quantidade de dióxido de carbono emitida para a atmosfera.

O conceito de eficiência energética tem vindo a ganhar seguidores, devido a diversos argumentos impulsionadores, que variam consoante o país. Os principais argumentos impulsionadores do conceito são segurança no fornecimento de energia, o desenvolvimento económico e a competitividade, as alterações climáticas e saúde pública.

Estes últimos têm alguns objetivos subjacentes. No que toca aos dois primeiros argumentos, os objetivos de base são: reduzir as importações de energia, os consumos internos, os custos de produção e a intensidade energética, aumentar a confiança, a competitividade industrial, maximizar as exportações, controlar o aumento dos consumos de energia e baixar os custos de energia dos consumidores (OECD/IEA, 2011).

Em relação às alterações climáticas, a eficiência energética contribui para o esforço global de mitigação e adoção de medidas para minimizá-las, através de obrigações internacionais sob alçada da convenção para as mudanças climáticas das Nações Unidas e diretivas para reger estas questões a nível regional. Finalmente, no que toca a saúde pública, o objetivo principal é reduzir a poluição local (WEC, 2008).

Uma vez que as questões ligadas à energia parecem estar intimamente ligadas às alterações climáticas e às economias de cada país, a otimização dos consumos de energia, através de medidas para combater o

desperdício de energia, parece ser o caminho para atingir alguns dos objetivos referidos anteriormente (EDP, 2010).

O combate aos desperdícios energéticos ajuda a poupar recursos e a reduzir as emissões de gases poluentes. Sendo esta uma forma de ajudar a cuidar do planeta, parece pertinente estudar um pouco o tema da eficiência energética, em Portugal, em particular nos edifícios existentes, que têm algum peso no parque edificado em Portugal. Este facto pode ser constatado, por exemplo, nos dados do instituto nacional de estatística, através dos Censos 2001. Nestes constata-se que existiam cerca de 5019425 alojamentos familiares (ITIC, 2008).

Com a atual conjuntura económica mundial e sendo Portugal um país tão dependente da importação de matéria-prima fóssil para a produção de energia, talvez, com a introdução de fontes de energia renovável, com a disseminação do conhecimento dos benefícios destas e com reabilitação energética dos edifícios existentes, se consiga atingir alguns dos objetivos da eficiência energética.

Em última instância, os consumidores poderão diminuir a sua factura de energia.

1.2 Objetivos

Com esta dissertação pretende-se perceber de que modo se comportam alguns tipos de edifícios existentes, construídos antes da entrada em vigor da regulamentação térmica (1991), relativamente ao desempenho energético e quais as hipóteses de reabilitação energética mais adequadas aos mesmos.

Para além disto, pretende-se estudar quais os benefícios da implementação das medidas de reabilitação e custos afetos. Ou seja, quanto será necessário despende para obter alguma poupança de energia e quantos anos são necessários para reaver o investimento realizado.

Outro objetivo, que está de certo modo ligado ao anterior, é tentar desmistificar a ideia de que reabilitar termicamente edifícios não compensa, é dispendioso, tem longos períodos de retorno e também que as medidas de reabilitação resultam da mesma forma em todos os tipos de edifícios.

Para concretizar este estudo e torná-lo mais objectivo, serão seleccionados edifícios habitacionais, numa mesma área geográfica, com características diferentes, construtivas e arquitetura, que serão analisados através do Regulamento da Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (DL 80/2006). Com esta análise, será possível perceber quais as zonas dos edifícios que mais contribuem para as perdas de energia e conseqüentemente as zonas que urgem por intervenções de reabilitação.

Com os dados sobre os consumos atuais e os dados sobre os consumos energéticos com a implementação das propostas de melhoria, poder-se-á fazer a análise custo/benefício destas medidas.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por sete capítulos principais: Introdução, Revisão do estado da arte, Metodologia, Análise dos casos de estudo e repetitiva caracterização energética, Propostas de melhoria, Análise custo/benefício e finalmente Conclusões e propostas de estudos futuros.

No primeiro capítulo, é feita uma breve introdução ao tema com a motivação, os objetivos e estrutura da dissertação.

O segundo é dedicado à revisão do estado da arte, no qual será explanada a informação reunida e disponível sobre esta temática. Neste capítulo é abordado o estado da reabilitação no mundo, seguindo-se o caso de dois países na Europa, a Itália e a Espanha e por fim Portugal. Na primeira parte são relatados estudos, efetuados em vários países com a colaboração de agências locais, que foram realizados para perceber qual o potencial e os entraves da reabilitação, em particular da reabilitação energética, com vista ao desenvolvimento sustentável da sociedade. Também são descritas algumas medidas para implementar e reforçar a necessidade de manter o nível de qualidade dos edifícios, não só pelo conforto, mas pela questão da poupança de energia. No caso de Itália e Espanha, para além de referir algumas formas de reabilitação a nível energético dos edifícios existentes, também existe uma ligeira abordagem à legislação vigente nesses países, para enquadramento do nível de desenvolvimento deste setor nestes países. Assim é possível perceber a posição de Portugal face a outros países da comunidade Europeia. Relativamente a Portugal, são descritas algumas iniciativas para análise do setor em termos de oportunidades e entraves e também são indicadas algumas propostas de melhoria. A questão da legislação, também é abordada, com referências às políticas adotadas para impulsionar este mercado, incentivando à eficiência e poupança energética.

O terceiro capítulo é dedicado à metodologia, referindo o método utilizado para atingir os objetivos propostos na dissertação, com indicação do modo de cálculo da relação custo/benefício. A parte relativa à metodologia RCCTE, não é muito desenvolvida, uma vez que está de acordo com o Regulamento referido no ponto 1.2.

No quarto capítulo, são apresentados os quatro casos de estudo, com a caracterização dos mesmos a nível de clima, soluções construtivas e restantes informações necessárias à aplicação do RCCTE. São calculados os coeficientes de transmissão térmica e apresentadas as plantas e alçados dos edifícios. Segue-se o estudo sobre consumos atuais dos edifícios e principais hipóteses de melhoria.

No quinto capítulo são expostas as propostas de reabilitação existentes no mercado, com base na literatura existente, abordando um pouco as vantagens e desvantagens da aplicação das mesmas, em edifícios existentes.

O sexto capítulo encontra-se dividido em edifícios unifamiliares e multifamiliares. Neste capítulo são indicadas as propostas a aplicar e analisados os impactos a nível energético das mesmas individualmente, com

indicação das classes energéticas obtidas. No fim é feita uma análise em conjunto das melhores propostas, para três níveis de isolamento, para cada edifício ou fração. No mesmo capítulo, mas noutra subcapítulo, é feita uma análise custo/benefício das propostas analisadas em termos energéticos. Posto isto, é realizada uma reflexão geral dos resultados dos subcapítulos anteriores.

Finalmente, no capítulo sete, para além das conclusões do presente trabalho são propostos alguns temas que parecem importantes neste contexto, para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2. Revisão do estado da arte



(Glocalfaro)

2.1 Introdução

Neste capítulo, será dada alguma informação sobre o que tem sido feito junto dos técnicos, governos e até dos consumidores finais, no mundo e em Portugal, para o desenvolvimento e divulgação da reabilitação principalmente ligada à eficiência energética bem como sobre quais os motivos que impedem o desenvolvimento deste ramo do mercado da construção, em particular de edifícios do setor residencial. São também referidas algumas técnicas existentes para proceder a requalificações na vertente da eficiência energética.

2.2 Revisão da literatura

A exploração dos combustíveis fósseis tem vindo a aumentar o que faz acelerar o esgotamento das reservas mundiais. A energia está, hoje em dia, associada ao conforto e qualidade de vida, mas o seu consumo excessivo pode ter um efeito nefasto devido à emissão de gases responsáveis pelo efeito de estufa (GEE), que são libertados na combustão dos combustíveis fósseis, que se pensa estarem na origem das alterações climáticas (EDP, 2010).

A figura apresentada em baixo esquematiza o efeito de estufa o qual consiste na resposta do planeta à incidência da radiação solar. Quando a radiação solar incide na superfície terrestre, parte dela é radiada para o espaço. Outra parte fica retida na atmosfera devido à presença de certos gases, como o dióxido de carbono (CO_2), metano (NH_4), entre outros. O aumento da concentração destes gases, como consequência da produção, transformação e utilização de combustíveis com origem fóssil, contribui para retenção da radiação na atmosfera. O agravamento desta concentração da radiação pode desestabilizar o equilíbrio energético do planeta, aumentando da temperatura, provocando o aquecimento global.



Fig. 1 O efeito de estufa (Mundo Educação, 2011)

A primeira grande iniciativa para proteção ambiental foi em 1972, na Suécia e incidiu sobre a proteção do meio ambiente e o desenvolvimento humano. Desta conferência saiu a declaração de Estocolmo sobre o ambiente humano e a criação do programa das nações unidas para o meio ambiente (wikipedia, 2011). Em 1983 foi criada a comissão Bruntland, a qual, quatro anos mais tarde publicou o relatório “ Nosso futuro comum”, que veio alertar para o problema da sustentabilidade (Comissão Europeia, 2009).

Desde esta data, até à atualidade, foram tomadas diversas medidas no sentido de tentar encontrar soluções para as questões da sustentabilidade, que passam por medidas ambientais, criação de novas legislações que tenham em conta estas questões e iniciativas para sensibilização da população em geral, sobre esta problemática.

No que respeita à legislação, a Diretiva comunitária 2002/91/EC, relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios, marca um ponto de viragem na Europa. (EDP, 2011) Esta impõe a emissão de certificados energéticos com base nos regulamentos do comportamento das características térmicas dos edifícios e da qualidade do ar interior, para obtenção de licença de utilização em edifícios novos, reabilitações importantes de edifícios existentes (custo > 25% do valor do edifício sem terreno), locação ou venda de edifícios de habitação e de serviços existentes e periodicamente (6 anos) para todos os edifícios públicos com mais de 1000 m² (ADENE, 2010).

Com a entrada em vigor desta lei, começa verdadeiramente a colocar-se a questão de como proceder face aos edifícios existentes para os tornar mais eficientes, quais os métodos a utilizar, o que fazer para que a população entenda e adira a esta tentativa de mudança de comportamento, quanto custa introduzir estas novidades nos edifícios existentes, se é possível torná-los mais eficientes e se efetivamente compensa.

Em 2009, foi feita uma revisão à Diretiva relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios, EPBD, com revisão de algumas das medidas previamente aprovadas e foram tomadas algumas decisões sobre metas a atingir com prazos estabelecidos (ADENE, 2011)

Ficou decidido que até 31 de dezembro de 2020 todos os edifícios têm que ter elevados padrões de poupança de energia. Neste mesmo ano, todos os novos edifícios deverão satisfazer as suas necessidades energéticas, com energia proveniente de fontes renováveis. O setor público deve dar o exemplo, arrendando apenas edifícios que satisfaçam estas exigências e promovendo a conservação dos edifícios existentes, havendo um esforço para que sejam edifícios de consumo zero ou muito próximo de zero. A meta para este objetivo é até ao final de 2018 (Vouk, 2009).

Entretanto e durante o corrente ano (2011), todos os estados membros devem elaborar uma lista com incentivos financeiros e outros, como assistência técnica, subsídios, sistemas de empréstimos com juros mais baixos, para a implementação e concretização das medidas estabelecidas (Vouk, 2009).

Relativamente aos edifícios existentes, terão que melhorar o seu desempenho energético sempre que existam grandes renovações. Os proprietários devem ser encorajados a substituir os sistemas de aquecimento, canalizações de água quente e adotar alternativas ao ar-condicionado com alta eficiência, como por exemplo, as bombas de calor ou outros sistemas com fonte de energia renovável (Vouk, 2009).

Para além do referido, os estados membros têm que assegurar que todos os edifícios construídos, alugados, vendidos, ocupados por serviços públicos com mais de 500m² ou visitados pelo público com frequência, têm certificado energético. Após cinco anos da implementação desta medida, a área dos edifícios em causa, passará para 250m². Os certificados devem conter medidas de melhoria de desempenho e também podem conter medidas adicionais como consumos e percentagem de energia proveniente de fonte renovável no total da energia consumida (Vouk, 2009).

As autoridades de cada estado, é que têm a responsabilidade de assegurar a certificação dos edifícios residenciais (Vouk, 2009).

Para agilizar o processo, a Comissão deve desenvolver um sistema de certificação comum a todos os estados para edifícios residenciais (Vouk, 2009).

Contudo, há edifícios que escapam a estas medidas, como é o caso de habitações com área inferior a 50m², casas de férias utilizadas menos que 4 meses por ano, ou com consumos equivalentes a 25% do consumo anual, edifícios para fins religiosos, com ocupação temporária inferior a 2 anos, parques industriais, edifícios agrícolas com baixas necessidades energéticas e edifícios históricos onde as medidas para a eficiência energética iriam alterar a aparência ou caráter de forma inaceitável (Vouk, 2009).

Para perceber quais as oportunidades desta nova linhagem de pensamento de construção sustentável, implicações e possibilidades de aplicação das novas diretivas, leis para a eficiência energética nos edifícios e qual o impacto dos consumos dos edifícios nas emissões de GEE, a World Business Council for Sustainable Development, realizou um estudo à escala mundial, que se baseou em dados de edifícios residenciais e de comércio, recolhidos em zonas distintas do globo, como Brasil, China, Estados Unidos da América, Comunidade Europeia, Japão e Índia (WBCSD, 2009). Este estudo tinha como objetivo de conhecer as oportunidades e entraves ao mercado da eficiência energética, no setor dos edifícios. Para tal, recorreu a um programa de computador que simula decisões sobre investimentos energéticos, no setor dos edifícios, para obter a mistura mais eficiente de medidas políticas, design e opções construtivas, com vista à eficiência

energética. No entanto, o estudo baseou-se numa conjuntura política e económica dita normal e não numa fase de crise, uma vez que o estudo começou em 2006, quando as economias ainda estavam estáveis.

O mesmo estudo aconselha a que se comece a apostar na poupança de energia, quer em edifícios novos, quer nos existentes, uma vez que este setor consome 40% da energia produzida no mundo e afirma que atuando neste setor, será possível atingir uma poupança de 77%, prevenindo a emissão de 48 Giga toneladas de dióxido de carbono, em 2050, ajudando assim à sua estabilização (WBCSD, 2009).

O estudo revela que há um caminho para atingir a meta de 2050, de 80% de redução de emissões de GEE e igualar o total de energia consumida pelos transportes.

De modo a concretizar a preocupação com este setor, em 2005 as estatísticas indicavam que a quantidade de CO₂ emitida pelos edifícios foi de 9 Giga toneladas tendo um crescimento estimado de 76%, nas zonas analisadas neste estudo (WBCSD, 2009).

Para levar a cabo as referidas reduções, é necessário atuar em vários setores, como indústria de construção, políticas, mercados, proprietários dos edifícios e governos, de modo a incentivar à eficiência energética dos edifícios. Aliás, é precisamente aqui, que reside a principal barreira da eficiência energética nos edifícios. Ou seja, as relações entre todos os intervenientes é muito complexa não havendo, muitas vezes, articulação entre as várias entidades do sector da construção, o que leva a falhas no processo (WBCSD, 2009). Isto é, no setor da construção existem várias entidades envolvidas, desde a fase de projeto até à fase de construção de um edifício.

As ligações presentes no referido setor podem ser mais ou menos complexas consoante o contexto da obra: pública ou privada. Tudo começa pelas autoridades locais, as quais representam a vertente legal do processo e giram em torno do promotor. Esta segunda entidade desempenha um papel principal, uma vez que é ela que cria a especulação e faz oscilar os valores de mercado dos edifícios. Além disso exercem alguma pressão junto dos arquitetos e engenheiros para que projetem de acordo com os seus interesses, de acordo com a lei vigente. Atuam igualmente junto da entidade executante (o empreiteiro) e promovem os edifícios junto da entidade que irá vender ou alugar os imóveis.

Muitas vezes não há uma atuação conjunta das várias partes de todo o processo, por isso, as questões da eficiência são relegadas para segundo plano, pois os benefícios diretos com a eficiência energética, vão para o utilizador final, uma das últimas figuras destas ligações. A desvalorização desta componente na construção constitui uma quebra no que deveria ser um esforço conjunto (BCSD Portugal, 2009). Esta complexa cadeia de relações é esquematizada na figura seguinte.

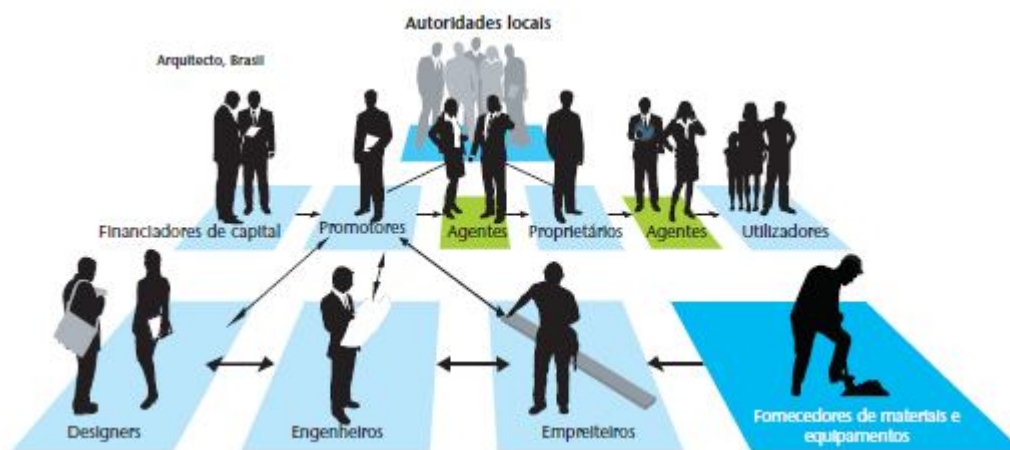


Fig. 2 Complexidade da cadeia de valor (BCSD Portugal, 2009)

Para além desta barreira a publicação refere outras barreiras à reabilitação energética, por parte dos proprietários, entre elas, o elevado investimento inicial inerente às intervenções de melhoria e o horizonte de retorno distante, quer para edifícios residenciais, quer para os edifícios de comércio. Isto deve-se ao facto de a energia não ser uma prioridade, a nível de custos, para a maioria dos utilizadores. Daí que, o aumento do custo da mesma, só por si, não seja suficiente para incentivar à alteração de comportamentos (WBCSD, 2009).

Por outras palavras, com um investimento inicial elevado e tempo de retorno longo, em parte devido ao baixo custo da energia, não há motivação para a transformação do mercado (WBCSD, 2009).

Para além das barreiras referidas, o mesmo documento, faz uma série de recomendações a vários níveis, para desenrolar as ações que levem às metas subjacentes. Ou seja, para que aconteça uma mudança de mentalidade e se abra o mercado da reabilitação, é necessário:

- Criar vontade política e negocial, para transformar a energia e a eficiência energética numa prioridade e a arquitetura eco-eficiente na norma e não na exceção;
- Criar incentivos que contribuam para o retorno do investimento nessa área, através de modelos financeiros de risco controlado, para o aparecimento de novas tecnologias que permitam reduzir os custos iniciais e aumentar o custo de energia, para incentivar a poupanças significativas;
- Colaboração entre as autoridades governamentais, do setor comercial e outras, para a implementação de soluções que visem a eficiência energética em economias emergentes, permitindo melhorias nos padrões de vida e ao mesmo tempo, limitar o crescimento dos consumos energéticos (WBCSD, 2009).

A forma estudada para conseguir alcançar estes objetivos consiste num pacote de medidas, que inclui:

- Reforço da regulamentação existente para a eficiência energética nos edifícios, com aumento da exigência no tempo e apropriada ao clima onde o edifício está inserido, bem como a criação de um conjunto de impostos suficientemente elevados, para estimular o mercado da eficiência energética nos edifícios;
- As entidades encarregues dos projetos, devem trabalhar de forma articulada de modo a inserir as medidas de eficiência energética nos seus projetos, contribuindo para a redução dos consumos e para a produção de energia a partir de renováveis;
- Criação de modelos que permitam a redução dos custos iniciais de intervenções, como por exemplo, pagamento proporcional à poupança de energia, empréstimos com pagamentos feitos através de auditorias à carga fiscal da propriedade, ou fundos de investimento capitalizados em empréstimos de baixo risco em casas de baixo consumo;
- Aumento dos sistemas de monitorização dos edifícios, obrigando todos os edifícios não residenciais a exibir a classificação energética e introdução de auditorias energéticas para identificação do desempenho dos edifícios, bem como para a elaboração de medidas de melhoria;
- Realização de inspeções regulares para verificação de desempenho da envolvente dos edifícios, assim como de sistemas de climatização;
- Obrigar a que nos edifícios com sistemas centralizados, cada fração tenha controlo independente do sistema de climatização e que a cobrança de energia seja feita em função do consumo de cada uma;
- Criação de instrumentos de informação para auxiliar os proprietários de edifícios existentes a compreender o funcionamento e impacto das medidas no seu edifício, ou fração;
- Introdução desta temática nas escolas, centros de formação e outros locais para informação e sensibilização, para trabalhadores do setor da construção, e para a população em geral;
- Os governos devem dar o exemplo mostrando preocupação com a eficiência energética dos seus próprios edifícios (WBCSD, 2009).

Todas estas medidas têm um custo, o que em conjunto se transforma num valor substancial. No entanto, a inação pode levar a custos muito superiores (WBCSD, 2009).

De acordo com o estudo da WBCSD, muita da energia consumida é desperdiçada devido ao mau design dos edifícios, às tecnologias antiquadas e aos comportamentos desajustados, por parte dos utilizadores.

Muitas vezes, quando os imóveis estão arrendados, é difícil motivar os proprietários a realizarem intervenções de melhoria do desempenho energético, porque se forem os mesmos a investir e tiverem o imóvel arrendado, o beneficiário de uma fatura energética inferior é o inclino. Se por outro lado, o dono pagar também a conta

da energia, o inclino não tem motivação para poupar energia. Portanto, cria-se um problema de falta de retorno, que os leva à não realização deste tipo de intervenção (WBCSD, 2009).

Outra das conclusões do estudo é que o setor residencial consome mais que o setor de serviços, nas zonas analisadas.

Dado que a logística e o comportamento dos edifícios unifamiliares e multifamiliares são diferentes, o estudo separou estes dois subtipos do setor residencial. Desta análise diferenciada, foi possível constatar que o Brasil, Índia e Estados Unidos possuem mais habitações unifamiliares, ao passo que na Europa, os edifícios multifamiliares representam metade dos edifícios existentes. Para além disto, verificou-se que nos países desenvolvidos, as habitações multifamiliares gastam menos que as habitações unifamiliares, porque possuem menos áreas de paredes e coberturas por onde se dão as perdas e também têm menor área para climatizar. Por exemplo, nos Estados Unidos, em geral, um apartamento consome metade do que consome uma moradia unifamiliar (WBCSD, 2009).

A análise dos dados revelou igualmente que na Europa, 50% dos edifícios ainda em utilização, foram construídos antes de 1975, com maior incidência de casas unifamiliares. Os mesmos encontram-se desatualizados em termos de eficiência energética. A aparência e a questão monetária são preteridas à poupança de energia, por parte dos proprietários, o que contribui para a questão anterior (WBCSD, 2009).

O caso de França é o reflexo desta realidade. Algumas pessoas instalaram painéis solares para mostrar que aderiram às energias renováveis, por estar na moda e pelas mais-valias monetárias que receberam da produção de energia. Houve, inclusivamente, um sem número de substituições de envidraçados, em consequência dos abatimentos em impostos no custo inicial (WBCSD, 2009).

As duas barreiras essenciais que potenciam estes comportamentos são a falta de informação, em relação às opções, preços e fornecedores, por parte dos donos das habitações e o facto de a decisão de intervir para melhorar se basear essencialmente no custo inicial e não nos benefícios que receberam desse investimento (WBCSD, 2009).

Neste país, estima-se que o custo inicial deste tipo de intervenções se situe entre 15 e 30 mil euros, sem qualquer ajuda ou subsídio, o que corresponde a um custo substancial (WBCSD, 2009).

Com base no que foi referido anteriormente, o principal desafio parece ser encontrar as políticas certas e as medidas necessárias, em cada economia, para persuadir os proprietários a fazer estes investimentos. Potenciar a eficiência energética nos edifícios, é a forma mais efetiva a nível de custos, para alcançar a redução dos consumos de energia e consequentes desperdícios (WBCSD, 2009).

Em suma, o estudo conclui que a tomada de medidas para potenciar a transformação do mercado da eficiência energética é essencial para a economia e para o ambiente, devido à redução das emissões de dióxido de carbono e possibilidade de criação de empregos (WBCSD, 2009).

No ano passado (2010), a IEA e a OCDE, lançaram uma publicação denominada *Energy Efficiency Governance*, baseada no estudo referido anteriormente, onde é compilada um conjunto de medidas que se mostraram mais eficazes para combater este problema, assim como as principais barreiras do ponto de vista dos vários países envolvidos, mas mais vocacionada para a Europa. Nesta, é destacado que os comportamentos face ao consumo de energia e investimento em equipamentos, são influenciados por estruturas de incentivo de cada país, preferências dos consumidores, regulamentos internos, considerações de ordem cultural, o próprio mercado, a difusão de informação e as barreiras técnico-institucionais próprias de cada economia.

A maioria dos países elegeu, como principais razões para a existência destas barreiras, a falta de informação e desconhecimento de causa por parte dos consumidores. Outras barreiras identificadas foram os preços da energia, falta de acesso a financiamentos, falta de capacidade de implementação da eficiência energética e indiferença dos consumidores (IEA, OECD, 2010).

As formas encontradas para ultrapassar estas barreiras, apresentadas pelos diversos países, passam pela implementação de:

- Mecanismos de controlo de preços de tarifas, com redução no preço para quem consome menos;
- Mecanismos de regulamentação e controlo dos consumos de energia, que passam por auditorias energéticas, estabelecimento de patamares de desempenho energético e alvos para redução dos consumos de energia e a obrigatoriedade de investimentos na eficiência energética em empresas privadas;
- Incentivos e medidas fiscais á eficiência energética, através da atribuição de subsídios e reduções nos impostos para consumidores que invistam na eficiência energética;
- Mecanismos para transformar e promover o mercado da eficiência energética, partindo de campanhas de informação e promoção do conceito, inclusão da temática nos currículos escolares e a aplicação da certificação energética nos edifícios;
- Desenvolvimento das tecnologias envolvidas na eficiência energética;
- Desenvolvimento comercial, em particular através do desenvolvimento das indústrias ligadas à eficiência energética e criação de empresas que prestem serviços na área da energia;

- Criação de sistemas de subsídio de investimentos nesta área, com concedimento de empréstimos para investimentos na eficiência energética, apoio na área de projetos e criação de um fundo de apoio à eficiência energética (IEA, OECD, 2010).

Aquando da elaboração destes documentos, alguns países (cerca de 10%) não tinham ainda medidas com base legal, para fundamentar a implementação da eficiência energética e outros já possuíam leis de base para este fim, mas que só abrangem determinados pontos da eficiência (IEA, OECD, 2010).

Portugal já tem implementado alguns decretos-lei para dar força às questões da eficiência energética, como por exemplo, o Plano de Ação para a Eficiência Energética, que foi criado em 2008, como tentativa de ultrapassar as barreiras à eficiência energética. A abordagem está dividida em duas vertentes: a dos equipamentos com medidas ligadas à inovação e legislação e a dos comportamentos, com incentivos fiscais, informação e sensibilização. A primeira vertente tem o intuito de modernizar a tecnologia existente e a segunda, de alertar para a necessidade de adotar novos hábitos de consumo e novas posturas face ao problema (PNAEE, 2008).

Para responder a ambas as vertentes, o Plano Nacional para a Eficiência Energética prevê doze programas, divididos pelos vários setores de atuação. Na vertente tecnológica e relativamente ao setor residencial e serviços, foram criados três programas: Renove Casa Escritório, Sistema Eficiência Energética Edifícios e Renováveis na Hora e Programa Solar.

Estes programas pretendem incentivar à reabilitação urbana sustentável, com intuito de que 1 em cada 15 lares tenham uma classe energética igual ou superior a B-, incentivar a renovação de 1 milhão de grandes eletrodomésticos e substituição de 5 milhões de lâmpadas incandescentes por CFL. Outra forma de incentivo passa pela atribuição de benefícios no licenciamento de construções que sejam eficientes. Outro objetivo destes programas é atingir, até 2015, o número de 75 mil lares electroprodutores e que 1 em cada 15 edifícios tenha água quente solar (PNAEE, 2008).

Como incentivos à eficiência no setor residencial e ligado ao financiamento da reabilitação urbana, foi criado o Crédito Eficiência para financiamento de medidas de eficiência, Cheque Eficiência como prémio por redução do consumo de eletricidade para investir em medidas de eficiência e também o programa Renove+, com benefícios na troca de um eletrodoméstico antigo por um novo com classificação A ou A+ (PNAEE, 2008).

Todas as questões ligadas ao caso de Portugal serão desenvolvidas mais à frente.

2.2.1 A reabilitação energética em alguns Estados Membros

De acordo com o relatório da FIEC, de 2009, Itália, França, Reino Unido e Espanha, pertencem ao grupo de países com maiores mercados de reabilitação de edifícios residenciais, no total dos 14 países analisados no relatório. Para além destes, destaca-se a Alemanha, onde estes trabalhos representam 32% nos trabalhos do setor da construção (FIEC, AECOPS, 2009).

Neste campo, Portugal, fica-se pelos 6,2% de trabalhos do sector da construção, como se pode constatar no gráfico seguinte.

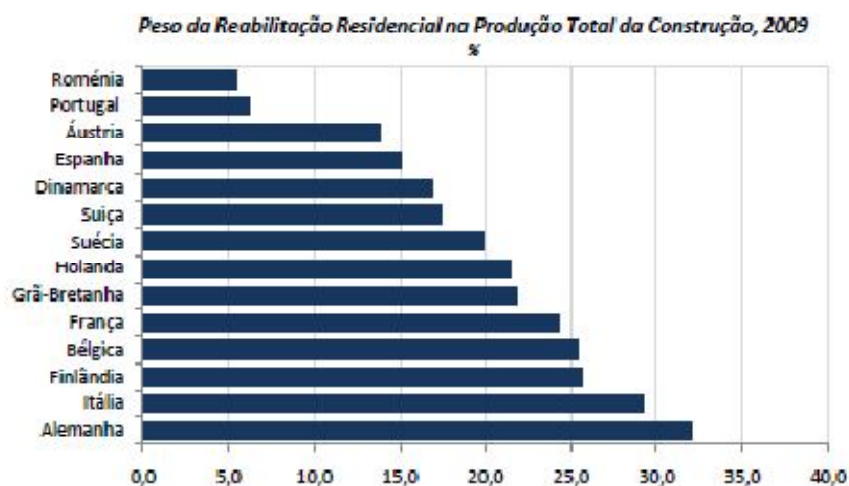


Fig. 3 Peso da reabilitação residencial na produção total da construção no ano de 2009, em alguns países de Europa (FieC, AECOPS, 2009)

Este facto deve-se a questões de mentalidade da população e à inexistência de mercado de arrendamento, devido ao congelamento das rendas (AECOPS, 2009).

De modo a perceber melhor as razões das diferenças entre os resultados referidos, de seguida são desenvolvidos os casos de Itália e Espanha, não só por estarem no grupo dos países com melhores mercados nesta área, mas também por algumas semelhanças climáticas.

2.2.1.1 A reabilitação energética em Itália

Em Itália, a realidade atual é um pouco diferente. Apesar da presente crise e da baixa no mercado da construção nova, o mercado da reabilitação tem registado melhorias, sendo que 60% do investimento feito em obras, é feito neste setor (Bellicini, 2011).

Contudo, há ainda algumas barreiras à reabilitação energética. Um estudo realizado pelo Politécnico de Milão e pela Universidade de Insubria, conduzido pela WWF, denominado *Análise e Propostas de Intervenção*, revela que os edifícios italianos têm uma abordagem negativa face à eficiência energética e que cerca de 75% dos

edifícios foram construídos antes de 1976, ano de entrada em vigor do primeiro regulamento térmico em Itália (Ruggieri; Dall'Ò; Galante; 2007).

As principais barreiras em Itália são: de ordem cultural, normativa e financeira. Nas barreiras culturais englobam-se a falta de informação do utente final, a falta de bom senso económico do consumidor e a sobrevalorização dos custos extra da construção. A nível técnico e profissional é salientada a falta de formação dos técnicos e inércia profissional dos mesmos, a desmotivação dos administradores e falta de controlo do respeito pelas normas. Já a nível financeiro as barreiras apontadas são o problema da divisão dos incentivos e dificuldades de acesso ao crédito (Ruggieri; Dall'Ò; Galante, 2007).

Para tentar superar algumas destas barreiras em 2007, foi introduzida uma lei que prevê um abatimento no IRES (Imposta sul reddito delle società) ou IRPEF (Imposta sul reddito delle persone fisiche), imposto sobre rendimentos de sociedades, ou de pessoa singular, de 55% do valor das despesas em intervenções de requalificação energética nos edifícios existentes, de qualquer género. Estão englobadas intervenções globais nos edifícios, substituição de vãos envidraçados e de sistemas de aquecimento. Para tal, basta recorrer a um perito de térmica para emissão do certificado, atestando assim que as melhorias previstas são eficazes para os fins pretendidos, guardar as faturas das despesas e apresentar os projetos. No caso dos condomínios, deve ser exibida a cópia da ata de assembleia onde são acordadas as parcelas das despesas, de cada um dos inclinos (ENEA, 2010). No final do processo o certificado energético deve ser enviado à ENEA.

A Lei prevê limites máximos de custos para cada tipo de intervenção, que permite abater 55% ao imposto referido (ENEA, 2010).

Relativamente a outras barreiras, surgem questões ligadas aos certificados. As regulamentações locais, a qualificação dos próprios peritos e os mecanismos de sanções, podem constituir obstáculos à emissão dos certificados. Para além disto há uma utilização fraudulenta de contratos de energia, ineficiência de medidas como certificados brancos, o custo da energia fotovoltaica, entre outros (Ruggieri; Dall'Ò; Galante; 2007).

No entanto, os consumos no setor residencial deste país, para aquecimento e preparação de águas quentes, representam cerca de 30% dos consumos energéticos nacionais e 25% das emissões de CO₂ (ENEA, 2010).

Com o intuito de informar a população, a ENEA, lançou uma publicação denominada *Risparmio Energetico Nella Casa* sobre a poupança energética em casa, na qual constam informações para reduzir os consumos energéticos nas habitações e melhorar o nível de conforto (ENEA, 2003).

Segundo a mesma publicação, grande parte das perdas derivam da construção e outras da orientação do edifício. Assim, deve-se reduzir a dispersão do calor no inverno e a entrada de calor no verão através das paredes, pavimento e cobertura, limitar as fugas de ar quente através das janelas e envidraçados, reduzir a

temperatura nos locais não utilizados e realizar uma manutenção eficaz nos sistemas de aquecimento e preparação de águas quentes para que mantenham o seu desempenho (ENEA, 2003).

Para prevenir a dispersão de calor, a publicação sugere o isolamento das envolventes. A cobertura é a zona por onde se perde maior quantidade de calor no inverno e que contribui para o sobreaquecimento no verão. A figura 4 esquematiza três hipóteses de intervenção para isolamento das paredes. Nesta, o número 1 representa a aplicação do isolamento pelo exterior, o número 2 a aplicação do isolamento pelo interior da fração e o número 3 a aplicação de isolamento na caixa de ar, em paredes compostas por dois panos. O isolamento pelo exterior é a solução mais eficaz para isolar um edifício e o ideal quando se pretende refazer a fachada. Pelo interior pode ser realizado numa fração isoladamente, mas reduz o espaço interior, o que obriga a reposicionar o material elétrico e radiadores, com custos moderados. Em relação ao preenchimento da caixa de ar das paredes também poderá ser uma hipótese, pois apresenta custos aceitáveis (ENEA, 2003).

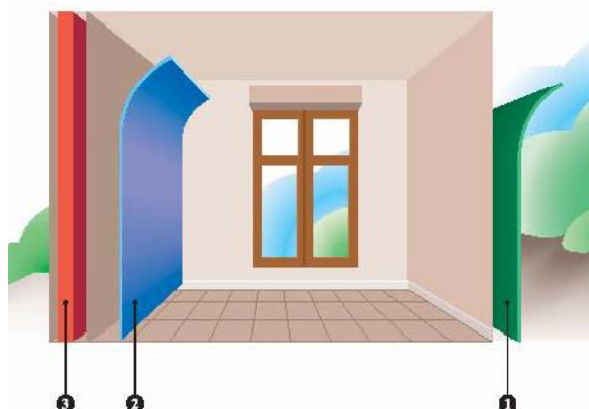


Fig. 4 Posição de sistemas de isolamento em paredes (ENEA, 2003)

Em relação ao isolamento de coberturas, a figura 5 ilustra três das hipóteses de intervenção. A cor azul traduz a aplicação de isolamento numa cobertura plana, a qual pode ser realizada pela face superior ou inferior da laje, a cor verde representa a aplicação na laje de esteira e a amarelo, a aplicação na vertente inclinada, quando o sótão é acessível. Relativamente às espessuras a utilizar, estas variam consoante a zona climática onde o edifício está inserido (ENEA, 2003).



Fig. 5 Sistemas de isolamento de coberturas (ENEA, 2003)

Após qualquer intervenção, a intensidade do aquecimento deve ser reajustada e não se deve permitir que locais que não habitamos sejam aquecidos, como por exemplo as garagens (ENEA, 2003).

Relativamente aos envidraçados, o estado das janelas e dos isolamentos dos vidros provocam correntes de ar e renovações de ar excessivas. Para prevenir estas perdas, em alguns casos, substitui-se só o vidro, outras vezes é necessário acrescentar uma janela nova atrás, ou à frente da existente. Quando isto não é possível, pode recorrer-se à substituição de toda a caixilharia por uma nova. Os sistemas de oclusão devem estar pelo exterior das janelas, mas sem ocultar as grelhas de ventilação, quando existem. (ENEA, 2003).

Em relação aos sistemas de preparação de águas quentes e aquecimento, centralizados ou individuais, esta publicação aconselha à realização de vistorias pelo menos uma vez ao ano, por um técnico especializado. As revisões devem ser registadas num livro que, segundo a lei italiana, todos os sistemas devem ter. Os sistemas com mais de quinze anos, são submetidos a uma análise de desempenho energético e caso não cumpram as exigências, terão que ser substituídos (ENEA, 2003).

A colocação de válvulas termostáticas nos radiadores, conforme ilustrado na figura em baixo, é recomendada de modo a que a temperatura seja ajustada automaticamente, minimizando assim os desperdícios de energia (ENEA, 2003).



Fig.6 Válvula termostática dos radiadores (ENEA, 2003)

Existem já tabelas com estimativas, para cada zona, dos valores previstos para as intervenções. Este tipo de tabelas, para além do custo da intervenção e percentagem de poupança de energia conseguida, apresenta

um esquema das intervenções mais aconselhadas para as diferentes zonas climáticas italianas. A tabela que se segue é um exemplo. Nesta, quantos mais zeros tem uma determinada proposta, mais aconselhada é a mesma.

Tabela 1 Tabela síntese das intervenções, com custo/benefício, consoante zona climática (ENEA, 2003)

INTERVENTI				ZONA CLIMATICA			
INTERVENTI SULLE FINESTRE				A,b,c	D	E	F
		COSTI INDICATIVI €/m ²	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	CONVENIENZA	CONVENIENZA	CONVENIENZA
CONTROLLO INFILTRAZIONI	GUARNIZIONI SUPPLEMENTARI	6,20	10-15	00	0000	00000	00000
CONTROLLO DISPERSIONI DAL CASSONETTO	ISOLAMENTO	9,00	5-10	00	000	0000	00000

Em Itália, existem sistemas centralizados de aquecimento que já dispõem de dispositivos de contabilização de calor individuais, que servem para acabar com os problemas da divisão das despesas pelos apartamentos. Caso contrário, pode ser estabelecida uma média por apartamento, em assembleia de condomínio, que evite estas discussões (ENEA, 2003).

Antes de utilizar os sistemas de aquecimento é aconselhável isolar as envolventes opaca e envidraçada, evitando perdas de energia desnecessárias (ENEA, 2003).

No que diz respeito à produção de águas quentes solares, podem substituir-se, total ou parcialmente, os sistemas de produção de águas quentes elétricos ou a gás. Nestes sistemas deve haver o cuidado de não sobredimensionar o sistema, uma vez que o custo aumenta consideravelmente sem haver uma compensação direta na poupança de energia (ENEA, 2003).

Para incentivar a população a efetuar estas intervenções, o governo Italiano lançou incentivos fiscais para quem pretende reabilitar energeticamente os edifícios existentes e para quem constrói edifícios novos. De seguida, apresenta-se uma tabela, como exemplo do impacto das medidas de incentivo na instalação de sistemas solares (ENEA, 2003).

Tabela 2 Sistematização de custos da implementação de painéis solares, em Itália (ENEA, 2003)

IMPIANTO SOLARE TERMICO PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA PER LA FAMIGLIA MEDIA (4 persone)		
TIPOLOGIA SCALDACQUA	ELETTRICO	GAS (metano)
CONSUMI ENERGETICI (*)	2.850 kWh/a	315 m ³ /a
COSTO INDICATIVO DELL'IMPIANTO SOLARE TERMICO	2.800 Euro	
FINANZIAMENTO (IPOTESI DI DETRAZIONE IRPEF AL 55% COME DA FINANZIARIA 2007)	1.540 Euro	
COSTO RESIDUO A CARICO DELL'UTENTE	1.260 Euro	
RISPARMIO ECONOMICO ANNUALE (**)	385 Euro/a	177 Euro/a
TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO RESIDUO (***)	3,3 anni	7,1 anni
EMISSIONI EVITATE	1,6 t di CO ₂ /a	0,6 t di CO ₂ /a
	3,6 kg di NO _x /a	0,6 kg di NO _x /a
(*) per 200 l/giorno (4 persone) di acqua riscaldata da 15°C a 45°C		
(**) per un fattore di copertura dei consumi del 75%		
(***) con l'esclusione di eventuali oneri finanziari		

Esta publicação foi sofrendo renovações devido à introdução de novas leis, sendo que a última atualização é de 2007, relativa às comparticipações do estado quer na implementação destes sistemas em construções novas, quer em edifícios existentes.

2.2.1.2. A reabilitação energética em Espanha

Em Espanha, o mercado da construção desenvolveu-se bastante nos últimos dez anos. No entanto, desde 2007 têm-se registado decréscimos. Este setor tem um peso na economia espanhola de cerca de 10,4% do PIB (CEOE, 2010).

Houve também uma diminuição do número de empresas neste setor, na ordem dos 11,8%, com todos os seus impactos negativos (CEOE, 2010).

Neste país, em 2009, o setor dos edifícios foi responsável por 26% dos consumos finais de energia, sendo 17% relativos ao setor residencial e 9% ao setor de serviços, o que corresponde a um quinto das emissões de CO₂, deste país. A climatização é responsável por metade destes consumos (IDEA, 2009).

Se aos consumos se juntar a energia gasta para a construção dos edifícios, as emissões atingem um terço do total das emissões de GEE, em Espanha. No entanto, a taxa de construção de edifícios novos corresponde a 1% do parque composto pelos edifícios existentes (WWF, Adena, 2010).

O parque espanhol é composto por 3.500 milhões de metros quadrados construídos, dos quais 85% são destinados para o uso residencial. Conforme se pode verificar no gráfico seguinte, 70% destes foram construídos após 1960, verificando-se a maior percentagem entre 1971 e 1980.

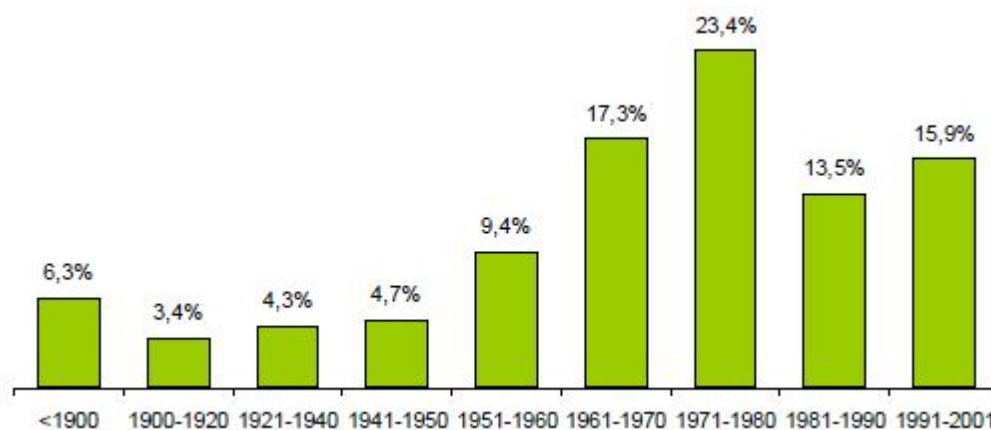


Fig.7 Distribuição da construção de edifícios no tempo, segundo INE, em 2001 (WWF, Adena, 2010).

Assim, a associação WWF, à semelhança das recomendações para Itália, refere que a única forma de reduzir efetivamente os consumos e atingir as metas previstas para 2020 pela Comunidade Europeia, referidas no ponto anterior, é melhorar o desempenho energético, reduzindo as necessidades energéticas do parque edificado.

Afirma ainda que em edifícios com melhor isolamento é também possível reduzir a dependência externa, reduzir as faturas dos cidadãos e melhorar as rendas domésticas. Com uma aposta neste tipo de atividade, de melhoria dos edifícios existentes, será possível criar novos empregos, num setor que se encontra seriamente afetado pela atual crise económica (WWF, Adena, 2010).

Esta mesma ideia foi defendida pela CEOE, Confederação Espanhola de Organizações Empresariais que, acrescenta ainda que, com a aposta neste setor, é possível o aumento da qualificação da mão de obra, aumento da satisfação dos consumidores e redução do consumo de água potável (CEOE, 2010).

Para alcançar estas metas e dinamizar o setor, é necessário estabelecer ferramentas com base legal, garantindo os meios económicos, financeiros e fiscais adequados.

As principais barreiras à reabilitação energética em Espanha identificadas pela publicação são: a ausência de incentivos, as falhas na gestão administrativa, o incumprimento das normas, nenhuma ou pouca informação junto dos proprietários e dos utilizadores dos edifícios (WWF, Adena, 2010).

Desde 2006 que Espanha se esforça para criar um quadro legal que faça cumprir as diretivas comunitárias. Por exemplo, nesse mesmo ano, introduziu o CTE através do regulamento de instalações térmicas dos edifícios e da certificação energética para edifícios novos. Introduziu, também, o Plano Estatal para Edifícios e Reabilitação 2009-2012 e ainda o Plano de Poupança e Eficiência Energética 2008-2012, o qual prevê ajudas às reabilitações da envolvente térmica de edifícios existentes e promove a construção e reabilitação de edifícios com alta qualificação energética (WWF, Adena, 2010).

O setor da reabilitação representou em 2009, 19% das atividades do setor da construção, em Espanha. Com as medidas do Plano Estatal de Reabilitação, seriam necessários 106 anos para reabilitar energeticamente a totalidade dos edifícios existentes. Assim sendo, será necessário agilizar todo o processo de modo a cumprir as metas de 2050, com a vantagem de ajudar a superar a crise do setor da construção, graças às vantagens indicadas anteriormente (WWF, Adena, 2010).

De modo a verificar o potencial de poupança neste setor, foi realizado um estudo nesta área, onde foram analisados os consumos de edifícios após a realização de obras de reabilitação energética. Este estudo utilizou 918 edifícios onde foram analisadas 6 tipologias, 3 zonas climáticas, 3 tipos de envolvente térmica consoante ano de construção, 3 tipos de instalações térmicas e 6 cenários de propostas de melhoria.

O resumo dos resultados vem sintetizado no gráfico da figura seguinte:

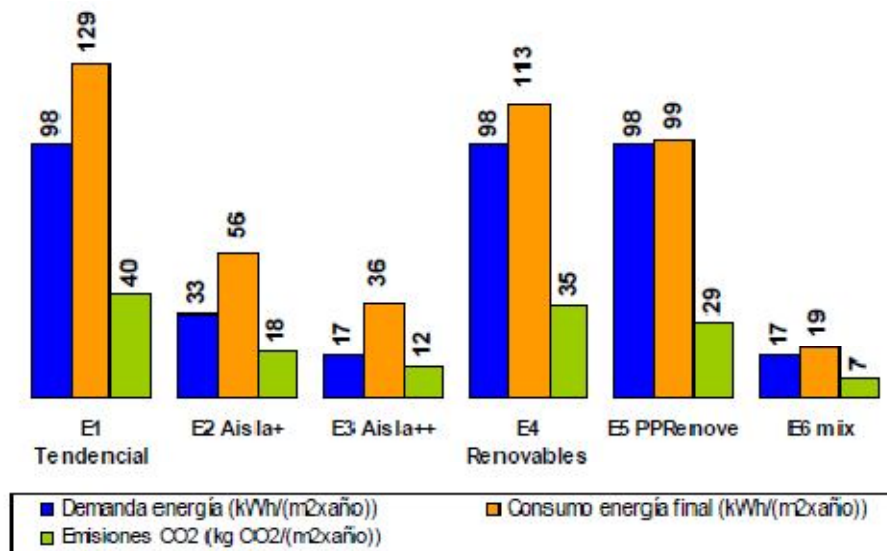


Fig.8 Impacto das medidas de melhoria propostas para os edifícios espanhóis (WWF, 2010)

Para se perceber o que traduz o gráfico, a situação E1 representa a situação do edifício sem realizar nenhum tipo de intervenção e E2 representa o efeito das melhorias de forma a cumprir os mínimos estipulados para os coeficientes de transmissão térmica previstos no CTE espanhol. Em E3 são expressas as melhorias a vários níveis, através da aplicação de isolamentos com coeficientes de transmissão térmica que se

aproximam dos valores indicados para edifícios de consumo zero, melhorias na permeabilidade dos vãos e recuperação de calor do ar expulso. O E4, prevê a incorporação de sistemas solares para produção de águas quentes e eletricidade fotovoltaica e o E5 analisa o impacto do Plano Renove para caldeiras e equipamentos de ar condicionado, conforme a zona climática e com a aplicação do Plano de Poupança e Eficiência Energética 2008-2012, referido anteriormente. Finalmente o E6 consiste na aplicação conjunta das medidas de melhoria E3 e E4, para edifícios com instalações térmicas totalmente elétricas e E3,4,5 para os restantes edifícios.

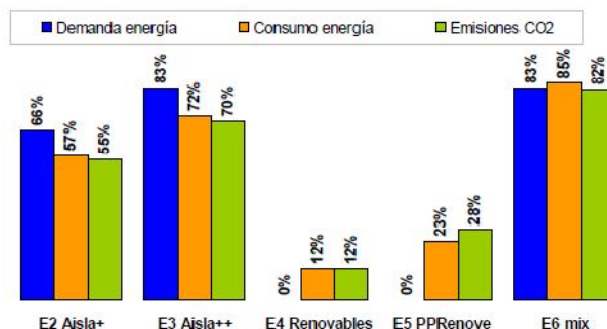


Fig.9 Comparação do impacto das medidas de melhoria energética analisadas (% de redução em função dos valores de uma habitação sem qualquer intervenção) (WWF, Adena, 2010).

Em suma, a incorporação de instalações térmicas mais eficientes pode reduzir o consumo entre 12% e 23,2%. Se se optar por melhorar também o isolamento do edifício, as poupanças nos consumos podem ir de 57% e 72%. O efeito conjunto de equipamentos mais eficientes, com sistemas solares, melhoramentos nos isolamentos do edifício para níveis próximos dos zero, permitirá reduzir cerca de 85% do consumo de energia e 82% as emissões de CO2, relativamente aos valores do mesmo edifício sem realizar nenhuma intervenção de melhoria (WWF, Adena 2010).

A conclusão principal do estudo é que, de todos os cenários previstos, os que surtem mais efeito a nível de necessidades energéticas dos edifícios são os que melhoram os níveis de isolamento dos edifícios. Melhorar os níveis de isolamento do parque habitacional para critérios mais exigentes que os previstos nos regulamentos, permitirá reduzir os consumos em 42% em 2020, face ao ano de 2008. No caso de melhorias com critérios próximos do consumo zero, o parque habitacional poderia poupar 54% nos consumos, em comparação com 2008. Portanto, o facto de se melhorarem as instalações de preparação de águas ou climatização, sem melhorar o nível de isolamento do edifício, resulta em melhorias limitadas na globalidade de parque residencial (WWF, Adena, 2010).

O tempo de retorno do investimento e tendo em conta as ajudas previstas na legislação espanhola para implementação das medidas foram, para o estudo realizado, os constantes na tabela 3. Esta tabela contém

na primeira coluna o investimento, na seguinte a poupança decorrente do investimento e depois os apoios do governo. Nas duas últimas colunas são apresentados os tempos de retorno com e sem os incentivos do governo espanhol.

Tabela 3 Tempos de retorno do investimento das medidas de melhoria prevista no estudo (WWF, Adena, 2010)

	I- Inversión	E – Ahorro	M Mantenimiento	S Ayuda	T – Retorno inversión	
					Sin ayuda económica	Con ayuda económica
E2	4.550,43 €	455,37 €	0,00 €	1592,6	10,0 años	6,5 años
E3	6.200,46 €	577,83 €	14,72 €	2170,2	11,0 años	7,2 años
E4	5.941,06 €	100,92 €	60,00 €	1945,2	145,2 años	97,7 años
E5	2.781,66 €	187,31 €	88,60 €	850,0	28,2 años	19,6 años
E6	14.923,18 €	684,46 €	163,32 €	4965,3	28,6 años	19,1 años

© ETRES Consultores

Para atingir os objetivos de 2020, seria necessário aumentar a taxa de reabilitação Espanhola entre 3 a 7% por ano, em relação aos valores de 2008 (WWF, Adena, 2010).

À semelhança do caso de Itália e de forma a divulgar a informação sobre o tema, foram lançadas algumas publicações, entre as quais o *Guia Prática de la Energía para la Rehabilitación de Edificios*, que afirma que o isolamento é a melhor solução (IDAE, 2008).

Segundo o quadro legal espanhol, desde 2006, em reabilitações que afetem mais de 25% das fachadas do edifício e que contem com uma superfície útil de mais de 1000 m², é obrigatório a aplicação de isolamento. Para além disto, acrescenta que para edifícios com mais de 20 anos ou mal isolados, a reabilitação térmica pode levar a poupança de energia em climatização, até 50%. Aconselham a que sempre que haja necessidade de intervenção em fachadas ou em coberturas, sejam incorporados isolamentos uma vez que o custo acrescido para introdução dos mesmos é relativamente pequeno, tendo em conta as melhorias que daí advêm. O custo de mão de obra e andaimes, estaria já contemplado noutros trabalhos que se iriam executar, portanto, o que acresceria seria apenas o custo dos isolamentos. Salienta-se, ainda, que o custo de uma intervenção de isolamento se amortiza entre 5 a 7 anos e que dada a larga durabilidade dos isolamentos, poderá poupar-se 8 a 9 vezes mais que o custo da reabilitação (IDAE, 2008).

A reabilitação térmica com recurso a isolamento, permite poupar energia e traz o máximo benefício para o utilizador/proprietário, para além das repercussões na sociedade e no ambiente (IDAE, 2008).

A incorporação do isolamento térmico permite reduzir a fatura energética do utilizador, uma vez que impede as perdas de calor ou frio, consoante a estação. Logo, a energia necessária para arrefecer ou aquecer será menor, assim como as emissões de CO₂ derivadas da combustão dos sistemas de aquecimento. Permite também, melhorar o conforto dos utilizadores, dado que ajuda a manter a temperatura no interior da

habitação, elimina condensações e melhora o isolamento acústico. Estes argumentos podem pesar na hora de vender ou alugar um apartamento (IDAE, 2008).

À semelhança da publicação italiana, esta sugere igualmente as várias possibilidades de isolamentos consoante a localização dos mesmos e função a desempenhar.

No que toca à parte burocrática, aconselha os interessados em reabilitar, a recorrer a um técnico especializado na área, a pedir vários orçamentos para as intervenções e consultar os incentivos existentes em cada região para a eficiência energética (IDAE, 2008).

Os dois estados referidos anteriormente estão bastante avançados em relação a Portugal, nesta temática.

2.2.2 A reabilitação energética em Portugal

Portugal tem grande dependência do exterior a nível energético. Segundo o balanço energético, em 2008, 84,60% da energia foi importada e apenas 15% foi produzida internamente (DGGE, 2010).

O petróleo tem ainda um lugar de destaque no que toca a fontes de energia. Em 2008, o consumo desta matéria-prima foi de 51,6%, enquanto o gás natural se fica pelos 17% de total de energia primária consumida (DGGE, 2011). Em 2009 o consumo de petróleo representou 48,7% do total de energia primária consumida e o gás representou 17,5%. (DGGE, 2011)

Com o crescimento da potência instalada em fontes de energias renovável para produção de eletricidade, em 2008, o contributo destas no consumo total de energia primária foi de 17,7% e 20% em 2009. De entre as fontes de energia renováveis, em 2009 destacaram-se os contributos, para produção de energia elétrica, a energia hídrica com 46,6%, eólica com 39,2% e biomassa com 12,3% (DGGE, 2011). As figuras seguintes esquematizam algumas das fontes de energias renovável e não renovável.

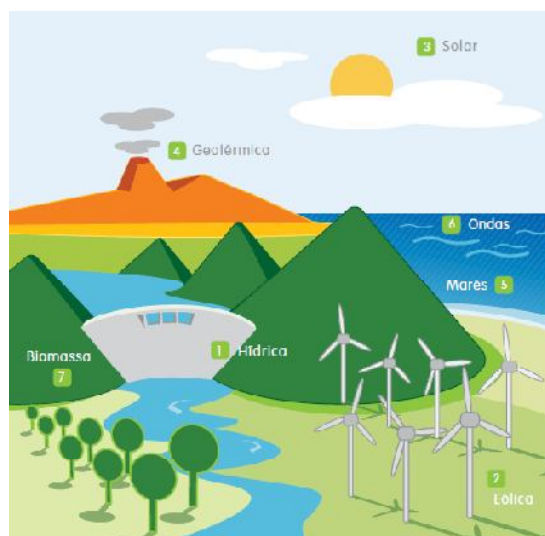


Fig. 10 Fontes renováveis de energia (EDP, 2006)

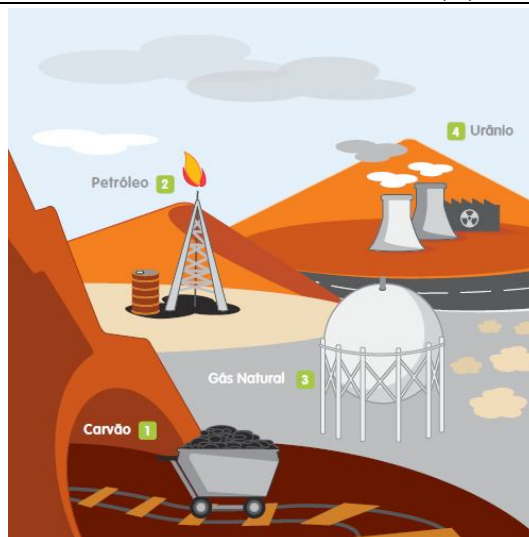


Fig. 11 Fontes não renováveis ou fósseis (EDP, 2006)

Quanto ao consumo final de energia, o setor doméstico teve em 2009, um peso de cerca de 18,3%, segundo o Balanço energético efetuado pela DGGE. Os setores com maior consumo foram o dos transportes e da indústria com 38,4% e 27,5%, respetivamente (DGGE, 2011).

A energia produzida a partir de fontes renováveis tem-se difundido nos últimos anos, verificando-se um aumento no seu contributo para a produção de energia como se constata no caso da energia solar, que aumentou cerca de 13% em 10 anos. O quadro que se segue é o espelho dessa realidade, com a variação dos contributos das energias renováveis para o balanço energético nacional desde 1998 até 2009. (Na tabela quando aparece antes do número um R, significa que esse valor foi retificado).

Tabela 4 Energias renováveis no balanço energético, 2009 (Pordata, DGEG/ MEID, 2011)

Tempo	Contribuição das energias renováveis para o balanço energético								
	Solar - Energia térmica	Fotovoltaica - Energia elétrica	Geotermia - baixa entalpia - Energia térmica	Geotermia - alta entalpia - Energia elétrica	Biomassa - Energia térmica	Resíduos industriais/Lixos - Energia térmica/elétrica	Biogás - Energia térmica/elétrica	Eólica - Energia elétrica	Hídrica - Energia elétrica
1998	16,8	0,1	1	50	1130	854	2,5	7,7	1123
1999	17,3	0,1	1	68,8	1166	895	3,1	10,5	656
2000	17,8	0,1	1	68,8	1185	1071,9	3,3	14,4	1007
2001	18,3	0,2	1	90,3	1204	1061,5	3	22	1236
2002	18,8	0,2	1	82,6	1529,8	1125,6	3,1	31	710
2003	19,3	0,3	1	77,4	1533,8	1122,9	2,9	42,7	1381
2004	20,2	0,3	1	72,2	1540	1133,9	6,3	70,2	872,6
2005	21,9	0,3	1	61,1	1555,6	1191,8	11,6	152,5	440,1
2006	23	0,4	10	73,3	1565,8	1180,2	10,7	251,6	986,2
2007	24,7	2,1	10	172,9	1591,1	1245,6	24,6	347,2	898,6
2008	(R) 29,2	(R) 3,3	10	165,1	(R) 1586,9	(R) 1190,0	25,1	495,1	627,5
2009	36,9	13,8	10	158,2	1543,6	1459,7	26,8	651,6	774,8

No entanto, não chega para suprir as necessidades da população.

A divulgação destas fontes de energia e de medidas para a eficiência energética devem-se às diretivas europeias. De modo a fazer cumprir estas diretivas, em quase todos os países foi criada uma agência para a promoção da eficiência energética, com base na *Mediterranean Association of the National Agencies for Energy Conservation*, MED ENER. Apesar das variações nas designações (por exemplo ENEA em Itália, ADENE em Portugal, ADEME em França) estas agências têm o mesmo objetivo de fundo: a promoção da eficiência energética.

Muitas destas agências são responsáveis pela elaboração de publicações com sugestões para a eficiência energética e soluções para casos de reabilitações ou restauros de edifícios.

De modo geral, estas agências realçam que reabilitar energeticamente os edifícios constitui uma das formas de contribuir para a redução do GEE e para poupanças de energia, assim como pode contribuir para a questão social em tempos de crise do setor da construção. No entanto, há ainda algum caminho a percorrer, para aproveitamento deste mercado.

O mercado da reabilitação em Portugal é muito limitado. No nosso país não há cultura de preservação do edificado, apesar do regime jurídico de urbanização e de edificação exigir que sejam realizadas obras de conservação de 8 em 8 anos. Em comparação com outros países da Europa, Portugal, encontra-se nos últimos lugares, tal como se pode constatar na figura 3, do ponto 2.2.1 (ITIC, 2009).

Para esclarecer algumas dúvidas sobre este setor, nos últimos anos têm sido publicados alguns estudos. Alguns desses estudos são abordados de seguida.

Um dos estudos pertence ao Instituto Técnico para a Indústria da Construção (ITIC), que lançou um documento, no qual relaciona o regulamento das características térmicas com as oportunidades do segmento residencial.

Segundo este estudo, uma das medidas que teve maior impacto foi, por exemplo, a transposição da diretiva 2002/91/EC para a realidade legislativa portuguesa. Esta diretiva trouxe a certificação energética quando se vende, ou arrenda uma habitação. Apesar da obrigatoriedade de obtenção do certificado, o proprietário não é obrigado a realizar obras de reabilitação. No entanto, obteria contrapartidas a seu favor, caso o fizesse. Segundo ITIC, o potencial de reabilitação energética do país depende de vários fatores, sendo portanto de concretização dúbia. No entanto tem vantagens, como o facto de o investimento inicial ser recuperado num espaço de tempo mais ou menos curto, face à vida útil do edifício, a redução do impacto do consumo de energia no meio ambiente e melhoria da qualidade do ar interior dos edifícios. A questão monetária é o que menos atrai os proprietários e utilizadores (ITIC, 2008).

O parque edificado Português, em 2001, apresentava uma taxa de edifícios com necessidades de reparação relativamente baixa, uma vez que 57% dos edifícios foi construído após 1971. Cerca de 59% dos edifícios existentes nessa época, não mostravam necessidades de reparação contra 38% que tinham necessidades diferentes de reparação. (ITIC, 2008) Estes dados não se referem concretamente a necessidade de reabilitação energética, mas sim a reabilitação no geral.

Destes 38%, 7,2% encontram-se muito degradados e 12,6% com grandes necessidades de intervenção. No entanto, a maioria dos edifícios (59%) só tem necessidade de pequenas intervenções. Para este facto contribuíram, não só as políticas de congelamento das rendas, que não permitem aos proprietários realizar obras, mas também a mentalidade da sociedade portuguesa. Ou seja, como já foi referido, não há uma cultura de conservação dos edifícios, embora a maioria dos edifícios (cerca de 75% em 2001) seja ocupado pelos proprietários (ITIC, 2008).

O estudo apurou que o potencial deste mercado se situa entre 11.381 milhões de euros e 14.307 milhões de euros, apenas para melhoria da envolvente. Este investimento dividido pelo número de fogos corresponderia a 5.000 € por fogo (ITIC, 2008).

Relativamente à preparação de águas quentes sanitárias e através de um exemplo de uma intervenção de requalificação energética, num edifício com seis fogos de tipologia T3 em que foram aplicados nove coletores solares, um reservatório de acumulação central e permutadores individuais, o valor por fogo estimado é de 4.600 €. A somar a este valor haveria o isolamento da canalização de água quente e a substituição do esquentador por uma caldeira, que seria mais 2.000€ e 1.400€, respetivamente. Num universo de 2,5 milhões de fogos, com um ritmo de reabilitação de 100.000 fogos por ano, o período de execução seria de 25 anos (ITIC, 2008).

As conclusões a que o ITIC chegou neste parâmetro do documento, foi que o contributo do setor dos edifícios para a racionalização do consumo de energia e da redução das emissões dos GEE fica aquém do expectável e que o investimento só é possível se for rentável para o investidor (ITIC, 2008).

A adoção de sistemas de energia solar, como painéis solares e fotovoltaicos, nos edifícios existentes, tem custos mais significativos. Para além desta questão, pode haver necessidade de inutilizar os espaços para realização dos trabalhos por algum tempo e também pode haver problemas na concordância dos condomínios, no caso dos edifícios multifamiliares. Nestes, é necessário argumentar de modo a convencer todos os habitantes das vantagens da reabilitação energética (ITIC, 2008).

Importa salientar que nem todas as medidas de eficiência poderão ser aplicadas aos edifícios existentes, apesar das constantes evoluções dos materiais e técnicas construtivas. Isto pode dever-se a condicionantes arquitetónicas próprias do edifício, como por exemplo, má iluminação natural, orientações desfavoráveis,

entre outras. Uma das questões que constitui um entrave à reabilitação em termos de eficiência energética, em edifícios existentes, é o custo inerente e consequentemente o tempo de retorno. (ITIC, 2008).

Em 2008, de modo a contornar esta questão, o estado criou incentivos nesta área. Estes incentivos passavam por deduções no IRS de 30% na coleta na aquisição de painéis solares novos até ao limite de 777€, deduções no IRC dos equipamentos de energia solar e IVA a 12% para equipamentos de aproveitamento de energia solar. Para além disto e inserido nas medidas previstas no programa *Portugal Eficiência 2015*, haverá bonificação de 10% nos benefícios de crédito habitação para edifícios classe A/A+, benefícios fiscais para micro-produção e solar térmico, amortizações fiscais aceleradas para compra de equipamentos mais eficientes a nível energético, criação do Fundo de Eficiência Energética como forma de incentivar a reabilitação urbana, substituição de eletrodomésticos e dinamização de empresas e serviços de energia (ITIC, 2008).

Em suma, de acordo com esta publicação as vantagens da reabilitação energética são a redução da emissão de GEE, a poupança de recursos naturais e melhorias ao nível da saúde dos utilizadores. No entanto, será o comprador do imóvel quem decide se estas vantagens têm significado para o próprio, face a outras características (ITIC, 2008).

A viabilidade económica de uma reabilitação energética deve ser analisada caso a caso, fazendo um levantamento dos consumos energéticos de cada família. Porém, pode acontecer de a análise custo/benefício ser falaciosa, uma vez que os custos da energia são subsidiados pelo governo e como tal, o preço que o consumidor paga, não é o preço verdadeiro da mesma. Ou seja, não inclui transporte, custo de produção e distribuição. A realidade da construção em Portugal tem ainda que enfrentar alguns desafios, como a alteração de comportamentos por parte de técnicos, promotores e consumidores, a valorização da energia, a contabilização da vida útil do edifício na tomada de decisão, tornar a eficiência energética viável para todos os edifícios e formação e sensibilização dos trabalhadores para estas temáticas (ITIC, 2008).

O estudo supracitado vai de encontro ao estudo realizado pela World Business Council for Sustainable Development.

Segundo a publicação da AECOPS, denominada *O Mercado da Reabilitação*, a negligência face às necessidades dos edifícios, principalmente os que têm necessidades de reparação, tem sido muito penalizadora para o Produto Interno Bruto Português (Martins; Vital; Adão; Neves, Martins e Ramalho, 2009).

Esta publicação, à semelhança do estudo do ITIC, aponta a questão do congelamento das rendas e o aumento da taxa de propriedade, como principais responsáveis pela degradação do parque construído e também responsáveis pela limitada mobilidade da população e das empresas.

Nos últimos anos, o valor dos trabalhos de reparação/manutenção expressou-se em 2.765 Milhões de euros, o que representa 9,6% do valor total de trabalhos do setor da construção. Contudo, só 1.045 Milhões de euros são relativos aos edifícios, o que perfaz 14% do total dos trabalhos de reparação e manutenção (Martins; [et al.], INE, 2009).

De acordo com a AECOPS, para além dos motivos referidos anteriormente, o acesso facilitado ao crédito para aquisição de habitação com taxas de juro baixas e uma má visão dos responsáveis políticos para resolver o problema de habitação das famílias, contribuiu para a falta de conservação do parque edificado e para o estado de dificuldades que as famílias e mesmo o próprio país atravessam (Martins; [et al.], 2009).

O estado Português também não tem dado o exemplo, uma vez que tem dado prioridade a execução de obras novas. As estatísticas mostram que, entre 2000 e 2008, o estado adjudicou apenas 30% de obras de reparação/manutenção de infraestruturas existentes e em 2009 a percentagem do montante de obras de reparação/manutenção, foi de cerca de 18% (Martins; [et al.], 2009).

Apesar do crescimento de construção nova (cerca de 20%), segundo os censos de 2001, este ritmo não poderá continuar, pois já se verifica algum excedente no stock, facto confirmado pelo decréscimo registado nos últimos anos, com sucessivas quebras do setor (Martins; [et al.], 2009).

Relativamente às necessidades de reparação, os valores apresentam-se no gráfico seguinte.

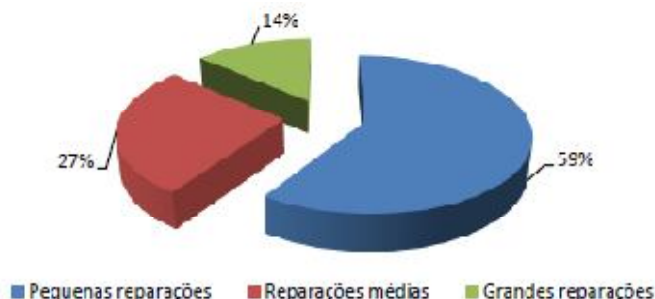


Fig.12 Necessidades de reparação dos edifícios em 2008 (Martins; [et al.], 2009)

No que toca a valores deste mercado a AECOPS considera que, ao abrigo do programa RECRIA e tendo em conta os valores médios de obras de reabilitação, este setor na vertente habitacional tem um potencial de 74 mil milhões de euros. Já as obras de intervenção consideradas ligeiras, podem representar 535 milhões de euros anuais (Martins; [et al.], 2009).

Do ponto de vista das questões de eficiência energética, regista-se uma evolução desfavorável na forma como o país consome energia. Por tudo o que se disse anteriormente, constata-se que os edifícios são um setor importante no que concerne a poupança de energia, razão pela qual tem havido um esforço, a nível europeu, para difundir e implementar a eficiência energética nos edifícios (Martins; [et al.], 2009).

Também é referido que a obrigatoriedade de apresentar o certificado energético, para aluguer ou venda, é a medida mais efetiva, em relação aos edifícios existentes. Ou seja, é dos primeiros passos para avaliar o desempenho de um edifício e ter acesso a propostas de melhoria. Assim, aquando de uma reabilitação, convém analisar a incorporação destas medidas nas obras previstas (Martins; [et al.], 2009).

Em relação às obras de reabilitação energética, este estudo prevê que 50% do parque edificado existente em 2001, deve ser alvo deste tipo de reabilitação. À semelhança do estudo do ITIC, as obras a que se refere o estudo são: isolar energeticamente paredes, cobertura e intervenções a nível de envidraçados. Ficaram excluídas obras de colocação de painéis solares, proteção das canalizações, substituição de esquentadores e colocação de sistemas de sombreamento (Martins; [et al.], 2009).

Os valores estimados pelo AECOPS para este mercado situam-se entre 11.333,70 milhões de euros e 14.355,40 milhões de euros, o que resulta em 5.000 euros/fogo (Martins; [et al.], 2009). Estes valores aproximam-se dos valores preconizados pelo ITIC.

A reabilitação energética tem alguns custos indiretos, alguns dos quais já referidos no estudo realizado pelo ITIC, que são: a inutilização do espaço enquanto se fazem obras, a obtenção aprovação dos condóminos nos edifícios multifamiliares, a perda de tempo na escolhas da empresa para realizar e acompanhar a obra e as limitação técnicas. Às vantagens enunciadas nos parágrafos anteriores, acresce o aumento do valor do imóvel com maior absorção pelo mercado e o facto de ser uma mais-valia para diferenciar o imóvel (Martins; [et al.], 2009).

A AECOPS salienta como principais oportunidades deste setor:

- O desenvolvimento de novas tecnologias, em parceria com universidades e centros de investigação;
- A melhoria na qualidade da construção;
- Mais-valias para produtos da construção;
- Melhoria da imagem do setor;
- Clarificação das regras da concorrência;
- Novos setores de atividade tais como: Energias renováveis, desenvolvimento dos serviços de manutenção e reabilitação energética (Martins; [et al.], 2009).

A aposta neste setor pode ser arriscada, devido à falta de informação junto dos consumidores sobre as vantagens/desvantagens da eficiência energética nos edifícios, desconhecimento das tecnologias existentes e a falta de mão de obra especializada para as aplicar (Martins; [et al.], 2009).

A AECOPS, à semelhança do ITIC salienta alguns dos desafios que o país tem que enfrentar. Os principais são: a necessidade de alterar o comportamento de promotores, projetistas, autoridades públicas e utilizador final, a valorização da energia, o peso do fator vida útil dos edifícios na decisão de reabilitar, a necessidade de adoção de abordagens integradas, com redução dos efeitos da segmentação existente na cadeia de indivíduos envolvidos no processo da reabilitação, encontrar formas de tornar todos os edifícios eficientes a nível energético e a necessidade de formar e informar os trabalhadores das empresas de construção e enriquecer os quadros técnicos (Martins; [et al.], 2009).

A questão da cadeia de valor é comum a alguns países da Comunidade Europeia, tal como foi explicado no início deste capítulo com a publicação do WWF.

Para além do referido, a AECOPS estima que, entre 2011 e 2030, as poupanças que se conseguiriam através de obras de reabilitação energética, seriam na ordem dos 106,9 milhões de euros, tendo em conta intervenções apenas a nível da envolvente dos edifícios (Martins; [et al.], 2009).

A figura apresenta um gráfico com a evolução prevista dos ganhos energéticos, na balança energética, no período supra citado. Este mostra que o crescimento seria mais rápido até 2015 e a partir daí seria mais lento, mas sempre com tendência crescente.

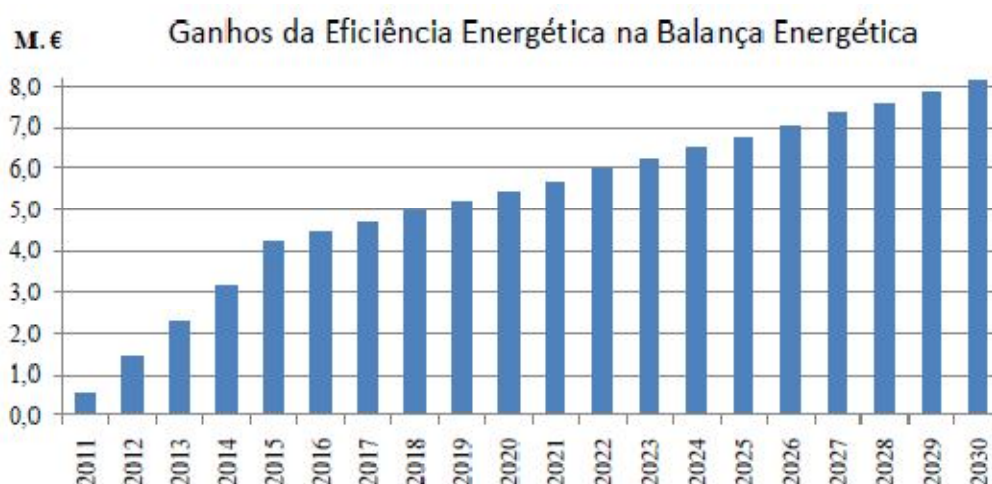


Fig.13 Ganhos da eficiência energética na balança energética (AECOPS, 2009)

A nível de legislação e de iniciativas de sensibilização, Portugal, tem intensificado esforços no lançamento de leis que suportam as alterações de comportamento e dinamização do mercado da reabilitação.

Para tal, no ano de 2001, foram lançados três programas o *E4*, o *AQSpP* e o *P3E*. O primeiro, *Eficiência Energética e Energias Endógenas*, tinha como objetivo atingir as metas estipuladas, pela Comunidade Europeia, para produção de eletricidade através de fontes renováveis.

Os principais pontos de intervenção deste programa foram: aumentar os tipos de energia existentes no mercado, promover a eficiência energética e as energias endógenas (como a hídrica, eólica, biomassa, solar e das marés). O segundo programa, *Água Quente Solar para Portugal*, foi promovido pela Direção Geral de Energia e Geologia e tem o intuito de promover a produção de águas quentes sanitárias através da energia solar, quer no setor residencial e serviços, quer na indústria. Finalmente, o terceiro programa definiu várias estratégias para tentar inverter a tendência do aumento dos consumos nos edifícios, o que implicou a revisão do RCCTE e do RSECE e dinamizou a certificação energética dos edifícios (EDP, 2010).

Apesar das medidas enunciadas anteriormente, continua a registar-se um aumento nos consumos (EDP, 2011).

De modo a controlar este aumento, em 2002 foi lançada uma iniciativa Pública designada por *Eficiência Energética nos Edifícios*, com intuito de rever os regulamentos vigentes e transpor a Diretiva Comunitária 2002/91/EC para o quadro legislativo português. Esta diretiva prevê um sistema de certificação energética (SCE), que implicou a criação das leis ligadas aos edifícios, que entraram em vigor em 2006. Este sistema permite informar os potenciais consumidores dos consumos espectáveis dos edifícios (DGGE, 2011).

No mesmo ano, foi lançada a diretiva comunitária de 16 de dezembro, com o intuito de aumentar a eficiência energética nos edifícios, melhorar a qualidade dos edifícios novos e dos existentes, informar a população, reduzir a dependência externa de energia e reduzir a emissão de gases de efeito de estufa. Os dados publicados pela União Europeia revelam que os edifícios são responsáveis por 40% dos consumos, a nível europeu e 30% em Portugal (EDP, 2010).

A diretiva comunitária 2002/91/EC, foi transposta para Portugal no dia 4 de abril de 2006, através do DL nº78/2006 (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios - SCE), DL nº 79/2006 (Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios – RSECE), DL nº80/2006 (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE) e impõe a emissão de certificados energéticos para transações, remodelações de edifícios de habitação e para serviços com mais 1000 m² (EDP, 2010).

Segundo a ADENE, a EPBD tem surtido efeito relativamente à emissão dos certificados, uma vez que até ao final de 2009, tinham sido emitidos 150 mil certificados energéticos. Todavia, afirma que ainda há algumas dificuldades em sensibilizar as pessoas para o significado dos certificados energéticos e também nas fiscalizações dos peritos qualificados, que emitem os mesmos. A questão principal é o facto de ainda não ter sido possível constatar o impacto destas medidas nos consumos energéticos e melhorar os incentivos junto dos consumidores, para os ajudar a implementar as medidas de melhoria nas suas habitações (Ideal-epdb, 2011).

No seguimento dos números adiantados pela ADENE, em relação aos certificados, o gráfico que se segue exprime a percentagem de certificados emitidos até 2010.

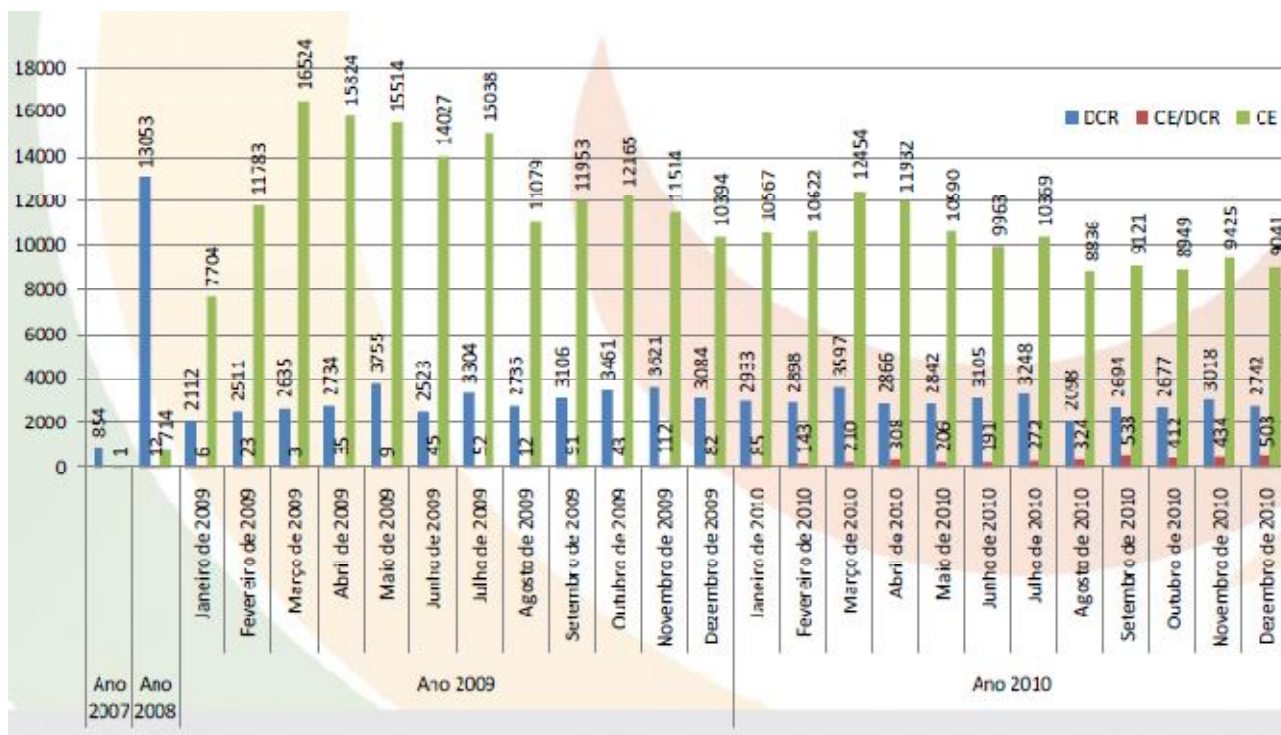


Fig.14 Número de certificados emitidos por mês, desde 2007 (ADENE, 2010).

Cerca de 60% dos edifícios existentes, estão abaixo da classificação mínima prevista pela lei (ADENE, 2010).

A referida entidade, reforça a ideia de que a renovação dos edifícios existentes reduz os consumos de energia, melhora o conforto dos utilizadores e o ambiente das cidades (ECN, 2011).

A ERSE, Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos em Portugal, criou em 2007, com atualizações anuais, o *Plano para Promoção da Eficiência Energética no Consumo, PPEC*, que prevê várias medidas, para que haja uma redução nos consumos de energia elétrica. Esta entidade prevê que, com este plano, seja possível evitar o consumo de 2.244 GWh, o que por ano seria o equivalente ao consumo de 750 mil famílias. No plano, constam ainda análises de custo/benefício da implementação das medidas. A título de exemplo, as medidas no setor residencial do PPEC 2011-2012 contemplam aplicação de lâmpadas economizadoras, instalação de sensores de presença, utilização de LEDs, evitar os standby dos eletrodomésticos, gestão dos consumos, entre outras, com indicações dos valores de custo/benefício da sua implementação. Por exemplo refere que uma lâmpada de 100W tem a mesma intensidade que uma lâmpada de baixo consumo de 20W, o que permite poupar 3 euros/ano/cada hora diária de utilização (ERSE, 2011).

A implementação de todas as medidas e diretivas não foi pacífica e veio agitar o setor da construção em Portugal (ERSE, 2011).

As medidas implementadas pelos Decretos-Lei foram introduzidas após períodos de adaptação, havendo ainda aspetos por esclarecer e discórdia quanto a algumas questões. Para além disto, há também uma certa desconfiança, por parte das empresas, em aderir ao mercado da reabilitação (ERSE, 2011).

Tal como foi referido, o *Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética*, apresenta várias informações relativas a eficiência energética, desde o setor dos transportes, habitação, tipos de combustíveis, fontes de energia e breves referências aos impactos sobre o meio ambiente de acordo com a sua origem. É de notar que o foco é voltado para os eletrodomésticos e respetivas classes de eficiência (ADENE, 2010).

Na secção dedicada à habitação, refere que os frigoríficos, os sistemas de aquecimento do ambiente e a iluminação compõem os setores, da habitação, onde é consumida mais energia. Segundo os gráficos constantes na brochura do *Plano*, estes elementos consomem 22%, 15% e 12%, respetivamente (ADENE, 2010).

Relativamente aos sistemas de aquecimento do ambiente ou climatização, é feita uma abordagem simples com algumas explicações sobre alguns sistemas, destinados a esse fim. São aconselhadas caldeiras com maior rendimento e informa que as caldeiras de modelação automática de chama, minimizam os arranques e paragens, poupando energia, uma vez que regulam o calor produzido, de acordo com as necessidades reais do ambiente a aquecer. Outras caldeiras aconselháveis são as de temperatura variável ou de condensação. Estas podem ter um investimento inicial mais elevado, contudo as poupanças que daqui advem podem alcançar os 25%, permitindo recuperar o investimento adicional (ADENE, 2010).

No que diz respeito aos radiadores, aconselha-se a sua colocação por baixo das janelas, para permitir a difusão do ar quente. Os elétricos, do ponto de vista da eficiência, não são aconselháveis (ADENE, 2010).

Em alternativa aos radiadores que funcionam a água aquecida, pode optar-se por pisos radiantes, tornando o pavimento num emissor de calor. Este sistema funciona com temperaturas mais baixas, na ordem dos 35°C a 45°C, comparando com sistemas tradicionais. Se o piso radiante for elétrico, também não é muito económico (ADENE, 2010).

Numa comunicação feita pelo LNEC, intitulada *Medidas de reabilitação energética*, sobre um caso de uma habitação social, as medidas constantes na mesma são muito semelhantes às sugeridas pela ADENE. Ou seja, a reabilitação da envolvente dos edifícios pode ser feita através de 3 géneros de medidas. A primeira é reforçar a proteção térmica, através do reforço do isolamento nas paredes exteriores, pavimento sobre locais exteriores ou não aquecidos e coberturas. A segunda pelo controlo das infiltrações de ar e a terceira por recurso a tecnologias solares ativas e passivas (Paiva, 2000).

Segundo o autor supra citado, a nível da relação custo/benefício, as medidas mais eficazes são aquelas relacionadas com as coberturas, seguindo-se as medidas ligadas aos pavimentos sobre espaços exteriores ou não aquecidos. Relativamente aos vãos envidraçados, responsáveis por cerca de 35% a 40% das perdas totais dos edifícios na estação fria ou de aquecimento, deve ser acautelada a aplicação de um conjunto de medidas que satisfaçam as duas estações, balanceando o investimento com as vantagens. Para a estação de aquecimento a orientação ideal dos maiores vãos é a sul. Nos edifícios existentes isto pode ser exequível, com alargamento dos vãos, ou abertura de novos prevendo sistemas de sombreamento para evitar sobreaquecimento de verão (Paiva, 2000).

Também é importante instruir os utilizadores dos espaços, no sentido de adquirirem hábitos que favoreçam a conservação da energia (Paiva, 2000).

A EDP, lançou também o *Guia Prático da Eficiência Energética*, com sugestões para poupar energia. A nível das habitações, este guia aconselha a isolar paredes, tetos e pavimentos de modo a não desperdiçar a energia e reduzir os gastos com sistemas de climatização. Estima-se que há um desperdício de cerca de 60% da energia dos sistemas de aquecimento. Gestos simples, como calafetar portas e janelas com fitas próprias para o efeito, pode reduzir em 5% o consumo de energia. Isolar as paredes, chão e teto pode reduzir em 30% o consumo de energia (EDP, 2006).

Para além destas recomendações, há ainda mais um conselho que é isolar a casa antes de adotar um aparelho de climatização e escolher um aparelho com potência adequada. A plantação árvores de folha caduca pode ajudar ao sombreamento das habitações no verão e permite a passagem dos raios solares no inverno (EDP, 2006).

Em relação aos sistemas de aquecimento de água, soluções como caldeiras a biomassa ou os coletores solares térmicos, são capazes de contribuir com aproximadamente 70% da energia. (EDP, 2006)

Quando as soluções de aquecimento de água são termoacumuladores, ou esquentador e quando forem dotados de termóstato, a temperatura não deve exceder os 60°. Quando se mistura água fria com a água quente, há desperdício de energia. A utilização de torneiras e chuveiros eficientes poupa 40 a 70% de água (EDP, 2006).

Em relação aos envidraçados, sempre que for necessário substituí-los, deve escolher-se vidro duplo e estes devem ter sombreamento exterior, como palas, persianas, estores, de modo a minimizar os ganhos solares no verão (EDP, 2010).

De forma a ilustrar parte do que foi referido anteriormente, as duas figuras seguintes mostram alguns dos fatores que influenciam o desempenho térmico das habitações:

- A localização geográfica (o clima do local de construção deveria influenciar a mesma);
- A orientação solar (que tem grande peso nos ganhos solares);
- A qualidade da construção (a nível de materiais aplicados e cumprimento dos projetos);
- A aplicação de isolamentos na envolvente opaca (paredes, cobertura e pavimentos);
- Tipo de vãos envidraçados (caixilharias e vidros que implicam os ganhos solares através destes);
- A ventilação natural (para manter a qualidade do ar e o arrefecimento no verão);
- Questões do sombreamento (pelo controlo dos ganhos solares) e
- A cor dos revestimentos.

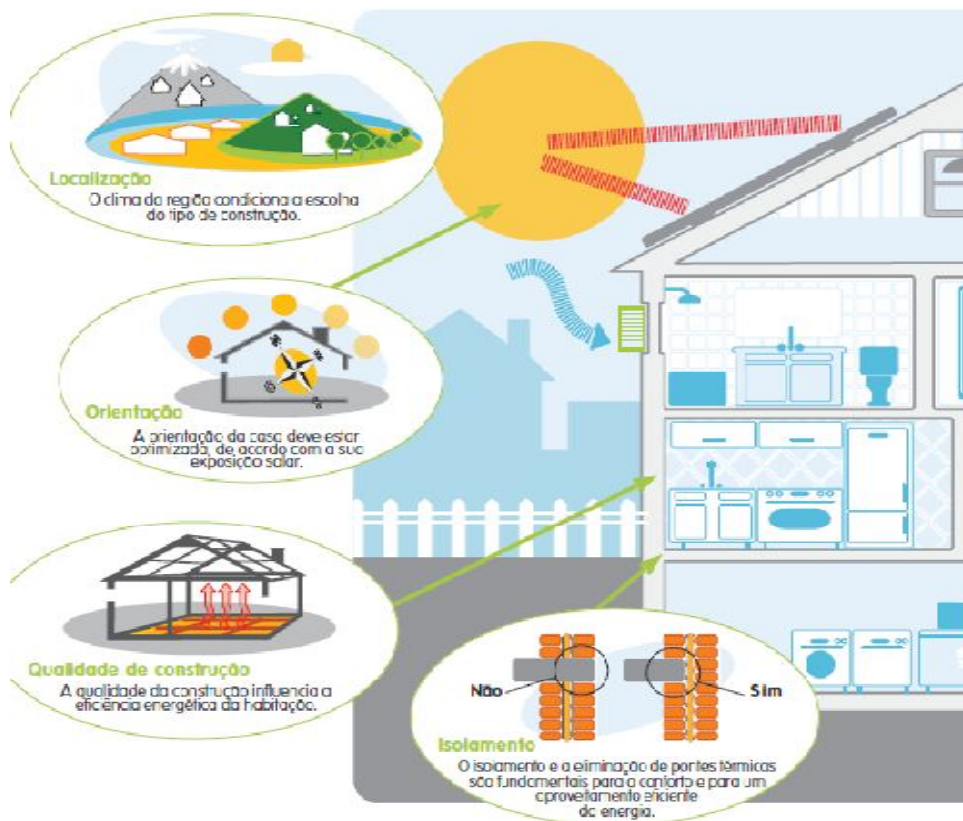


Fig. 15 Alguns meios para a eficiência energética (EDP, 2006)

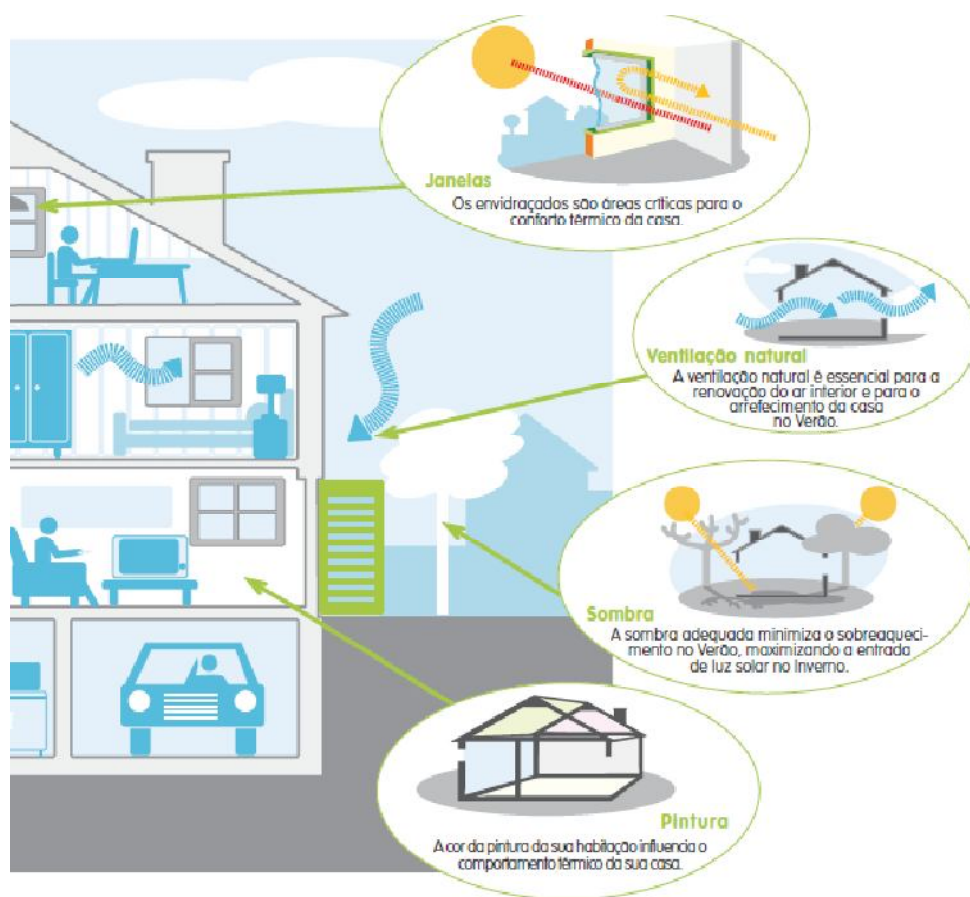


Fig. 16 Fatores que influenciam a eficiência energética (EDP, 2006)

Todos os fatores ilustrados são considerados na avaliação do desempenho térmico dos edifícios.

Em março do presente ano (2011), foram apresentadas mais medidas para incentivar à reabilitação urbana. As medidas aprovadas contemplam as seguintes áreas: simplificação de procedimentos e eliminação de obstáculos à reabilitação urbana, garantia do cumprimento dos contratos de arrendamento, nomeadamente em caso de falta de pagamento de rendas e financiamento da reabilitação urbana. No entanto, as medidas previstas não incidem diretamente na reabilitação energética, mas sim em edifícios que pertençam a Áreas de Reabilitação Urbana (ARUs). As referidas medidas têm como objetivos principais a criação de emprego com a dinamização do setor da construção e a renovação dos edifícios em processo de degradação, nas cidades Portuguesas (Presidência do Conselho de Ministros, 2011).

Com as recentes medidas impostas pela Troika e os sucessivos PACs, alguns dos incentivos à eficiência energética foram alterados. No que diz respeito aos equipamentos energéticos, para este ano de 2011, as despesas com os mesmos deixam de ser consideradas deduções e passam a ser benefícios fiscais, consoante o escalão do IRS. Os contribuintes, que invistam neste tipo de equipamentos, que pertençam ao primeiro e segundo escalões do IRS, terão benefícios fiscais dedutíveis em 30%, o que pode atingir uma

poupança de 803€ Os contribuintes pertencentes aos escalões seguintes, terão um incentivo de 100 euros, no máximo (Online24, 2011).

Neste âmbito, a DECO, fez um estudo para uma família com rendimentos médios, pertencente ao quarto escalão do IRS, que investiu num Plano Poupança Reforma e em painéis solares. Assim sendo, esta família apenas irá beneficiar de um valor 80€(DECOProteste, 2011).

A fim de concretizar os objetivos da dissertação e com base nas informações obtidas, serão analisados quatro edifícios existentes que, aparentemente, não necessitam de intervenções de reabilitação, uma vez que estão visivelmente em bom estado. Contudo, em consequência dos anos de construção, apresentam alguma redução na qualidade dos materiais que os compõem, conduzindo à deterioração das condições de conforto dentro dos mesmos.

As próprias alterações climáticas, que têm vindo a acentuar-se, fazem com que os edifícios construídos com os materiais adequados às condições e conhecimentos existentes há cerca de vinte anos fiquem relativamente desatualizados, o que por sua vez reduz o seu valor de mercado.

A análise dos quatro edifícios permitirá por um lado, saber quais as intervenções possíveis em cada caso para melhorar as condições de conforto dos utilizadores e restituir ou mesmo aumentar a qualidade dos mesmos e por outro lado averiguar quais as mais-valias destas intervenções em termos de desempenho energético e potencial de poupança. Estes dois aspetos são muito importantes para atingir os objetivos da dissertação.

CAPÍTULO 3. Metodologia



(Glocalfaro)

3.1 Introdução

Neste capítulo é descrita a metodologia que será seguida para atingir os objetivos definidos no primeiro capítulo.

Para atingir os objetivos propostos para esta dissertação, tirou-se partido do estudo de quatro edifícios residenciais, dois unifamiliares e dois multifamiliares, construídos antes de 1990, situados no concelho de Braga. Em 2001, cerca de 78% dos edifícios existentes, em Portugal, tinham sido construídos antes de 1990, facto que contribuiu para a escolha deste setor para o presente estudo.

Os edifícios selecionados apresentam, entre outras, algumas patologias de ordem térmica, o que leva a que tenham consumos mais elevados que o desejável.

Os edifícios unifamiliares localizam-se em freguesias da cidade de Braga, mais concretamente em Ferreiros e em Nogueira. As tipologias dos edifícios são T4 e T3. Ambos os edifícios têm mais do que um piso. Em relação à sua situação, face aos edifícios vizinhos, um é geminado e o outro é individual. Os dois edifícios são ocupados pelos proprietários.

Os edifícios multifamiliares estão localizados em freguesias situadas no centro da malha urbana da cidade de Braga, em S. Victor e S. Lázaro. O primeiro tem quatro pisos, com duas frações por piso de tipologia T3 e T3+1 e é geminado a noroeste. Neste todas as frações são ocupadas pelos proprietários. O segundo edifício tem cinco pisos, com três frações por piso do primeiro ao quarto andar, com tipologias T1, T2 e T4 e duas frações no quinto andar, com tipologia T3 e T4. É geminado a sudeste e parcialmente geminado a sudoeste. A maioria das frações é utilizada pelos proprietários, com exceção de duas, de tipologia T2, que se encontram alugadas.

Nenhum dos edifícios possui envolvente opaca isolada e só um dos unifamiliares e algumas frações dos multifamiliares é que melhoraram a envolvente envidraçada. Também não possuem painéis solares, fotovoltaicos ou outras fontes de energia renovável. Os edifícios multifamiliares têm rede de gás natural na rua, mas ainda nenhum se encontra ligado.

Para preparação de águas quentes (AQS) apenas um dos edifícios unifamiliares utiliza um cilindro, sendo que os outros o fazem com recurso a esquentadores de gás butano.

A faixa etária dos utilizadores que ocupam em permanência, estas habitações, está entre os 50 e os 70, para os unifamiliares, e no caso dos multifamiliares, entre os 40 e os 75.

São geralmente ocupados pelo casal que é dono da habitação/fração, não tendo portanto a lotação esperada, para as tipologias em estudo. São pessoas que quando têm frio ligam um aquecedor na divisão onde estão,

ou aumentam o número de peças de roupa. No limite, de inverno, deitam-se mais cedo, para não sentirem tanto frio. No verão, ligam os ventiladores na divisão onde permanecem (geralmente nas áreas mais fresca da casa), reduzem ao mínimo as peças de roupa e fecham as persianas, para não deixar entrar mais calor. Quando o sol se põe abrem as janelas e varandas para ventilar. Nos pisos mais elevados os vãos envidraçados chegam a ficar abertos durante toda a noite.

Após esta breve descrição dos edifícios e dos hábitos dos utilizadores, será apresentada a metodologia a aplicar para atingir os objetivos da presente dissertação.

3.2 Descrição do método a aplicar

A análise dos edifícios em estudo começa com a caracterização e avaliação do desempenho energético.

A caracterização e análise do desempenho energético no estado atual tem como base o Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). A aplicação do RCCTE, é feita por fração, que no caso dos edifícios unifamiliares é apenas uma.

Os valores resultantes da análise baseada no RCCTE utilizados para as averiguações referidas anteriormente são: as necessidades energéticas de aquecimento (N_{ic}), de arrefecimento (N_{vc}), para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e ainda necessidades máximas de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS. (N_i , N_v e N_a). Esta análise permite saber a quantidade de emissões de dióxido de carbono, para cada edifício ou fração.

Existe uma questão ligada ao regulamento, que numa primeira fase não será considerada, que é a verificação regulamentar dos requisitos mínimos. Estes requisitos estão ligados a valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica dos elementos que compõe as envolventes opaca e envidraçada que entram na análise RCCTE, os quais serão abordados mais adiante.

Sendo uma publicação recorrente, recomenda-se a leitura do Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), para maior entendimento desta metodologia.

Como a análise do desempenho energético considera vários fatores (climáticos e construtivos), que variam consoante a região em causa, o concelho e o tipo de edifício, a recolha de dados relativos a cada um dos edifícios é muito importante para uma correta avaliação.

Nesta recolha de dados devem constar informações climáticas, arquitetónicas, tecnológicas e comportamentais. Estas informações englobam:

- O ano de construção;
- Zona climática;

- Temperaturas médias do local;
- Orientação dos edifícios;
- Soluções construtivas das paredes, de pavimento, de coberturas;
- O pé direito;
- O tipo de caixilharias;
- Sistemas de oclusão noturna;
- Tipo de vidro para determinação do seu fator solar;
- Sistemas de preparação de águas quentes sanitárias, com indicação da eficiência de conversão e respetivo combustível;
- Sistemas de climatização, (ar-condicionado, radiadores, entre outros) e respetiva eficiência nominal;
- Tipo de ventilação (natural ou mecânica);
- A cor dos elementos construtivos exteriores.

É muito importante saber quais as pontes térmicas planas e lineares que, de acordo com o RCCTE, podem ser resumidas como zonas de pilares e telões de vigas e zonas onde existem ligações entre materiais diferentes.

Apesar de não ser relevante para a análise do desempenho energético inicial, é importante conhecer as questões comportamentais. Estas informações, assim como o custo da energia na cidade de Braga, são mais importantes para as questões relacionadas com a seleção das propostas de melhoria e com a avaliação custo/benefício.

A recolha destes dados é feita junto dos utilizadores, ou com base em projetos/informações existentes. A identificação das pontes térmicas é feita com base em dados de projeto ou caso não estejam identificadas, por visita ao local.

A forma de transportar estas informações para a análise energética RCCTE é através de coeficientes e fatores que são calculados ou associados às tabelas existentes no regulamento, com base nas características dos edifícios. Um dos coeficientes é o coeficiente de transmissão térmica (U) dos elementos que constituem as envolventes do edifício e representa a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária do elemento de envolvente em causa, por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que separa. Por outras palavras, as envolventes não são estanques e realizam trocas com o meio ambiente, que são expressas por este coeficiente.

A determinação deste é feita com base nas resistências térmicas das várias camadas de materiais, que compõem as envolventes e expressa-se pela equação:

$$U = \frac{1}{(R_{si} + \sum R_j + R_{se})} \quad (1)$$

Em que R_{si} e R_{se} são as resistências térmicas superficiais interiores e exteriores e são retirados do anexo VII, do Quadro VII.1. O R_j , representa a resistência das várias camadas que compõem o elemento construtivo. A resistência térmica das várias camadas é função da espessura (e) de cada camada e da condutibilidade térmica do material. Expressa-se pela seguinte equação:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (2)$$

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica, consoante a disposição dos materiais que compõem as envolventes, também podem ser obtidos com base nos valores presentes na publicação do LNEC, denominada ITE50, a qual contém alguns valores de resistência térmica dos mesmos.

As caixilharias também são caracterizadas por este coeficiente (U), variando de acordo com o material de que são feitas e as características térmicas (com ou sem rutura térmica). Os valores deste serão retirados das tabelas do ITE50, dependendo da solução em causa.

Para além deste coeficiente (U) é necessário verificar qual o valor do coeficiente de transmissão térmica linear, relativo às pontes térmicas lineares (Ψ). Este coeficiente é retirado de tabelas do RCCTE tendo em atenção a configuração das ligações entre os diversos elementos construtivos.

Para além de calcular os coeficientes e as eficiências nominais supra citados, é necessário marcar e classificar a envolvente tanto para paredes, como para o pavimento e a cobertura e também determinar a inércia do edifício. Na marcação de certas envolventes, como é o caso de elementos de separação de espaços úteis de não úteis, calcula-se o τ do espaço não útil. O cálculo deste coeficiente é dado pela divisão da área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil (A_i), pela área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior (A_u) e utilizando a tabela IV.1 do RCCTE. Expressa-se pela equação número 3.

$$\tau \rightarrow f(A_i/A_u) \quad (3)$$

Para os sistemas utilizados para aquecimento e arrefecimento, o RCCTE prevê que quando não existe informação sobre os mesmos, utilizam-se os valores previstos pelo regulamento para a eficiência nominal dos equipamentos (η_i e η_v). Nos quatro edifícios em análise, dado que não existem informações sobre estes

equipamentos, é considerada a existência de uma resistência elétrica para aquecimento e um sistema de máquina frigorífica, para arrefecimento.

Nos sistemas AQS, tratando-se de sistemas antigos e não havendo informação sobre estes elementos, os valores utilizados para eficiências de conversão, são os previstos no RCCTE. Como as tubagens não são isoladas, os valores são agravados em 0,10.

Após conhecer as envolventes, inserir os coeficientes referidos e mais alguns previstos no regulamento, com recurso à folha de cálculo baseada no RCCTE, obtêm-se os valores das necessidades nominais de energia para aquecimento (N_{ic}), para arrefecimento N_{vc} e para preparação de AQS, de cada edifício ou fração. Com base nestes valores é possível detetar quais os elementos que necessitam de intervenção de reabilitação energética.

As necessidades energéticas resultam da relação entre os vários fatores já citados, das trocas de energia do edifício com o meio ambiente (perdas e ganhos energéticos) e da eficiência de conversão de energia dos equipamentos utilizados em cada caso.

Conhecidos os desempenhos energéticos atuais de cada edifício ou fração, com base na revisão bibliográfica e nas informações disponíveis sobre novos sistemas construtivos mais eficientes a nível energético, serão elaboradas e analisadas propostas de intervenção para cada caso.

A escolha das soluções para as propostas de reabilitação resultará do equilíbrio entre: a aptidão para ser aplicada no edifício, o acréscimo de investimento inicial e o benefício daí decorrente. É nesta fase que as questões comportamentais, face ao edifício e ao consumo dos utilizadores, são importantes. Ou seja, nos casos em que as pessoas não têm hábitos de consumo, não compensa propor soluções muito eficientes porque poderão não ser rentabilizadas. As questões ligadas à seleção das propostas de melhoria serão desenvolvidas no capítulo 5.

Esta análise engloba análise paramétrica, com variações nas espessuras dos isolamentos para 4 cm, 6 cm e 8 cm, nas várias soluções construtivas, variação dos equipamentos de preparação de águas quentes sanitárias, variação do tipo de caixilharias e do tipo de vidro. A seleção destas espessuras prende-se com aspetos logísticos e de custo. Isto é, são as espessuras mais correntes em stock nos armazéns e como tal apresentam preços mais competitivos, afetando positivamente os tempos de retorno do investimento.

Este tipo de análise será feito para cada proposta de melhoria e para cada edifício ou fração.

A metodologia para a análise do desempenho energético de cada edifício ou fração com a incorporação de cada proposta de melhoria é realizada a partir do mesmo raciocínio que foi utilizado para a análise do desempenho energético no estado inicial. Nesta fase é necessário recalcular os coeficientes de transmissão

térmica (U) das soluções construtivas com as propostas de melhoria, retificar os coeficientes de transmissão térmica linear das pontes térmicas lineares, assim como o tratamento das pontes térmicas planas. Para os vãos envidraçados, devem ser alterados os coeficientes de transmissão térmica das caixilharias (U) e os fatores solares dos vidros para situação de verão e inverno. Relativamente aos sistemas de preparação de águas quentes o que vai variar é a potência dos equipamentos e em alguns casos a contribuição dos sistemas de energia renovável, que se for energia solar é calculada através do software Soltherm. Quando a medida de melhoria for relacionada com a climatização as alterações principais são as eficiências nominais dos equipamentos em análise. Nos dois últimos casos de propostas de melhoria as N_{ic} e N_{vc} não sofrem alteração de valores, face aos valores do desempenho iniciais.

Depois de verificar o impacto das propostas de melhoria em termos energéticos para cada edifício ou fração, pretende-se analisar o efeito conjunto de algumas medidas. Para tal, são estipulados três níveis de isolamento. Ou seja, é analisado o efeito conjunto da aplicação de isolamentos nos elementos da envolvente opaca, para as espessuras de 4cm, 6cm, e 8cm. Para este cálculo utiliza-se o raciocínio supra citado, alterando os coeficientes de transmissão térmica e térmica linear dos elementos construtivos que são alvo de melhoria, assim como verificar a situação das pontes térmicas planas.

Posteriormente, sempre com base no raciocínio já referido, aos níveis de isolamento supra citados, são adicionadas propostas de melhoria a nível da envolvente envidraçada e dos sistemas de preparação de AQS. Neste ponto obtêm-se os desempenhos energéticos de uma intervenção de reabilitação, que afeta a estação de aquecimento (inverno), a de arrefecimento (verão) e a preparação de águas quentes sanitárias (AQS).

O mesmo se passa em relação aos sistemas de climatização. Nos casos em que se justificar, será analisado o impacto da incorporação de sistemas de climatização. A incorporação destes, sem melhorar as envolventes, não é muito aconselhada devido às perdas energéticas que iria ter e conseqüente redução da eficiência do mesmo. Portanto, só são analisados em conjunto com as medidas de melhoria da envolvente (para os três níveis de isolamento já referidos, juntamente com melhoria dos vãos envidraçados).

O método é o mesmo de todas as outras propostas de melhoria.

Dispondo dos resultados das análises do desempenho energético para cada edifício ou fração, é possível realizar uma análise custo/benefício das propostas de melhoria. Este é obtido em função do número de anos necessários para que a poupança de energia atinja o valor gasto nas intervenções de melhoria.

O cálculo da relação custo/benefício realiza-se recorrendo aos valores dos N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} iniciais e N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} para cada proposta de melhoria, área do edifício ou fração e custos de energia. Expressa-se pela equação número 4.

$$PRS = \frac{Ca}{P1}, \text{ podendo também ser descrita como } PRS = \frac{\Delta \text{custo do investimento}}{\Delta \text{custo de exploração}} \quad (4)$$

Com PRS – Período de retorno simples;

Ca - Custo adicional de investimento;

P1 – Poupança anual resultante da aplicação de uma medida mais eficiente.

A poupança resultante da aplicação da alternativa mais eficiente (P1) é calculada pela diferença entre o custo de exploração inicial e final (com a medida de melhoria). O custo de exploração resulta do somatório entre os custos de exploração durante a estação de aquecimento, arrefecimento e produção de AQS e expressa-se pela equação 5.

$$\text{Custo exploração} = \left(\frac{Nic}{\eta i}\right) * Ap * \text{Custo}_i + \left(\frac{Nvc}{\eta v}\right) * Ap * \text{Custo}_v + Nac * Ap * \text{Custo}_{AQS} \quad (5)$$

Com Custo_i , Custo_v e Custo_{AQS} - custo da energia utilizada pelo equipamento de climatização da estação em causa ou pelo equipamento de preparação de águas quentes sanitárias.

A taxa de energia utilizada para este estudo será aquela praticada pela empresa que fornece energia nestes edifícios.

Resumindo, numa primeira fase caracterizam-se os edifícios com base nas características arquitetónicas, tecnológicas e comportamentais. Com estes elementos calcula-se o respetivo desempenho energético pela metodologia prevista no RCCTE, que implica a determinação dos coeficientes U, Ψ , τ , ηi e ηv . Os valores mais importantes são as necessidades nominais de energia Nic, Nvc e Nac.

Caracterizados e conhecidos os desempenhos energéticos atuais, segue-se a análise das propostas de melhoria.

Após a escolha das propostas de melhoria, recorrendo sempre ao RCCTE realiza-se a análise dos impactos nas necessidades energéticas Nic, Nvc e Nac, destas propostas em cada edifício ou fração. Com os resultados obtidos, faz-se o estudo da ação conjunta das propostas, para os três níveis de isolamento selecionados, recalculando as necessidades energéticas.

De seguida calcula-se o custo/benefício de cada proposta de melhoria, utilizando o referido cálculo. Para o conjunto das medidas de melhoria, utiliza-se o mesmo raciocínio.

Desta forma, é possível verificar qual o potencial de reabilitação energética destes quatro edifícios.

CAPÍTULO 4. Casos de estudo – Caracterização térmica dos edifícios



(Glocalfaro)

4.1 Introdução

Tal como foi referido no estado da arte, Portugal não é igual aos outros países da Europa, quer a nível climático, quer a nível social. Assim e de forma a concretizar parte da realidade da reabilitação energética em Portugal, de seguida e pela metodologia descrita anteriormente são caracterizados e analisados dois edifícios unifamiliares e dois edifícios multifamiliares, em relação ao seu desempenho energético atual.

4.2 Edifícios em análise

Estes edifícios têm em comum a zona climática onde estão inseridos. Ou seja, estão localizados em Braga, zona climática I2-V2, com número de graus-dia de 1800 °C.dia e duração da estação de aquecimento de 7 meses. Os valores médios para a energia solar média mensal numa superfície vertical orientada a sul no inverno é 93 kWh/m².mês e de verão varia consoante a orientação das superfícies verticais, valores que serão descritos para cada edifício. O valor médio da temperatura do ar exterior é θ_{atm} 19 °C. Estes valores podem ser encontrados no quadro III.1, III.8 e III.9 do RCCTE.

4.2.1 Edifícios unifamiliares

Os edifícios unifamiliares em análise apresentam características distintas a nível geométrico. No entanto, há algumas soluções construtivas que são comuns, apesar de terem uma diferença de cerca de dez anos no ano da sua construção.

4.2.1.1 Habitação situada na freguesia de Ferreiros, Braga.

4.2.1.1.1 Descrição geral do edifício

Trata-se de uma habitação geminada, localizada na freguesia de Ferreiros, Rua Leandro Braga, com uma altitude de 168m e foi construído em 1976. Tem fachadas voltadas a SE, SW e NW, a que corresponde uma intensidade de radiação de 470, 470 e 320 kWh/m², respetivamente. Os valores para as temperaturas interior e exterior são os previstos no RCCTE. Relativamente à taxa de renovação de ar, o valor é retirado do Quadro IV.1, do regulamento. Este edifício tem rugosidade I, uma altura acima do solo menor que 10m, não tem dispositivos de admissão na fachada, a caixilharia é sem classificação e tem caixa de estores. Portanto, o valor de R_{ph} é de 1,0 h⁻¹.

O edifício é geminado, com 3 pisos, cave abaixo da cota de soleira sem ligação interior aos restantes pisos, r/c e andar. É unifamiliar, com tipologia T4 e área útil de pavimento de 164,12m². No r/c tem salas, escritório, casa de banho de serviço e cozinha. No segundo piso tem quatro quartos, hall e uma casa de banho. As fotos, plantas e alçados que se seguem ilustram estes dados.



Fig. 17 Foto da fachada SW e parte da fachada SE, da moradia situada em Ferreiros



Fig. 18 Foto da fachada voltada a NW da moradia situada em Ferreiros

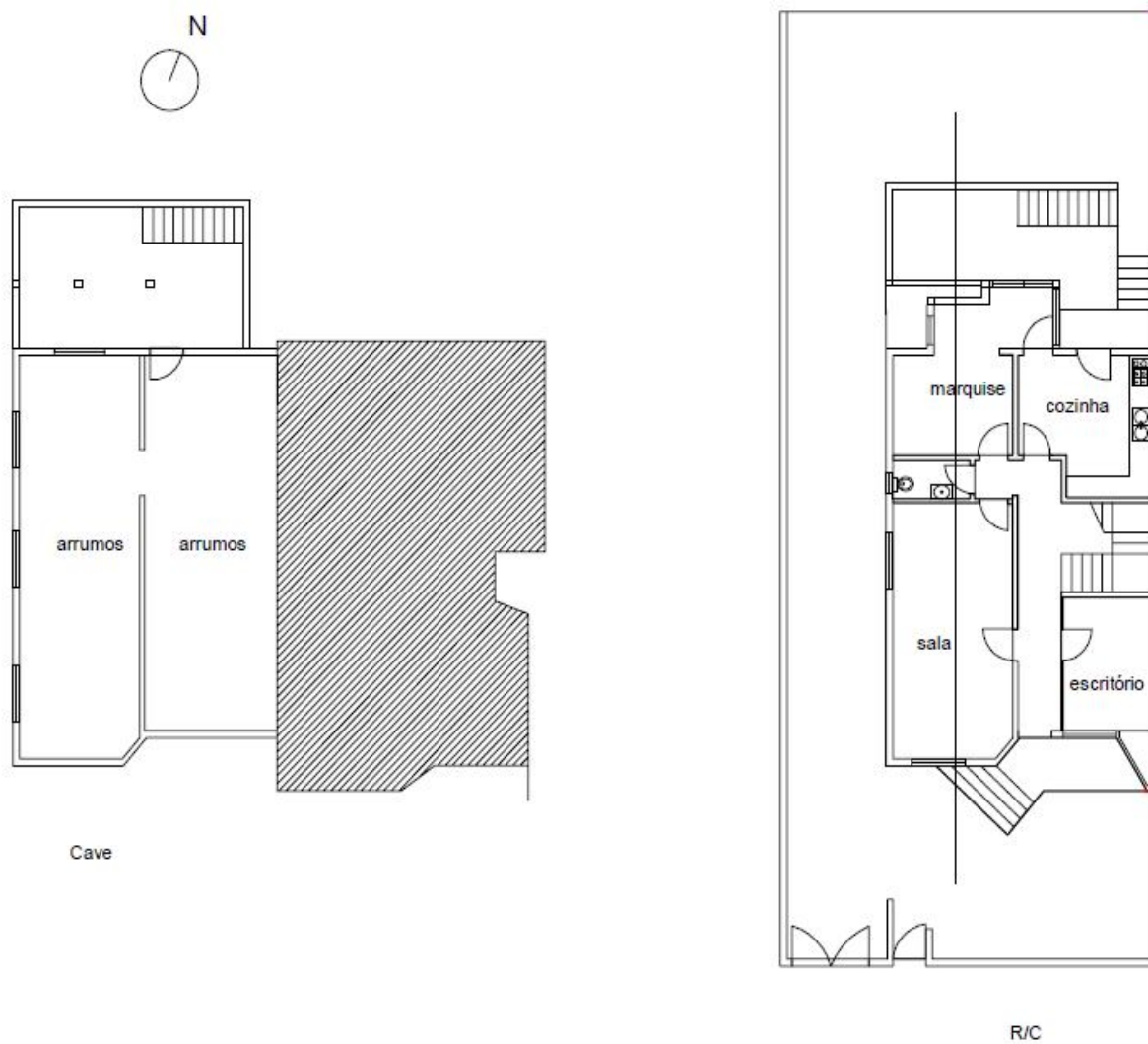


Fig. 19 Plantas da cave e do r/c da moradia de Ferreiros

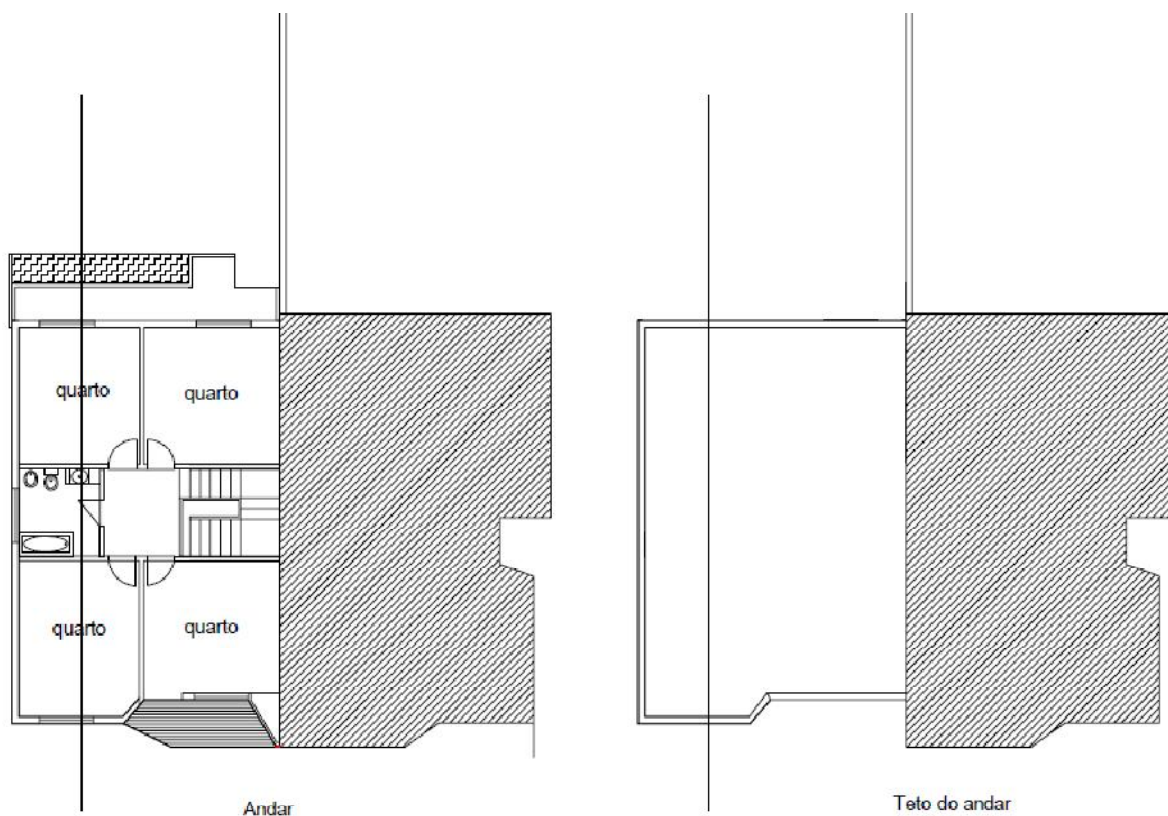


Fig. 20 Planta do andar e da cobertura da moradia de Ferreiros

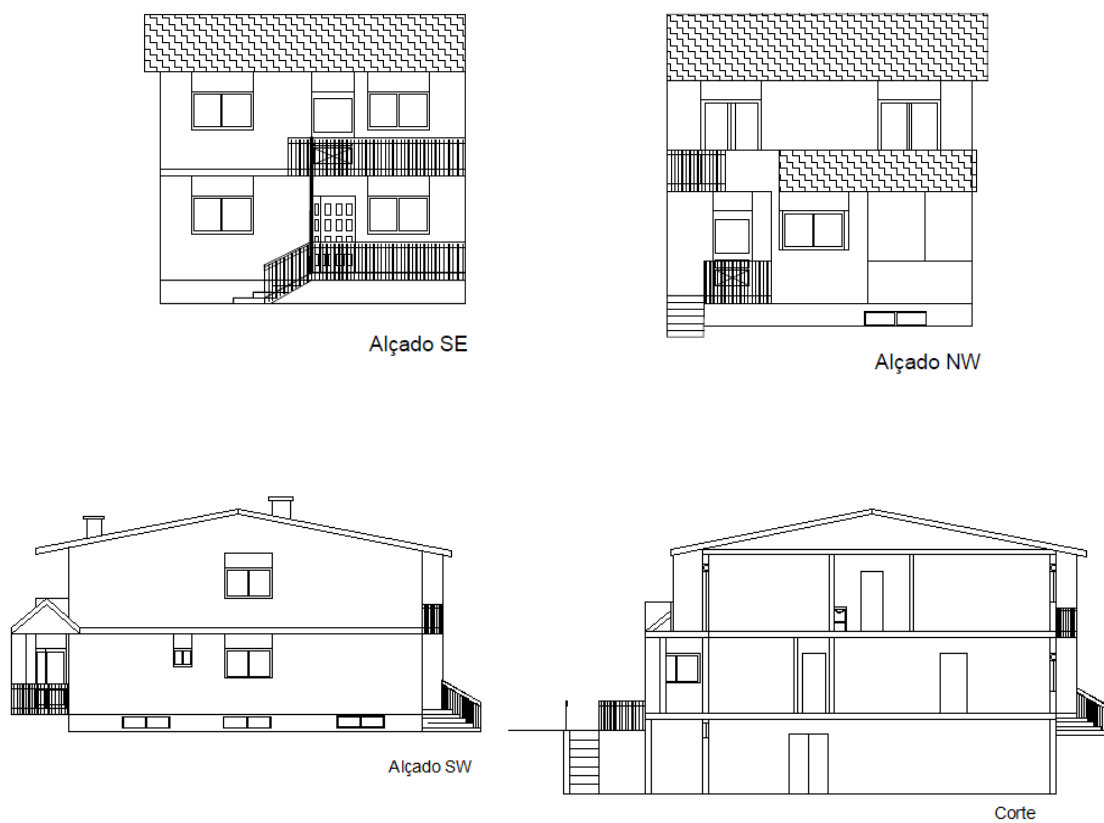


Fig. 21 Alçados e corte da moradia de Ferreiros

Relativamente às soluções construtivas, para envolvente, dividem-se em opaca e envidraçada. Na opaca são englobadas as paredes exteriores, coberturas e pavimentos. Na envolvente envidraçada, como o próprio nome indica são avaliados os vãos envidraçados. A figura seguinte esquematiza as soluções construtivas deste edifício.

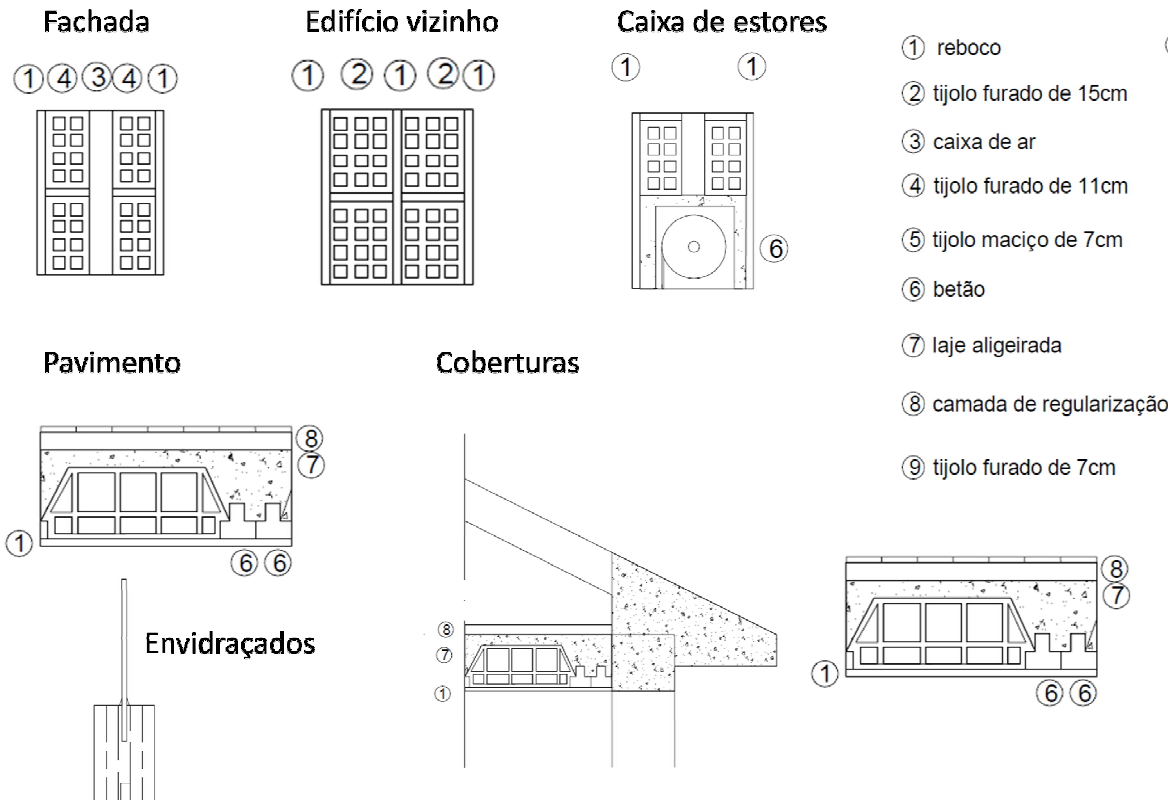


Fig. 22 Soluções construtivas da moradia de Ferreiros

A envolvente opaca, deste edifício é composta por paredes exteriores com pano duplo, em tijolo furado de 11cm com caixa de ar de 6cm, rebocadas em ambas as faces e pintadas. O coeficiente de transmissão térmica (U) foi calculado com base nos valores do ITE50 e através da equação 1 referida na metodologia. O valor do coeficiente de transmissão térmica, para as mesmas é 1,10 (W/m².°C).

A cobertura é em desvão e apresenta um valor τ de 0,90. Esta possui uma laje de esteira aligeirada e uma laje inclinada por cima, onde assenta a telha cerâmica. O coeficiente de transmissão térmica (U) deste elemento é 2,17 (W/m².°C).

O pavimento sobre a cave, que é um local não aquecido, tem um τ de 0,7. Este pavimento é interior com características de interior e é composto por revestimento cerâmico, camada de regularização, laje aligeirada e reboco na face inferior. Tem um coeficiente de transmissão térmica de 1,56 (W/m².°C).

As situações de pilares e vigas que representam as pontes térmicas, têm um coeficiente de transmissão térmica com valor de 3,06 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

Em relação à parede que separa do edifício vizinho, esta é composta por um pano em tijolo de 15cm, do lado do edifício em estudo e outro igual do lado do edifício vizinho. O cálculo do coeficiente de transmissão toma o valor de 1,90 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

A caixilharia é de madeira de correr, com vidro simples e estores em PVC exteriores, sem corte térmico. Esta tem um coeficiente de transmissão de 3,90 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$). As caixas de estores são em cimento, sem isolamento e têm um U de 3,39 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$). O fator solar do vidro é 0,88. A tabela seguinte resume os valores dos coeficientes de transmissão térmica para este edifício.

Tabela 5 Resumo dos valores dos coeficientes U das soluções construtivas do edifício localizado em Ferreiros

Resumo das soluções	Coefficiente de transmissão térmica U ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
Paredes exteriores	1,10
Pavimento do R/C	1,56
Cobertura em desvão	2,17
Cobertura em terraço	1,52
Parede em contacto com edifício vizinho	1,90
Caixa de estores	3,39
Caixilharia	3,90

Em relação ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias, este consiste num esquentador a gás butano, há pelo menos dez anos. Inicialmente era utilizado um cilindro. Uma vez que não foi possível encontrar o coeficiente de conversão da energia nominal deste equipamento, é utilizado o valor previsto no RCCTE, para os esquentadores, que é 0,5. No entanto, uma vez que as tubagens não estão isoladas, este valor é agravado em 0,10, tomando o valor de 0,4.

Os cálculos do coeficiente U e a marcação das envolventes encontram-se em anexo.

4.2.1.2 Caracterização da habitação situada na Freguesia de Nogueira, Braga.

4.2.1.2.2 Descrição geral do edifício

Este edifício situa-se na Freguesia de Nogueira, mais propriamente na Rua Mário Valença, com uma altitude de 171m e foi construído em 1986. Tem fachadas orientadas a NE, SE, SW e NW e para estas orientações, a intensidade da radiação é 320, 470, 470 e 320 kWh/m^2 , respetivamente. Trata-se de um edifício com uma

fração apenas, tipologia T3, com área útil de pavimento de 155,24m², com r/c, piso intermédio e primeiro andar. O r/c, contém a cozinha, sala, casa de banho e hall, o piso intermédio (que coincide com o patamar da escada de acesso ao primeiro andar) tem acesso à garagem e um escritório e o primeiro andar tem três quartos e duas casas de banho. As figuras seguintes esquematizam a descrição do edifício.



Fig.23 Foto da fachada SW da moradia de Nogueira



Fig.24 Foto da fachada NW e parte da fachada NE da moradia de Nogueira

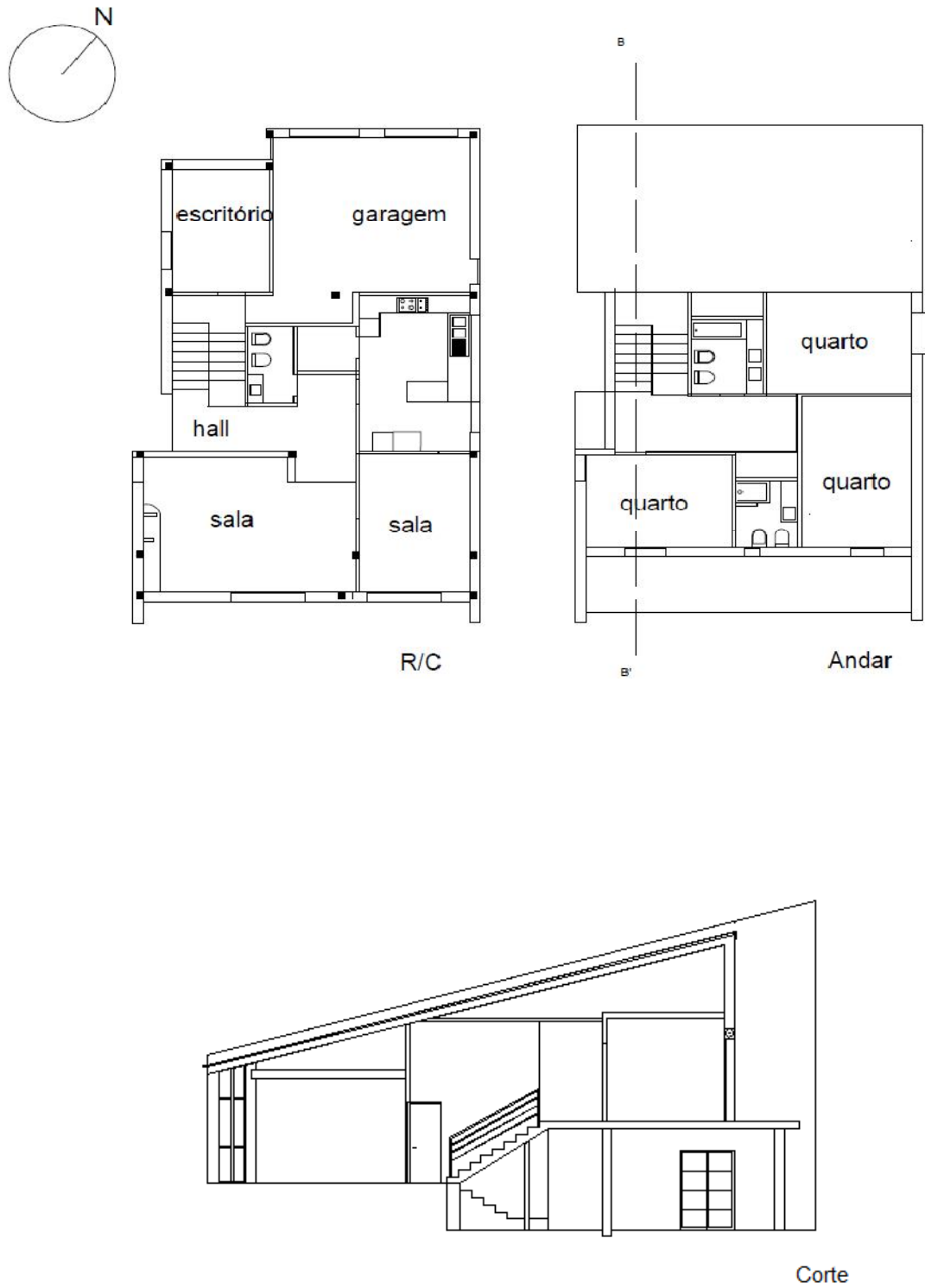


Fig.25 Plantas e corte da moradia situada em Nogueira

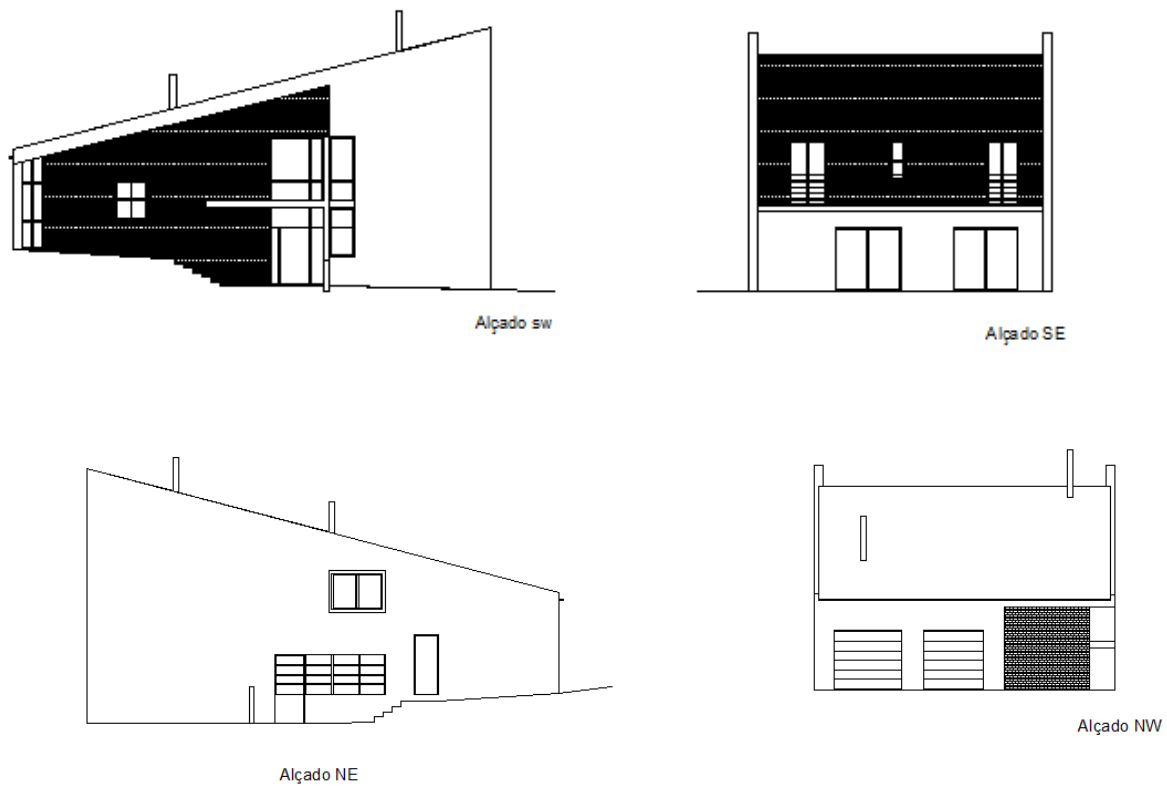


Fig.26 Alçados da moradia situada em Nogueira

Para além das plantas e alçados, de seguida são esquematizadas as soluções construtivas.

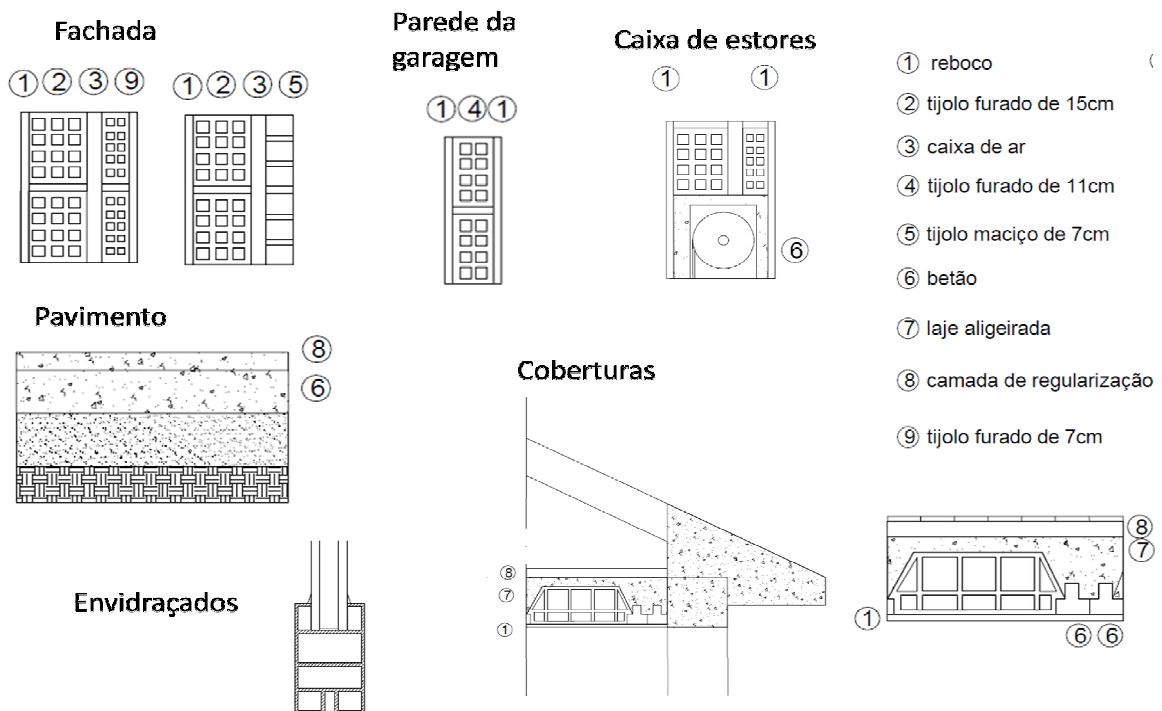


Fig.27 Soluções construtivas do edifício localizado em Nogueira

A envolvente opaca, na vertente das paredes, é composta na sua maioria por pano duplo de tijolo furado de 15cm e de 7cm com caixa de ar, com exceção de algumas orientações, onde o pano exterior de 7cm, é feito com tijolo maciço, denominado “burro”. Para estas duas soluções construtivas o coeficiente de transmissão térmica (U) é de 1,10 W/m².°C e 1,23 W/m².°C.

Em relação à cobertura, o tipo de cobertura é semelhante à moradia indicada anteriormente. Isto é, tem uma laje de esteira aligeirada e por cima, uma laje onde assenta a telha cerâmica. Esta cobertura tem um τ com valor de 0,9. O U desta cobertura é 2,17 W/m².°C.

Há uma zona nas salas, que fica por baixo de um terraço, sem qualquer isolamento, que funciona como cobertura. Esta cobertura é exterior e tem um coeficiente de transmissão térmica (U) de 2,16 W/m².°C.

A parede em contacto com o solo é em betão armado. Esta situação verifica-se no desnível do r/c para o piso intermédio e tem cerca de 1,5m de altura. Esta parede tem 20cm de espessura e não possui qualquer isolamento. Para esta parede, o Ψ (coeficiente de transmissão térmica linear) é função do desnível e do coeficiente U e é obtido através da tabela IV.2.2. O valor é 1,75 W/m².°C.

A parede que separa a zona aquecida, da zona não aquecida (garagem), é uma parede simples em tijolo furado de 11cm, rebocada em ambas as faces. O τ deste espaço tem o valor de 0,8. Trata-se de uma envolvente interior com requisitos de exterior. O coeficiente de transmissão térmica é de 1,79 W/m².°C.

Relativamente ao pavimento do r/c, trata-se de um pavimento térreo. À semelhança das paredes em contacto com o terreno, também neste caso é necessário saber o valor do Ψ . Este valor é obtido através da tabela IV.2.1, do RCCTE. Com o referido desnível, o Ψ toma o valor de 2,5 W/m².°C.

A envolvente envidraçada é composta por caixilharias em alumínio, de correr, com vidro duplo e em alguns casos possui uma persiana em PVC de cor branca, ou então proteções interiores não opacas. O coeficiente de transmissão das primeiras é 3,42 W/m².°C. Em relação ao fator solar do vidro, o valor deste é 0,75.

De seguida é apresentada uma tabela com o resumo dos valores dos coeficientes de transmissão térmica e térmica linear, das soluções construtivas deste edifício.

Tabela 6 Resumo dos valores dos coeficientes U das soluções construtivas do edifício localizado em Nogueira

Resumo das soluções	Coefficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	Coefficiente de transmissão térmica linear Ψ (W/m ² .°C)
Paredes exteriores	1,10	
Parede exterior com tijolo burro	1,23	
Pavimento	1,54	2,50
Cobertura em desvão	2,17	
Cobertura em terraço	2,16	
Parede em contacto com garagem	1,79	
Parede em contacto com terreno		1,75
Caixa de estores	3,39	
Caixilharia	3,42	

O sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS) consiste num cilindro. Este equipamento tem alguns anos e como tal, é difícil encontrar a eficiência de conversão do mesmo. Na ausência de informação, o valor a utilizar é o previsto pelo RCCTE, para termoacumulador elétrico com menos de 50mm de isolamento térmico, ao qual corresponde o valor de eficiência de conversão de 0,8. Visto tratar-se de uma tubagem não isolada, este valor é reduzido para 0,70.

Os cálculos do coeficiente U e a marcação das envolventes encontram-se em anexo.

4.2.2 Edifícios multifamiliares

Os edifícios multifamiliares apresentam uma diferença de cerca de 10 anos entre a sua construção, mas não há grandes alterações nas soluções construtivas de paredes e pavimentos. Nenhum possui qualquer tipo de isolamento térmico. À semelhança dos edifícios unifamiliares, estes também são localizados em Braga, na zona climática I2-V2, mantendo-se o valor do número de graus-dia, duração da estação de aquecimento, os valores médios para a energia solar média inverno e de verão e o valor médio da temperatura do ar exterior. Se fossem localizados noutra zona climática, estes valores seriam diferentes.

4.2.2.1 Edifício situado na freguesia de S. Victor, Braga

O edifício em estudo localiza-se na freguesia de S. Victor, na Rua Poente, é geminado a NW e tem fachadas orientadas a NE, SE e SW. Para estas orientações, a intensidade da radiação solar para a estação de arrefecimento é 320, 470 e 470 kWh/m², respetivamente. Trata-se de um edifício multifamiliar construído

em 1982, com quatro pisos, cave abaixo da cota de soleira e sótão acessível, mas não habitado. Tem oito frações, duas por piso. À semelhança dos edifícios anteriores uma das patologias é o desconforto térmico e pontualmente mostras de humidade, em especial na laje inclinada de cobertura. As tipologias são T3 e T3+1 e têm áreas de pavimento útil compreendidas entre 76,90m², 77,11m² para as frações do r/c, de 80,22m² e 90,94m² nos restantes pisos. Para esquematizar melhor a descrição deste edifício de seguida são apresentadas figuras com estas informações.



Fig. 28 Foto de parte da fachada orientada a SW do edifício localizado em S. Victor



Fig. 29 Foto da fachada orientada a SE do edifício localizado em S. Victor

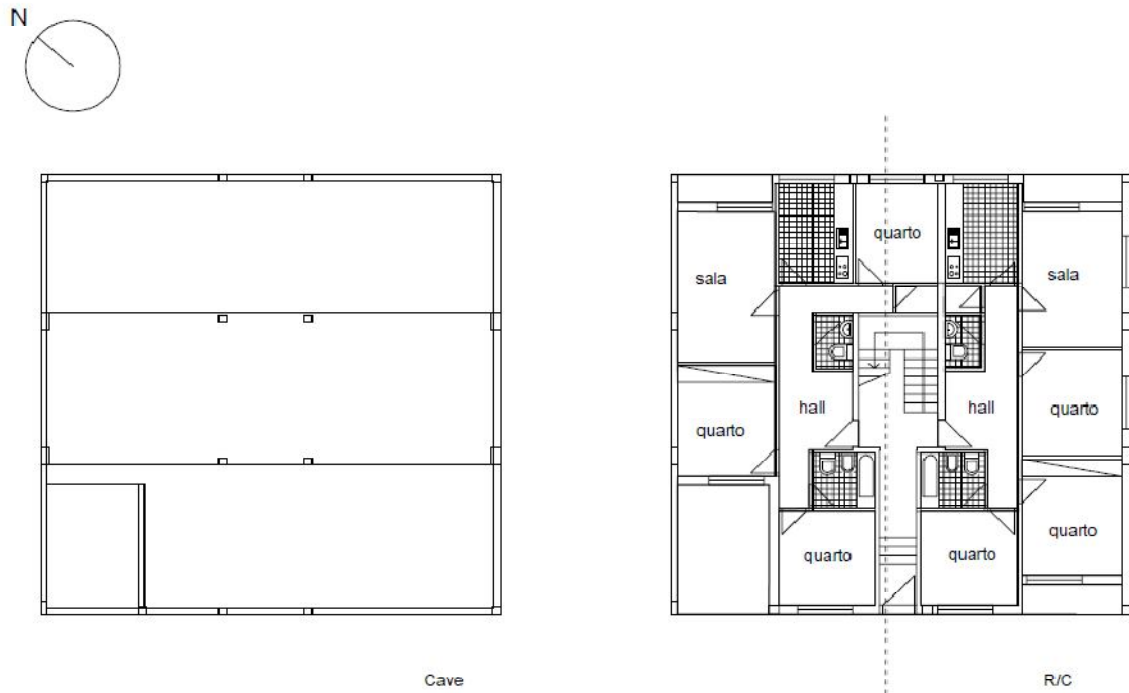


Fig. 30 Plantas da cave e do r/c do edifício localizado em S. Victor

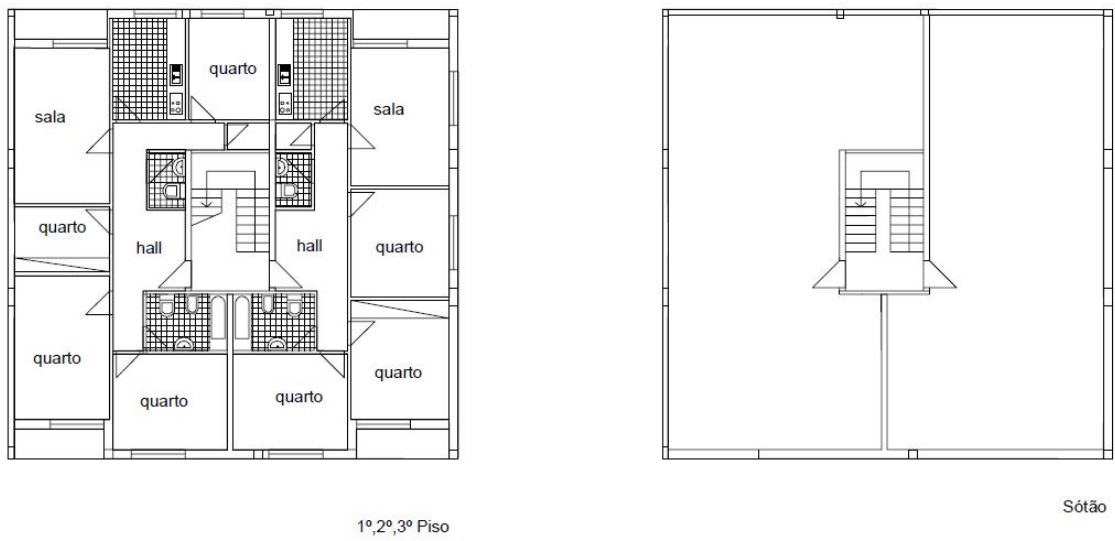


Fig. 31 Planta dos pisos 1,2, 3 e da laje de esteira do edifício localizado em S. Victor

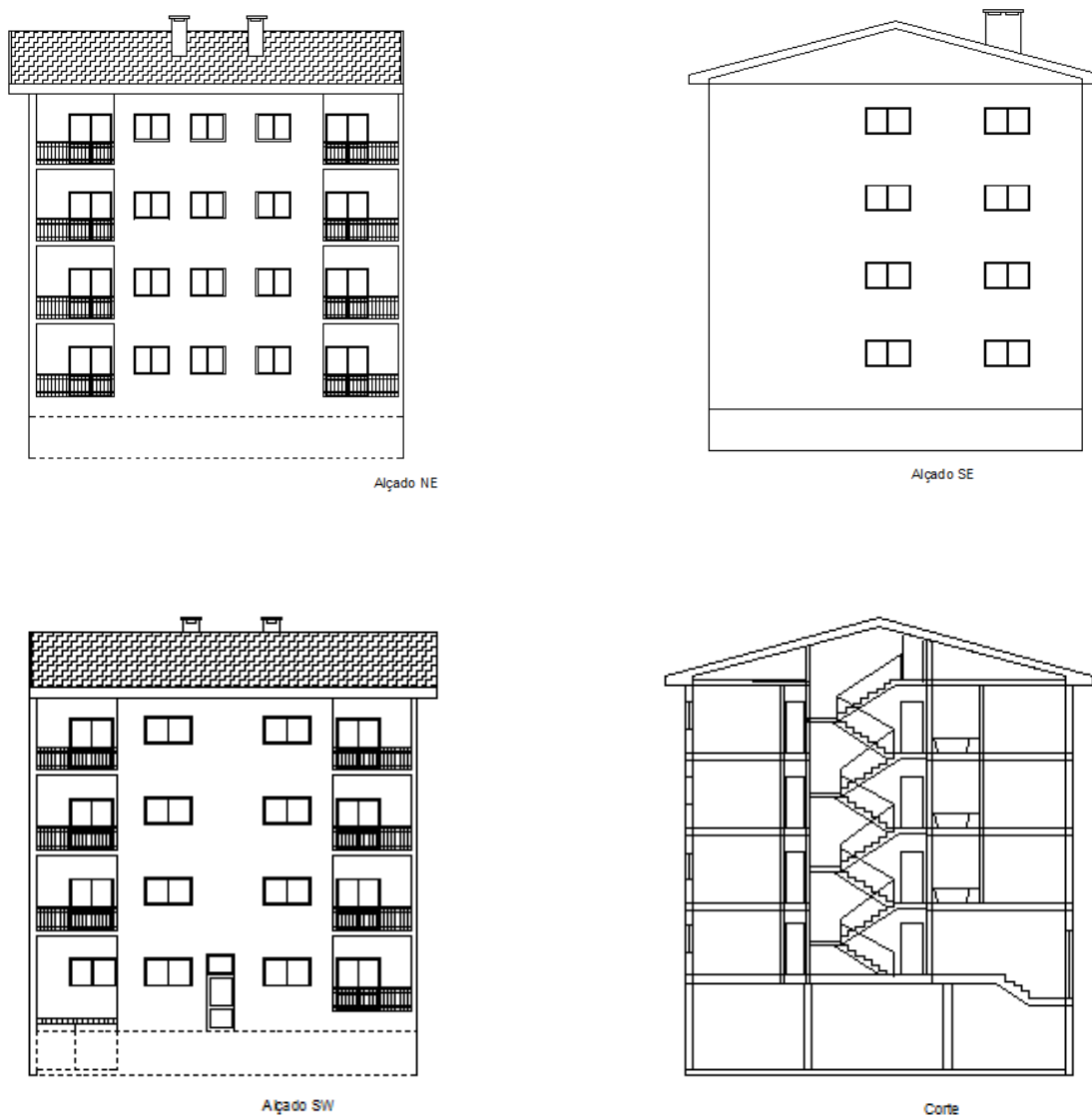


Fig. 32 Alçados e corte do edifício localizado em S. Victor

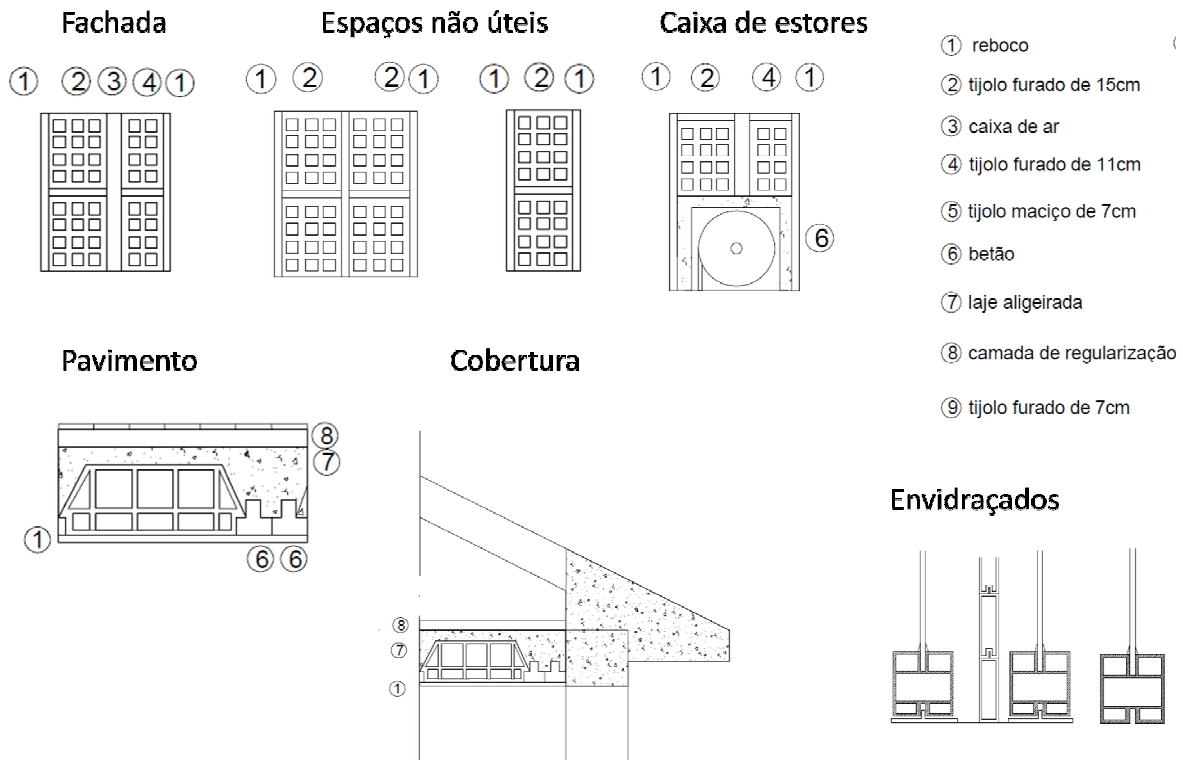


Fig. 33 Soluções construtivas em S. Victor

As fachadas deste edifício são compostas por parede dupla com caixa de ar, em tijolo furado 15cm + 11cm, rebocada em ambas as faces, sendo revestido a pastilha cerâmica cinza clara, pelo exterior. O coeficiente de transmissão térmica (U) desta solução construtiva é 0,95 W/m².°C.

As paredes que separam a caixa de escadas das frações são compostas por um pano simples de 15cm, rebocadas em ambas as faces. Como se trata de uma parede que separa zonas aquecidas de uma zona não aquecida, é necessário calcular o valor do τ , que neste caso toma o valor de 0,3. Como este valor é inferior a 0,7, é uma envolvente interior com requisitos de interior. O valor do U é 1,52 W/m².°C.

O pavimento do r/c, que separa as frações da garagem, é uma laje aligeirada, revestida com taco de madeira na parte superior e rebocada na face inferior. O coeficiente τ da garagem é 0,7. Sendo assim, é uma envolvente interior com requisitos de interior e o valor de U é 1,39 W/m².°C.

A cobertura é em desvão, com laje de esteira horizontal e outra inclinada. Ambas são lajes aligeiradas e o τ deste espaço é igual a 0,9. Isto significa que é uma envolvente interior com requisitos de exterior. O coeficiente de transmissão térmica toma o valor de 1,97 W/m².°C.

Em relação às caixilharias, estas são de alumínio, de correr, com vidro simples e persiana exterior em PVC de cor branca. Duas das frações já têm segunda caixilharia pelo exterior da persiana, em alumínio com vidro

simples. O valor do U é $4,80 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e o fator solar do vidro é 0,88. Nas frações com caixilharia dupla, estes valores são $2,60 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e 0,64, respetivamente.

Os coeficientes de transmissão térmica são resumidos na tabela seguinte:

Tabela 7 Resumo dos valores dos coeficientes U das soluções construtivas do edifício localizado em S. Victor

Resumo das soluções	Coefficiente de transmissão térmica U ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
Paredes exteriores	0,95
Pavimento	1,39
Cobertura em desvão	1,97
Parede em contacto com edifício vizinho	1,90
Caixa de escadas	1,52
Caixa de estores	3,39
Caixilharia	4,8

O sistema de preparação de águas quentes sanitárias é composto por esquentador a gás butano, em todas as frações. A eficiência de conversão do sistema e dado que não existem valores para os mesmos, será utilizado o valor previsto pelo RCCTE, de 0,5. Uma vez que este edifício não possui tubagens isoladas, o valor é diminuído para 0,4.

Os cálculos do coeficiente U e a marcação das envolventes encontram-se em anexo.

4.2.2.2 Edifício situado na freguesia de S. Lázaro, Braga

Tal como o edifício anterior este edifício situa-se em Braga, mas desta feita na freguesia de S. José de S. Lázaro, na Av. Dr. Porfírio da Silva. Tem fachadas orientadas a NW, NE e SW. A intensidade da radiação solar para a estação de arrefecimento é de 320, 320 e 470 kWh/m^2 , respetivamente. Foi construído em 1988, é composto por cave abaixo da cota de soleira, r/c com comércio e cinco pisos de habitação. É geminado a SE e parcialmente geminado a SW. Tem três frações por piso, do primeiro ao quarto andar e duas frações no quinto piso. As tipologias variam de T1, T2, T3 a T4. Tem uma área útil de pavimento de $74,37 \text{ m}^2$, $48,86 \text{ m}^2$ e $122,25 \text{ m}^2$ nos primeiros quatro pisos e $114,22 \text{ m}^2$ e $110,46 \text{ m}^2$ no T3 e T4, do quinto piso. As figuras seguintes ilustram esta descrição.



Fig. 34 Foto da fachada nordeste do edifício de S. Lázaro

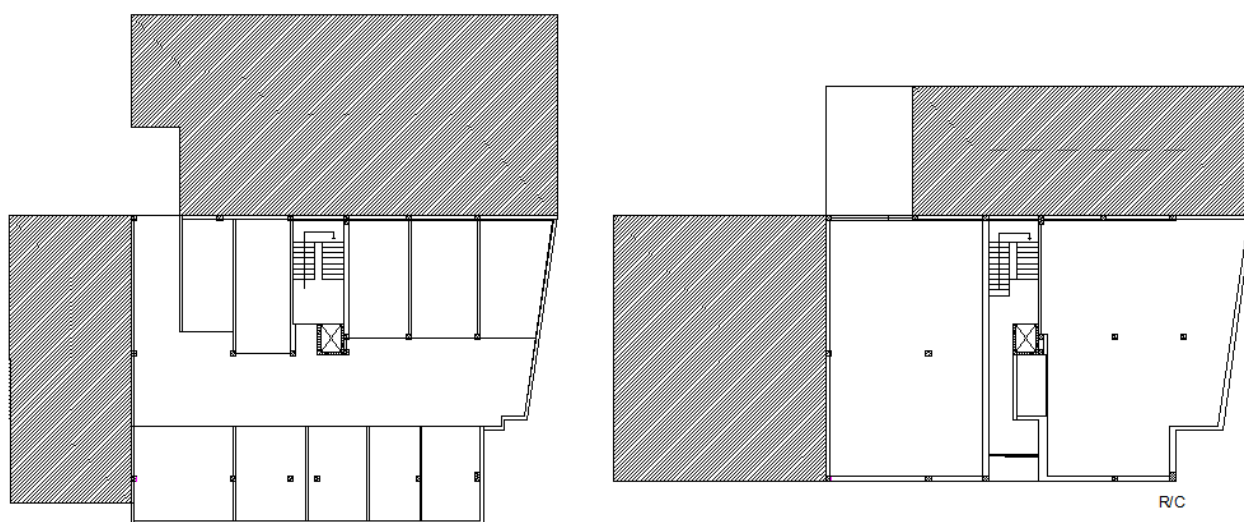


Fig. 35 Plantas da cave e r/c do edifício situado na freguesia S. Lázaro

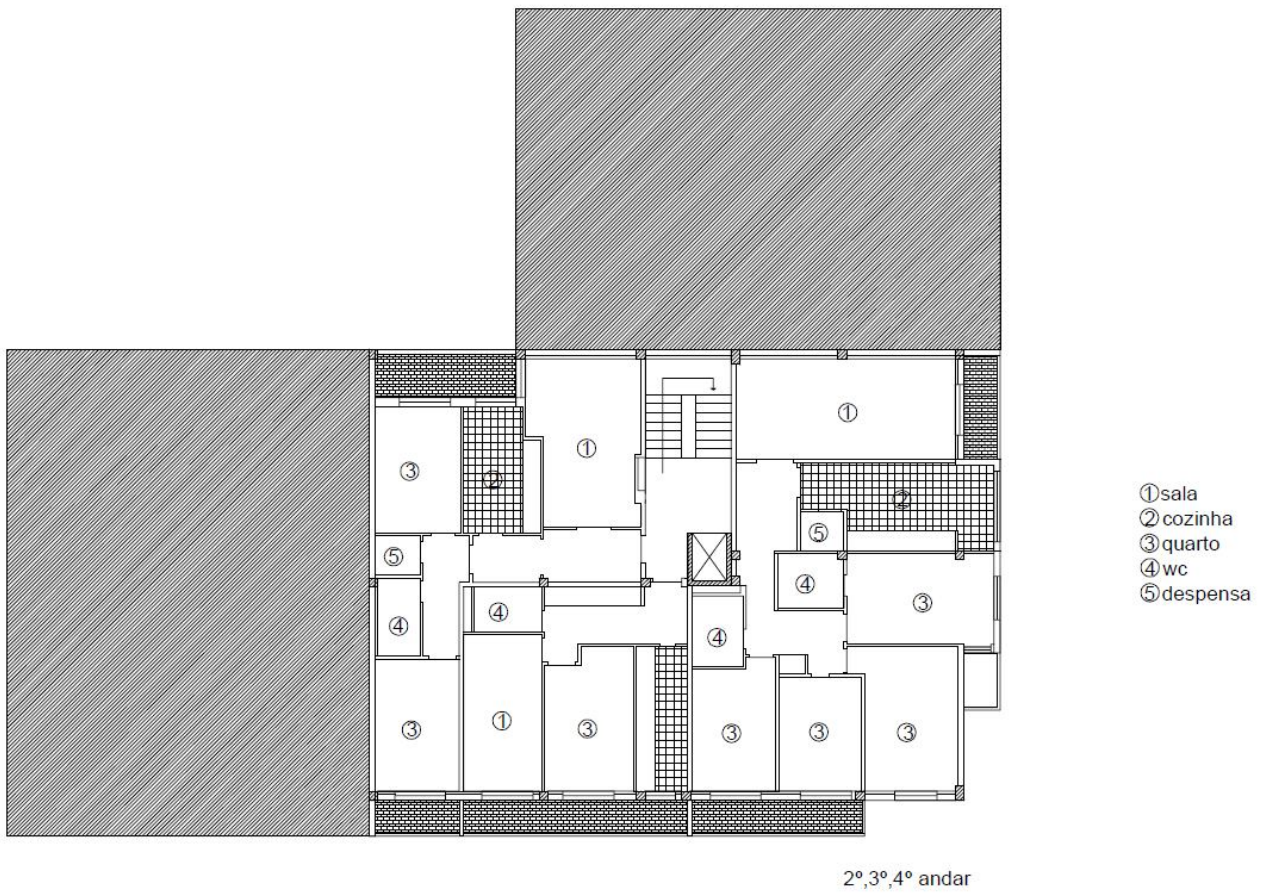


Fig. 36 Plantas dos pisos do edifício situado na freguesia S. Lázaro

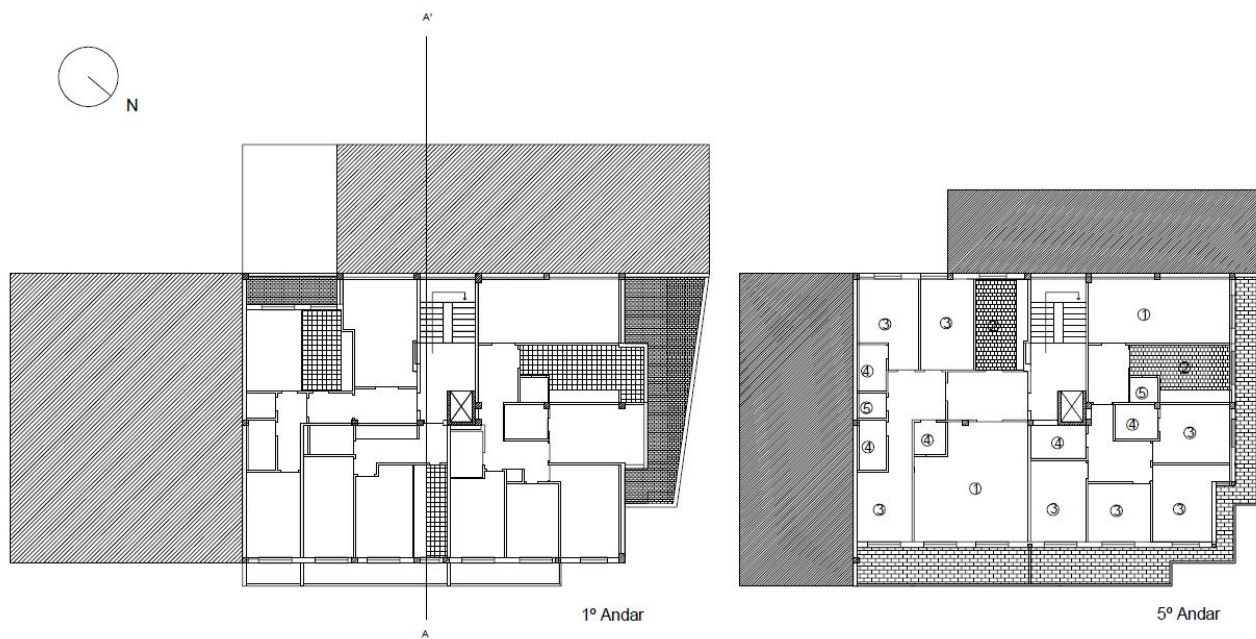


Fig. 37 Plantas do quinto piso e cobertura do edifício localizado em S. Lázaro



Fig. 38 Corte e alçados do edifício localizado em S. Lázaro

Relativamente a soluções construtivas a figura seguinte mostra a composição das mesmas.

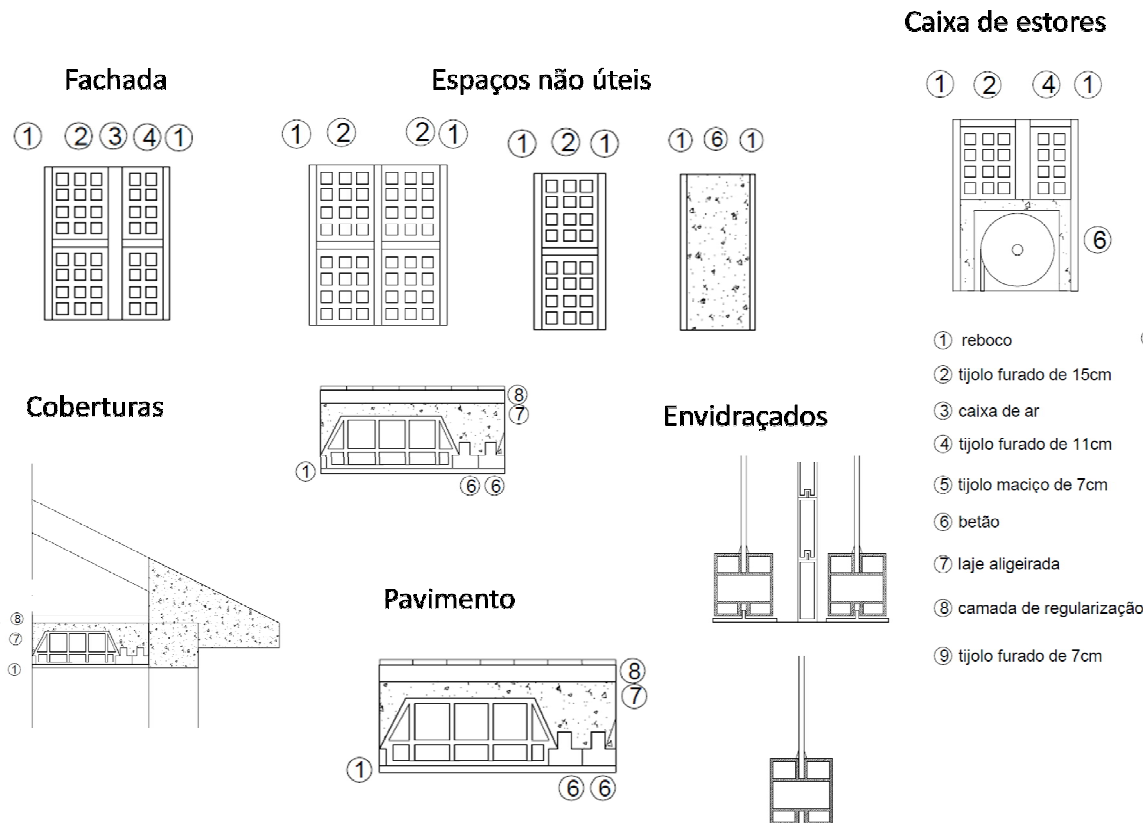


Fig. 39 Soluções construtivas do edifício localizado em S. Lázaro

As fachadas deste edifício são constituídas por paredes duplas de tijolo furado com 15cm e 11cm, com caixa de ar. São revestidas a pastilha cerâmica bege e castanho pelo exterior e rebocadas pelo interior. O coeficiente de transmissão térmica (U) é 0,95 W/m².°C.

As paredes que separam a caixa de escadas, das zonas aquecidas são constituídas por panos simples em tijolo de 15cm, rebocados dos dois lados. A caixa de escadas tem um τ de 0,3, sendo uma envolvente interior com requisitos de interior. O U desta solução é 1,52 W/m².°C.

Para além desta solução, na zona da caixa do elevador, a parede é em betão. Esta está em contacto com uma das frações existentes nos pisos. O U desta solução é 2,73 W/m².°C.

A parede que separa do edifício vizinho é composta por uma parede de 15cm, encostada a outra parede de 15cm. O valor do coeficiente de transmissão térmica neste caso é de 1,90 W/m².°C.

O pavimento que separa as zonas aquecidas, das zonas não aquecidas (espaços comerciais), é composto por laje aligeirada, revestida por taco de madeira na parte superior e rebocada pela parte inferior. O τ toma o valor de 0,6, tratando-se de uma envolvente interior com requisitos de interior. O coeficiente de transmissão térmica é igual a 1,39 W/m².°C.

A cobertura é composta por uma laje aligeirada, revestida com chapa e respetiva estrutura de suporte, criando alguma pendente para escoar as águas pluviais. Trata-se de uma cobertura em desvão com τ de 0,9, sendo uma envolvente interior com requisitos de exterior. O coeficiente de transmissão térmica toma o valor de $1,97 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

No quarto andar existe uma faixa que possui cobertura plana, uma vez que fica por baixo de um terraço. Esta é composta por uma laje aligeirada, com revestimento cerâmico na face superior e rebocada na face inferior. O U correspondente a esta solução toma o valor de $1,52 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Os envidraçados são em alumínio de correr com vidro simples, estores em PVC cor branca, sem corte térmico. Tal como o edifício anterior, algumas frações já dispõem de caixilharia dupla, sendo que a segunda foi aplicada pelo exterior, em alumínio com vidro simples. O valor do coeficiente U é $4,80 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e $2,60 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, respetivamente. Quanto ao fator solar do vidro o primeiro toma o 0,88 e o segundo 0,64.

A tabela seguinte resume os valores dos coeficientes de transmissão térmica das várias soluções.

Tabela 8 Resumo dos valores dos coeficientes U das soluções construtivas do edifício localizado em S. Lázaro

Resumo das soluções	Coefficiente de transmissão térmica U (W/m². °C)
Paredes exteriores	0,95
Pavimento do R/C	1,39
Cobertura em desvão	1,97
Cobertura em terraço	1,52
Parede em contacto com caixa de escadas	1,52
Parede em contacto com caixa de elevador	2,73
Parede em contacto com edifício vizinho	1,90
Caixa de estores	3,39
Caixilharia	4,80

As frações estão equipadas com esquentadores a gás butano, para preparação de águas quentes sanitárias (AQS). Como já são sistemas com alguns anos, e na ausência dos valores da eficiência de conversão do sistema, o valor adotado será 0,5. Como a canalização não é isolada, o valor é reduzido para 0,4.

4.3 Análise do desempenho dos edifícios em estudo

4.3.1 Edifícios unifamiliares

4.3.1.1 Edifício em Ferreiros

Este edifício em termos energéticos apresenta necessidades nominais de aquecimento com valor 174,83 kWh/m².ano, de arrefecimento com valor 2,0 kWh/m².ano e de preparação de águas quentes sanitárias com o valor de 61,15 kWh/m².ano. Tem classe energética D. Da análise da folha de cálculo, verifica-se que há grandes deficiências em relação à produção de AQS, assim como na envolvente interior e exterior do edifício.

Quanto aos valores máximos, Ni, Nv e Na tomam o valor de 95,65 kWh/m².ano, 18 kWh/m².ano e 37,86 kWh/m².ano, respetivamente. As emissões de CO₂ são de 1,91 Ton/ano.

A figura seguinte sintetiza os valores das necessidades energéticas. Perante estes valores é possível verificar que este edifício tem maiores necessidades de aquecimento (Nic) e de preparação de águas quentes sanitárias (Nac). Ambas ultrapassam as necessidades máximas calculadas para este edifício.

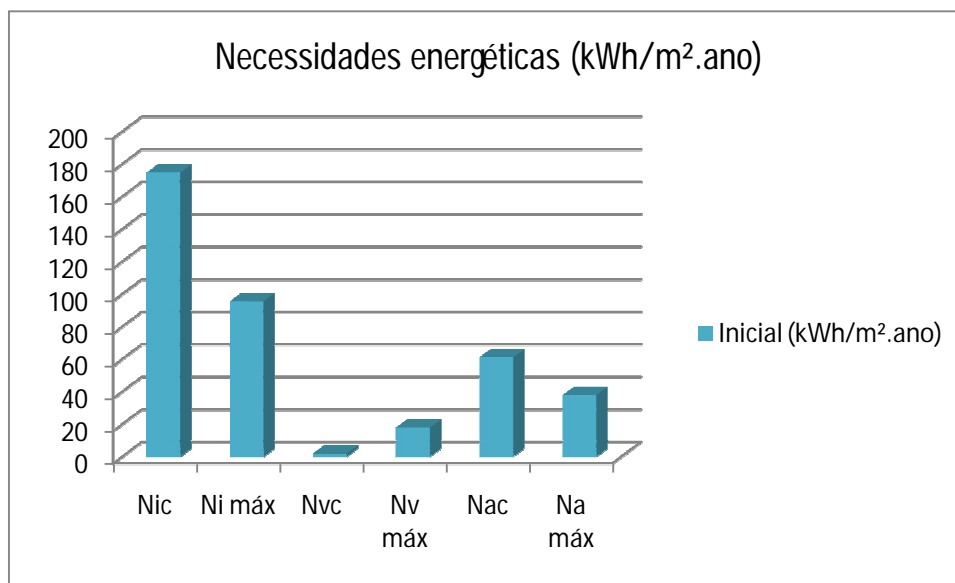


Fig. 40 Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento e respetivos valores máximos

Para além das necessidades nominais de energia são apresentadas, duas figuras, com os ganhos e as perdas pelas envolventes. Através destas, é possível verificar que as maiores perdas, na estação de aquecimento, acontecem pela envolvente interior e exterior. A ausência de isolamento no pavimento do R/C e na cobertura, contribui para esse facto.

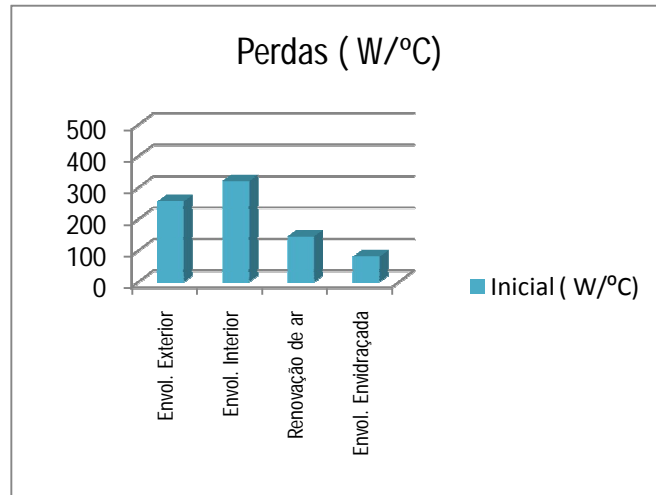


Fig.41 Perdas pelas envolventes

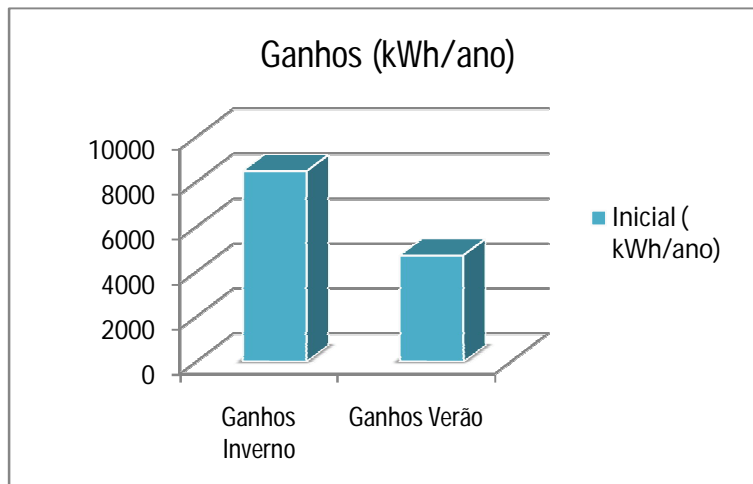


Fig.42 Ganhos pela envolvente envidraçada

Assim sendo, verifica-se que é essencial substituir o sistema de preparação de águas quentes (AQS) e melhorar a envolvente opaca interior e exterior. Portanto, os elementos das envolventes para os quais serão analisadas propostas de melhoria são as fachadas, o pavimento, as coberturas e a parede que separa o edifício vizinho. A envolvente envidraçada será também analisada, apesar de não ser responsável pelas maiores perdas.

4.3.1.2 Edifício em Nogueira

A análise do desempenho energético deste edifício mostrou que as necessidades nominais tomam os seguintes valores: as necessidades nominais de aquecimento (Nic) tomam o valor de 193,85 kWh/m².ano, as necessidades de arrefecimento (Nvc) com o valor de 3,07 kWh/m².ano e as de preparação de águas quentes

sanitárias iguais a 28,13 kWh/m².ano. As respetivas necessidades máximas, Ni, Nv e Na são iguais a 93,58 kWh/m².ano, 18 kWh/m².ano e 30,47 kWh/m².ano. A nível de emissões de CO₂, esta habitação produz 2,61 Ton/ano e apresenta classe energética F. Esta moradia é penalizada porque o sistema de conversão de AQS é elétrico e pouco eficiente. A figura seguinte esquematiza os valores das necessidades nominais de energia e respetivos máximos.

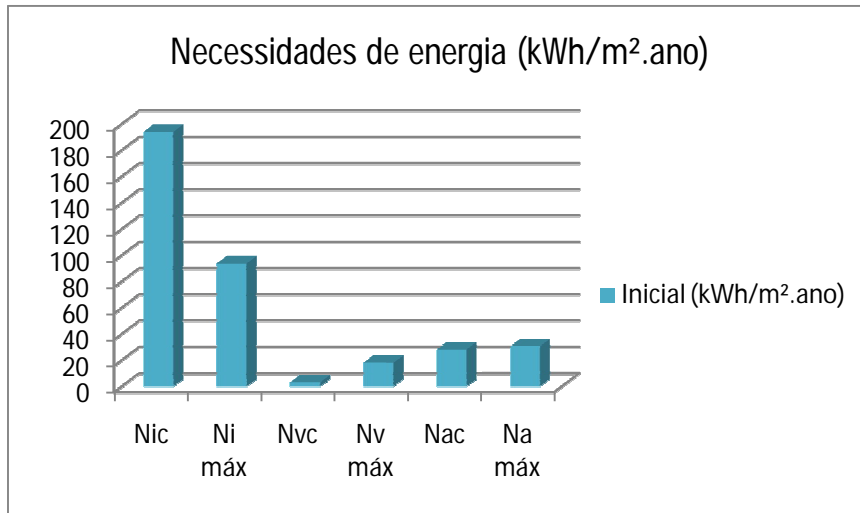


Fig.43 Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento, incluindo valores máximos

A figura permite verificar que as Nic são superior às Ni (valor máximo) e que as Nac estão próximas do limite máximo. Segundo o regulamento, a conversão de energia útil em energia primária, nos sistemas elétricos, tem um valor superior aos sistemas com combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos. Este facto faz com que agrave as necessidades totais de energia, levando a classificações piores, apesar de as Nac não ultrapasarem o valor máximo.

Para complementar a informação, as perdas e ganhos pelas envolventes que levaram aos valores das necessidades supra citadas, são expressos nas figuras seguintes. Pela observação das mesmas, é possível verificar que existem mais perdas pela envolventes exterior e interior e os ganhos são maiores na estação de aquecimento, que na estação de arrefecimento. Os ganhos solares, na estação de aquecimento, contribuem para o aquecimento da habitação.

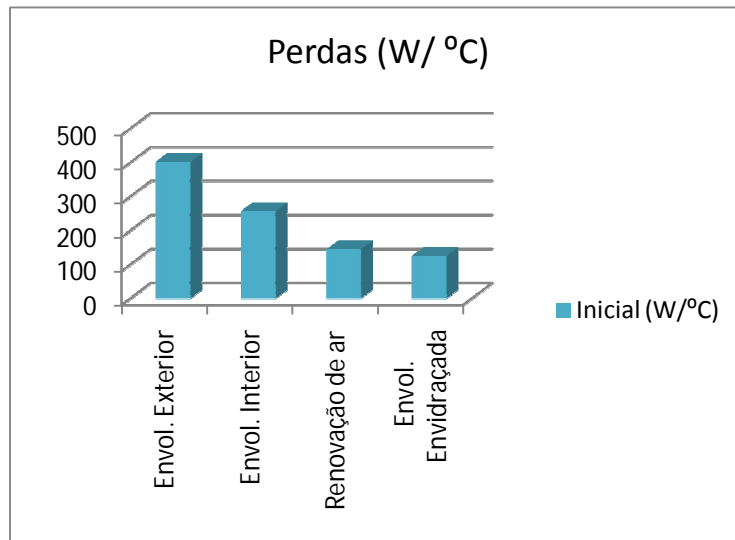


Fig.44 Perdas na estação de aquecimento

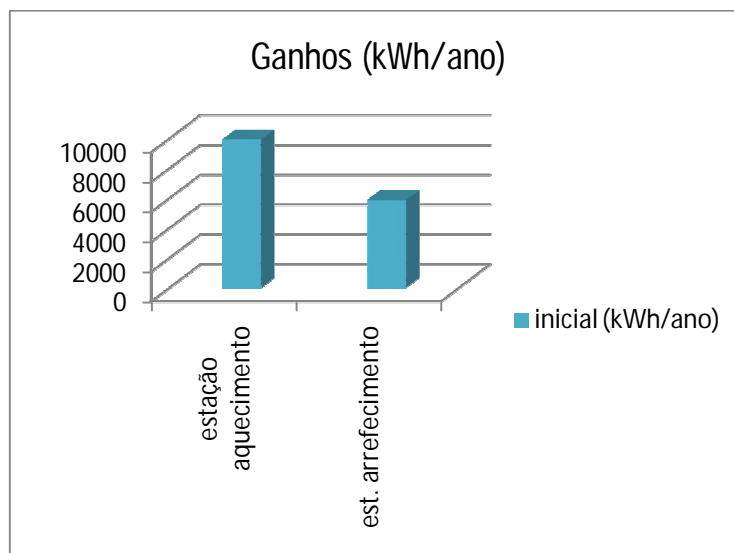


Fig.45 Ganhos na estação de arrefecimento

Deste modo, as principais oportunidades de melhoria para esta habitação são ao nível do equipamento de preparação de AQS e da envolvente exterior e interior, incluindo fachadas, coberturas, parede que separa a zona útil da garagem e pavimento. Apesar de as caixilharias não serem dos elementos que mais condicionam o desempenho do edifício, serão alvo de comparação com outras propostas de melhoria.

4.3.2 Edifícios multifamiliares

4.3.2.1 Edifício multifamiliar em S. Victor

Este edifício tem várias frações. Daí que para facilitar a compreensão do desempenho energético destas, as necessidades nominais de energia Nic, Nvc e Nac, assim como os respetivos máximos Ni, Nv, Na e emissões de CO₂, são resumidas na tabela seguinte. Para além destes valores também são indicadas as necessidades energéticas totais.

Tabela 9 Resumo dos valores das necessidades energéticas, da fração 1 à 8, no edifício situado em S.Victor

	Fração 1	Fração 2	Fração 3	Fração 4	Fração 5	Fração 6	Fração 7	Fração 8
Nic (kWh/m².ano)	147,37	108,24	105,95	194,34	142,50	104,13	106,10	157,91
Ni (kWh/m².ano)	84,69	75,60	75,60	91,90	91,15	75,60	75,60	83,93
Nvc (kWh/m².ano)	1,77	1,34	1,52	1,50	1,20	1,16	1,08	1,39
Nv (kWh/m².ano)	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Nac (kWh/m².ano)	99,37	95,25	95,25	95,25	99,10	84,03	84,03	84,03
Na (kWh/m².ano)	65,51	58,97	58,97	58,97	61,35	52,02	52,02	52,02
Ntc (Kgep/m².ano)	12,77	11,28	11,12	13,77	12,61	10,32	10,28	11,85
Co2 (ton/ano)	1,17	1,07	1,07	1,33	1,15	1,13	1,12	1,31

As frações têm classe C, exceto a fração do quarto piso cujas vertentes estão orientadas a NW, SE, SW, (Fração 4) que tem classe D.

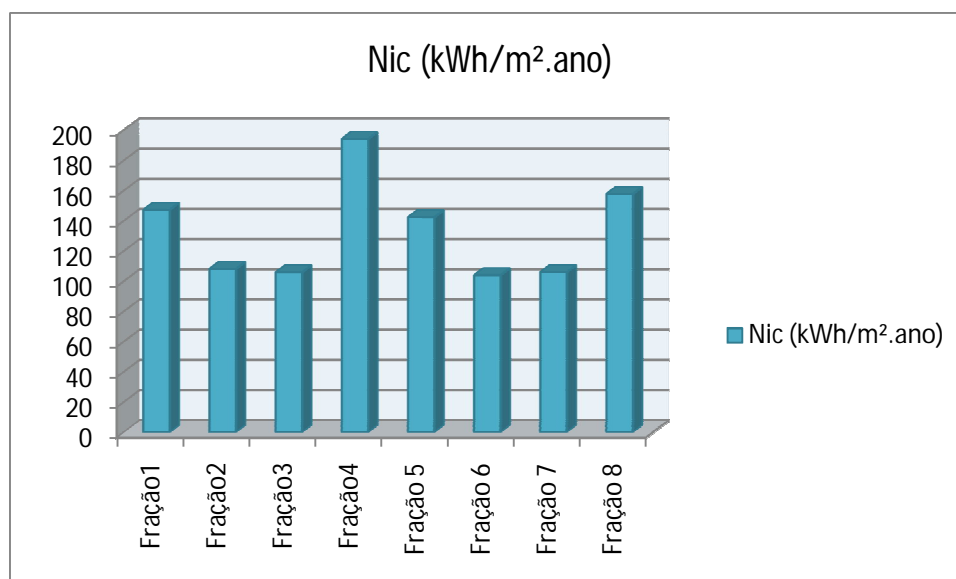


Fig.46 Necessidades nominais de aquecimento das frações 1 a 8, no edifício de S. Victor

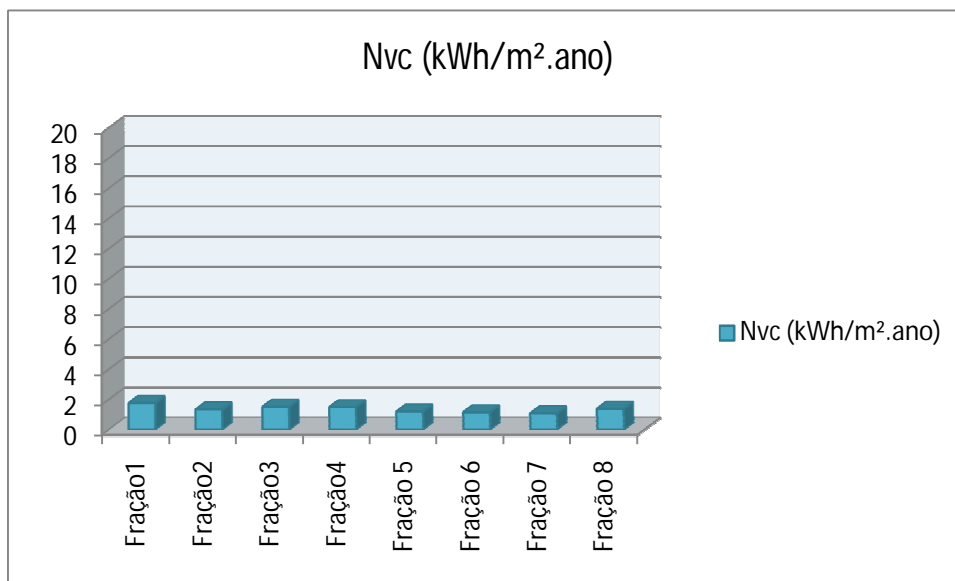


Fig.47 Necessidades nominais de arrefecimento das frações 1 a 8

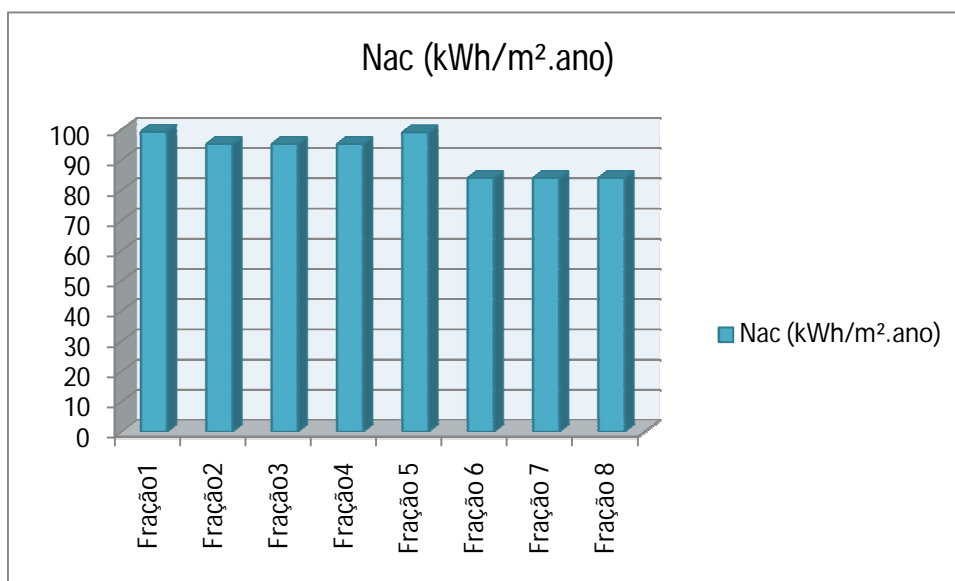


Fig.48 Necessidades nominais de preparação de AQS, das frações 1 a 8

Perante estes valores, verifica-se que as frações em contacto com a garagem (Fração 1 e 5) e as frações em contacto com a cobertura (Frações 4 e 8) são as que têm maiores Nic. Em relação às necessidades de arrefecimento as frações com vertentes orientadas a NE, SE e SW (Frações 1,2,3 e 4) têm valores mais elevados, dado possuírem maior área de fachada exposta à radiação solar.

Em relação às Nac, as frações com menor área (Frações 1,2,3,4 e 5) têm valores superiores.

Para além do valor das necessidades energéticas Nic, Nvc e Nac, nas figuras seguintes são apresentadas as perdas e os ganhos que contribuíram para os valores supra citados.

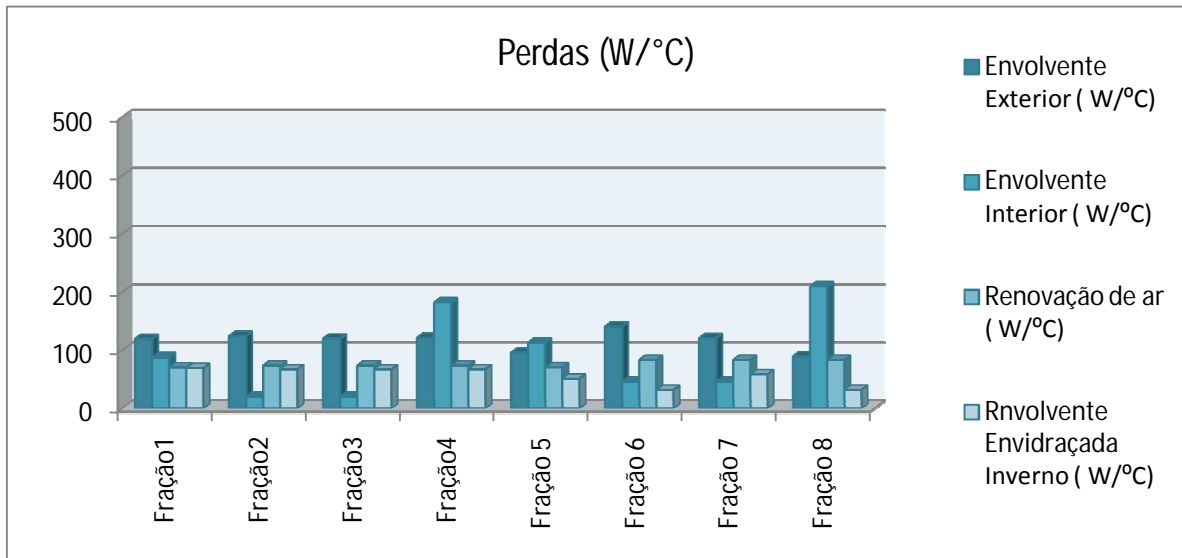


Fig.49 Perdas nas frações 1 a 8, pela envolvente opaca, envidraçada e por renovação de ar

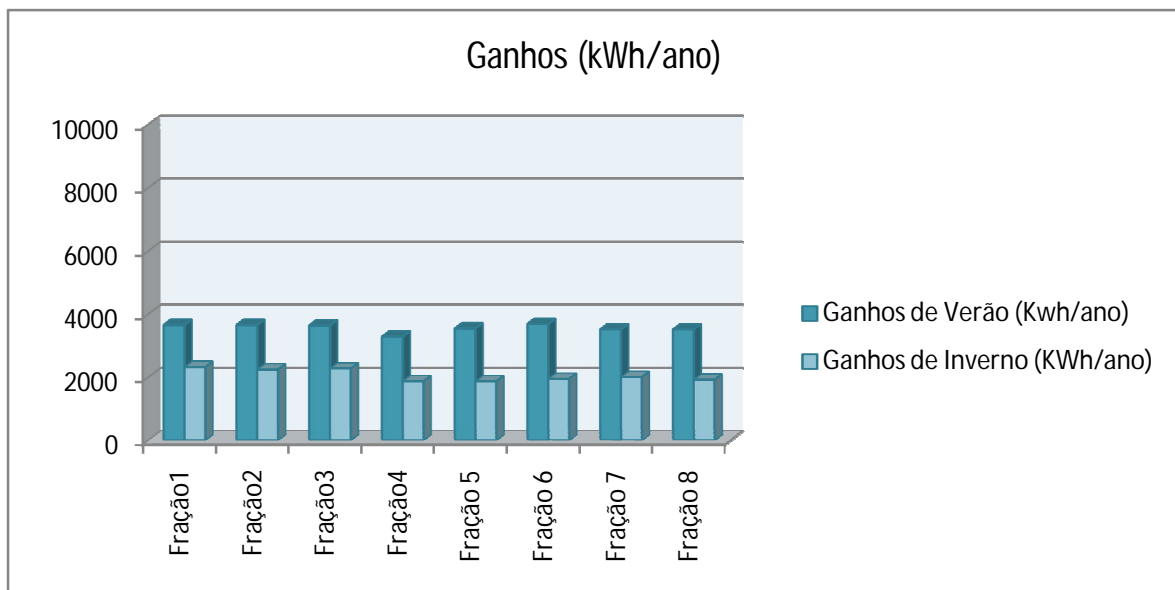


Fig.50 Ganhos nas frações 1 a 8, na estação de arrefecimento e de aquecimento

Em relação às perdas, de um modo geral, estas são superiores pela envolvente exterior, com exceção das frações do último piso (Frações 4 e 8) e da Fração 5, localizada no r/c, com vertentes orientadas a NE e SW e em contacto com edifício vizinho. As frações referidas apresentam maiores perdas pela envolvente interior, devido à cobertura, nas duas primeiras e ao pavimento na Fração 5. As perdas por renovação de ar estão próximas das perdas pela envolvente envidraçada, exceto nas frações 6 e 8, que já possuem segunda caixilharia com vidro simples pelo exterior da persiana.

Os ganhos são superiores na estação de arrefecimento, o que pode levar a sobreaquecimento.

Com a análise destes valores verifica-se que nas frações deste edifício, de uma modo geral, as oportunidades de melhoria estão relacionadas com a envolvente opaca, envidraçada e nos sistemas de preparação de águas quentes. Portanto, as propostas de melhoria devem incidir nas fachadas, no pavimento, na cobertura, nas paredes que separam a caixa de escadas, na parede que separa o edifício vizinho e nas caixilharias.

4.3.2.2 Edifício multifamiliar em S. Lázaro

O edifício tem 14 frações, distribuídas por 5 andares. Os valores das necessidades energéticas que traduzem o desempenho energético destas frações, Nic, Nvc e Nac são apresentados na tabela seguinte. A tabela também contém as emissões de CO₂, as necessidades máximas Ni, Nv e Na, as necessidades totais Ntc e as necessidades totais máximas Nt.

Tabela 10 Resumo dos valores das necessidades energéticas, da fração 1 à 14, no edifício situado em S.Lázaro

	Fração 1	Fração 2	Fração 3	Fração 4,7	Fração 5,8	Fração 6,9	Fração 10	Fração 11	Fração 12	Fração 13	Fração 14
Nic (kWh/m ² .ano)	134,97	112,7	107,5	98,79	66,1	69,67	100,4	86,7	89,81	165,56	177,47
Ni (kWh/m ² .ano)	76,74	75,6	75,91	75,6	75,6	75,6	75,6	75,6	75,6	85,1	8,47
Nvc (kWh/m ² .ano)	1,14	1,14	1,43	1,22	1,55	1,43	1,24	1,26	1,39	1,47	1,39
Nv (kWh/m ² .ano)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Nac (kWh/m ² .ano)	77,06	78,2	78,13	77,06	78,2	78,13	77,06	78,2	78,13	66,9	86,47
Na (kWh/m ² .ano)	47,7	48,41	48,37	47,7	48,41	48,37	47,7	48,41	48,37	41,41	53,53
Nt (Kgep/m ² .ano)	7,29	7,38	7,37	7,28	7,38	7,37	7,28	7,38	7,37	6,5	8,16
Ntc (Kgep/m ² .ano)	10,41	9,8	9,79	9,38	8,59	8,64	9,53	9,1	9,22	10,46	12,44
CO ₂ (ton/ano)	0,93	0,57	1,44	0,84	0,52	1,31	0,85	0,52	1,36	1,43	1,65

As frações apresentam diferentes perdas e diferentes ganhos, mas de um modo geral tem uma classificação energética C. Exceto as frações do último piso (Frações 13 e 14 da tabela), que têm classe D. A situação do último piso é bastante agravada pela ausência de isolamento nas paredes e na cobertura.

As necessidades nominais de aquecimento e preparação de AQS são as que têm maior peso no balanço energético.

As figuras seguintes esquematizam os valores das Nic, Nvc e Nac de cada fração.

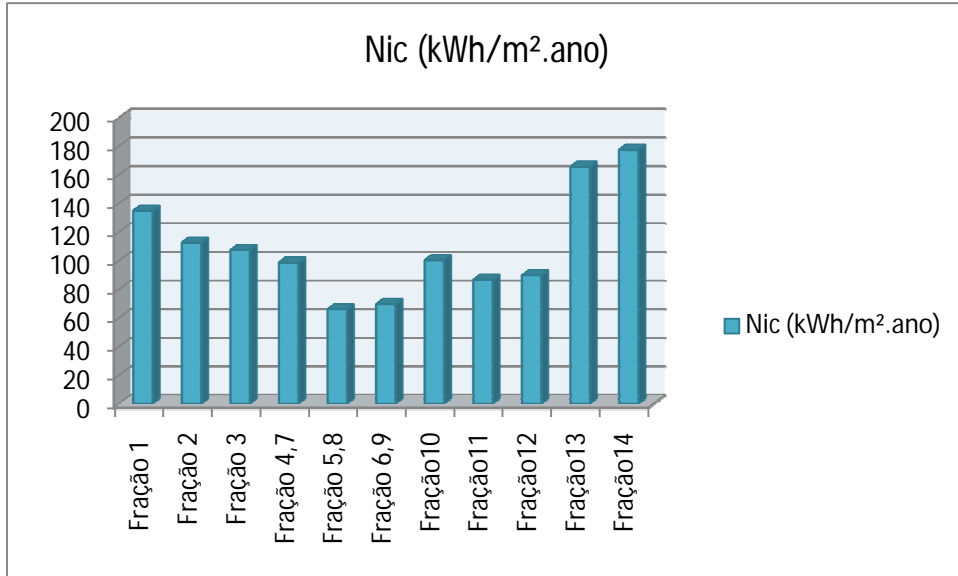


Fig.51 Necessidades nominais de aquecimento das frações 1 a 14 do edifício situado em S. Lázaro

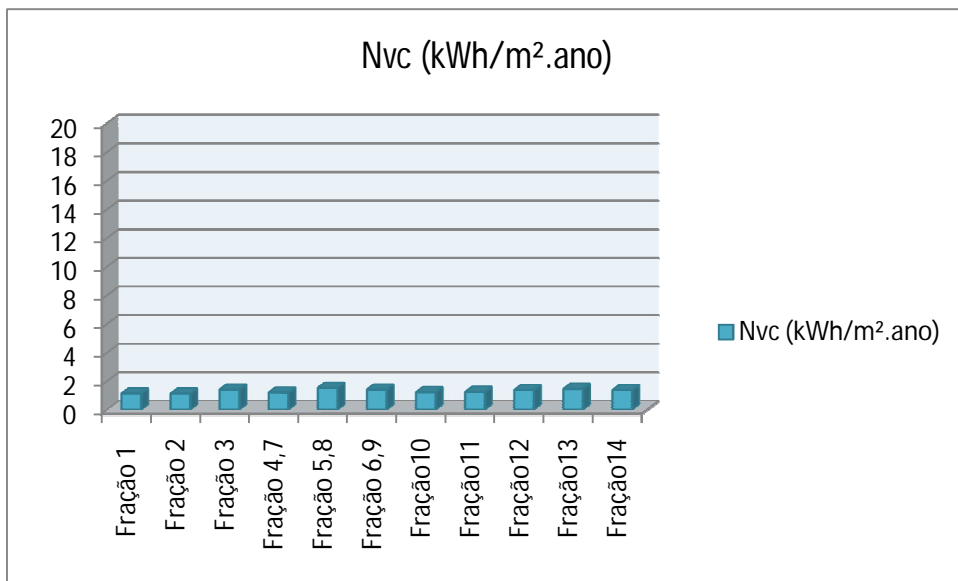


Fig.52 Necessidades nominais de arrefecimento das frações 1 a 14 do edifício situado em S. Lázaro

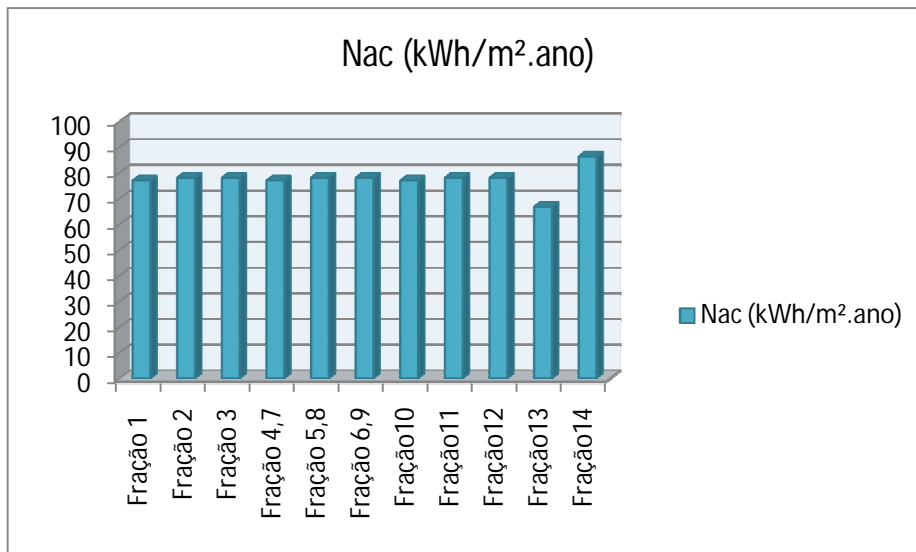


Fig.53 Necessidades nominais de preparação de águas quentes sanitárias das frações 1 a 14 do edifício situado em S. Lázaro

As fracções do primeiro piso em contacto com zonas comerciais (Fracções 1,2 e 3) apresentam necessidades de aquecimento maiores do que as fracções intermédias, assim como as fracções do último piso (Fracções 13 e 14), em contacto com a cobertura.

Em relação às Nvc o valor tende a aumentar em proporção com a altura do edifício. Nas Fracções 3, 5, 8, 6 e 9, as necessidades de arrefecimento são influenciadas pela existência de segunda caixilharia pelo exterior da persiana.

A Fração 13, tipologia T3 possui Nac inferior, porque tem menor número de ocupantes e quase a mesma área que a Fracções 14, de tipologia T4.

Para além destes valores, também são apresentadas as perdas e ganhos que levaram aos valores das necessidades energéticas referidas anteriormente.

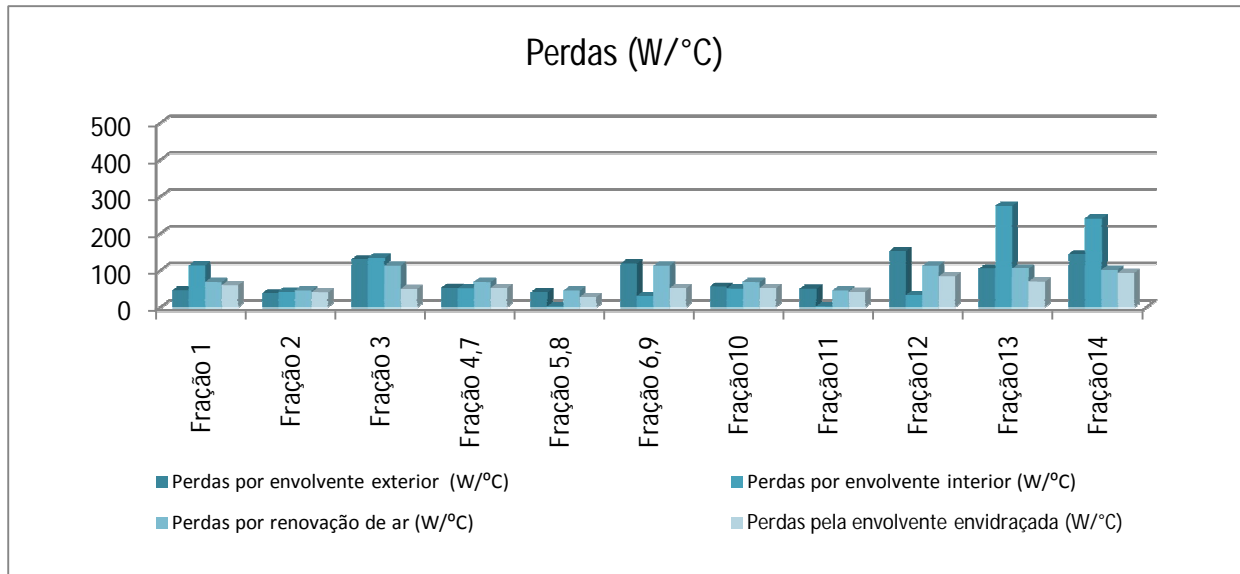


Fig.54 Perdas pelas envolventes exterior, interior, envidraçada e por renovação de ar, nas frações 1 a 14

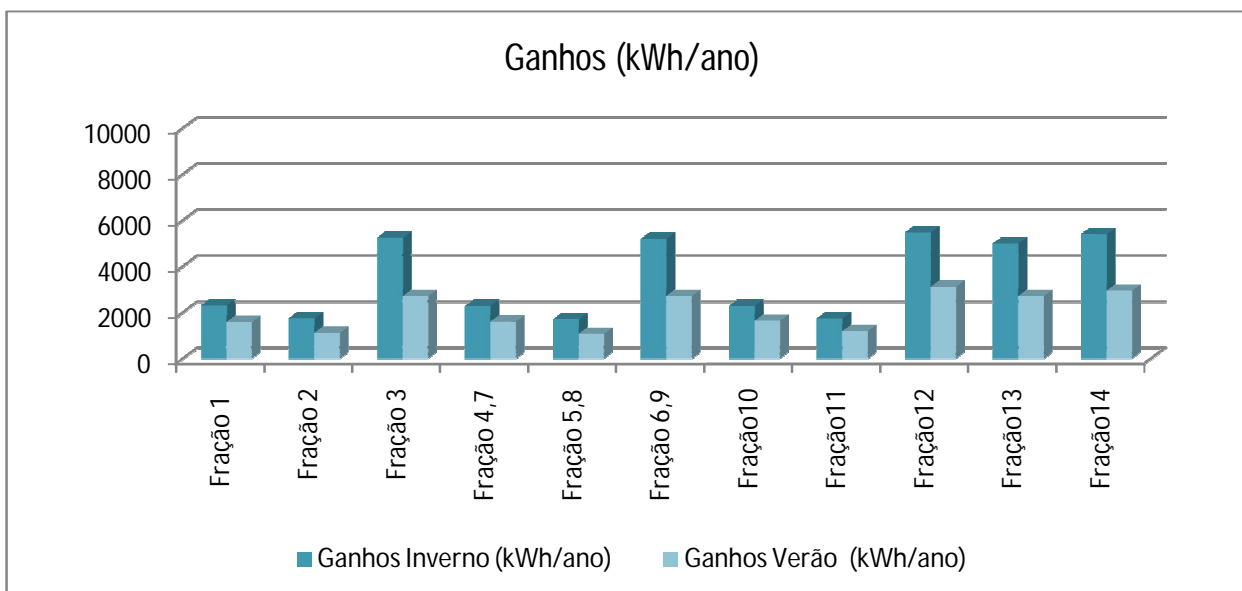


Fig.55 Ganhos no Inverno e no Verão, nas fracções 1 a 14

Nas Frações 1 e 3 do primeiro andar (orientadas a NE, SW e NW, NE) as maiores perdas ocorrem pela envolvente interior, assim como nas frações do último piso (Fracções 13 e 14). As Frações 6, 9 e 12 apresentam maiores perdas através da envolvente exterior. Estas frações correspondem ao segundo, terceiro e quarto pisos orientadas a NW e NE e apresentam maior área de fachadas. A Fração 11, orientada a NE, também tem maiores perdas pela envolvente exterior por causa da fachada e da faixa de cobertura plana, que corresponde a parte do terraço do piso de cima, conforme se pode constatar nas figuras apresentadas anteriormente, na caracterização deste edifício. Resta acrescentar que nas Frações 5, 8 e 11, localizadas no

segundo, terceiro e quarto piso, orientadas a NE, os valores de perdas interiores são pequenos, pois a área deste tipo de envolvente também é pequena.

Em relação aos ganhos estes são maiores na estação de aquecimento que do que na estação de arrefecimento. As frações que apresentam maiores diferenças nestes valores (Frações 3,6,9 e 12) são aquelas que estão orientadas a NE e NW, que possuem maior área envidraçada e maior área de fachada. Para além destas as duas frações do quinto piso (13 e 14) também apresentam maiores diferenças entre ganhos nas duas estações.

Tal como nos restantes edifícios as propostas de melhoria serão feitas para os sistemas de preparação de águas quentes sanitárias e para a envolvente opaca, incluindo as fachadas, o pavimento, a coberturas, as paredes que separam os edifícios vizinhos, as paredes que separam as frações da caixa de escadas e da caixa do elevador. Também serão propostas melhorias para as caixilharias, apesar de não terem muito peso nas Nic e Nvc.

Perante os dados desta análise é possível verificar que os edifícios, de um modo geral, apresentam necessidades de aquecimento e de preparação de águas quentes superiores aos máximos regulamentares. O mesmo não acontece com as necessidades de arrefecimento, que são bastante inferiores aos máximos regulamentares, em qualquer um dos edifícios. O edifício de Nogueira é uma exceção, uma vez que cumpre os máximos, mas é penalizado por ser elétrico. As necessidades de arrefecimento são bastante inferiores ao máximo regulamentar.

Para esquematizar esta informação, de seguida são apresentadas figuras com gráficos constituídos por barras que representam o valor das necessidades em causa e uma linha laranja que representa o máximo regulamentar.

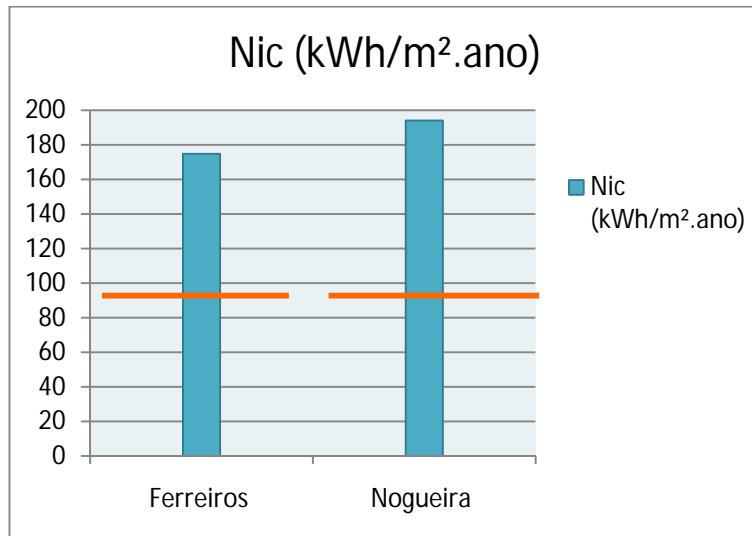


Fig.56 Necessidades de aquecimento dos edifícios unifamiliares

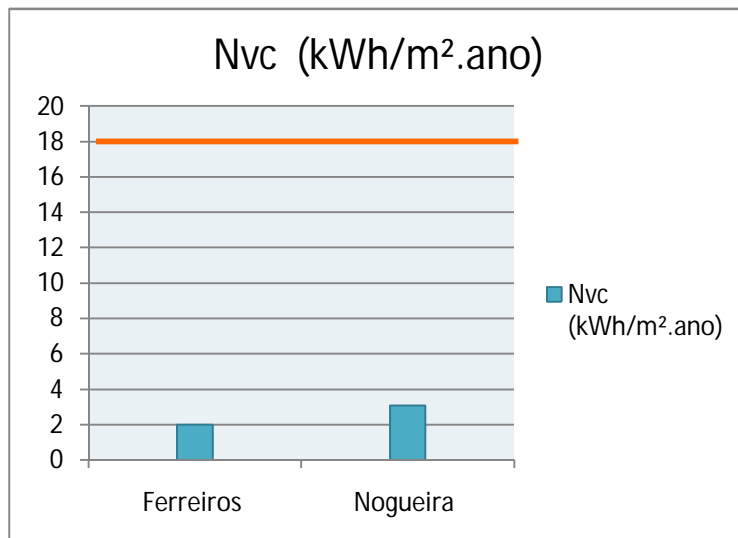


Fig.57 Necessidades de arrefecimento dos edifícios unifamiliares

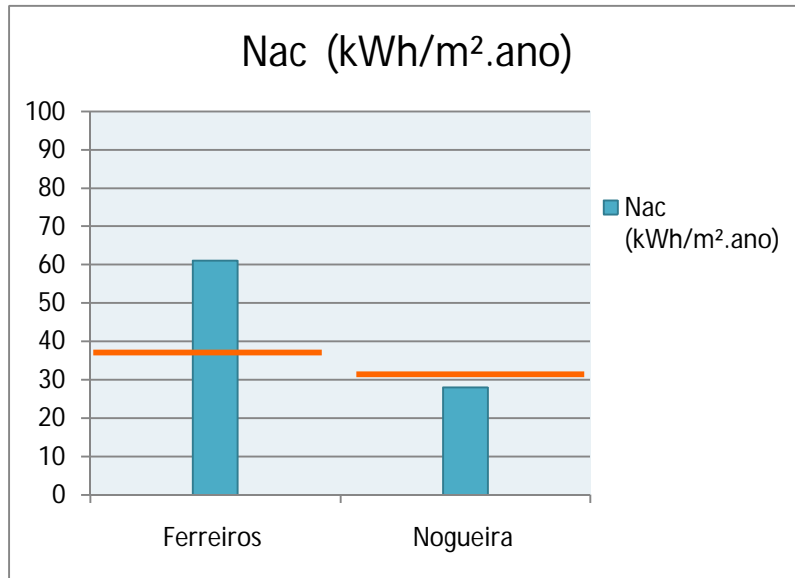


Fig.58 Necessidades de preparação de águas quentes dos edifícios unifamiliares

Tal como foi referido, os edifícios multifamiliares seguem a tendência dos unifamiliares. As figuras para estes casos contêm gráficos constituídos por barras que correspondem a cada uma das frações e a linha laranja que mostra o máximo regulamentar.

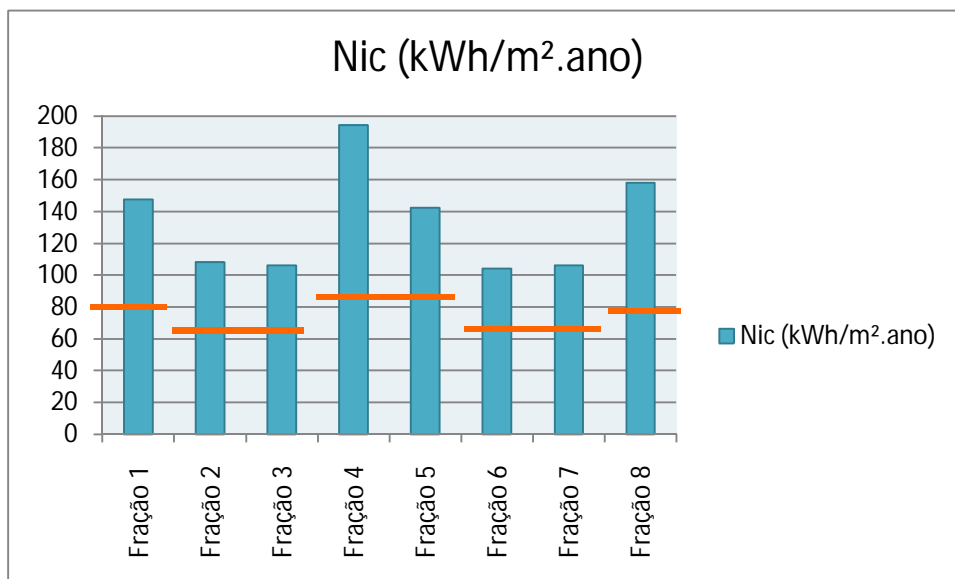


Fig.59 Necessidades de aquecimento no edifício de S. Victor

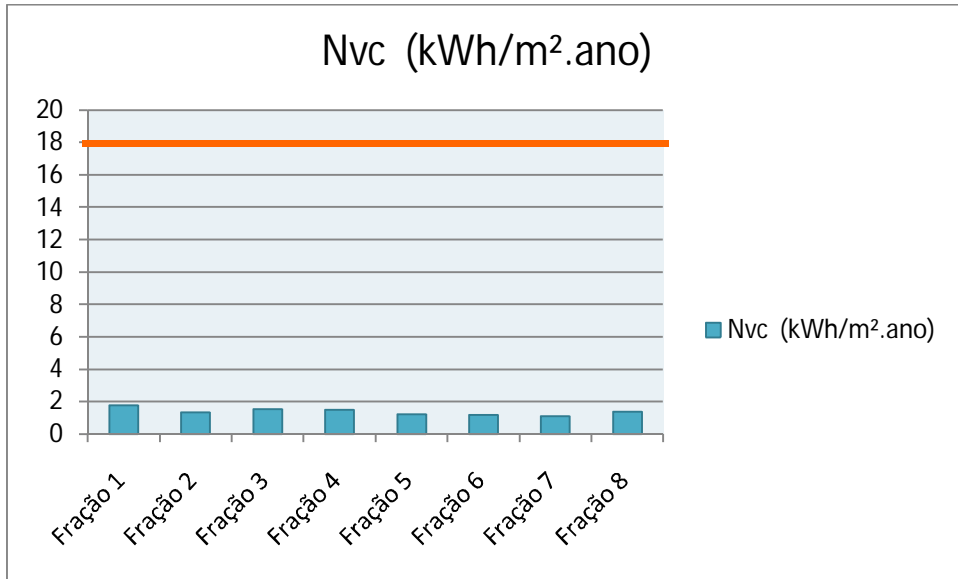


Fig.60 Necessidades de arrefecimento no edifício de S. Victor

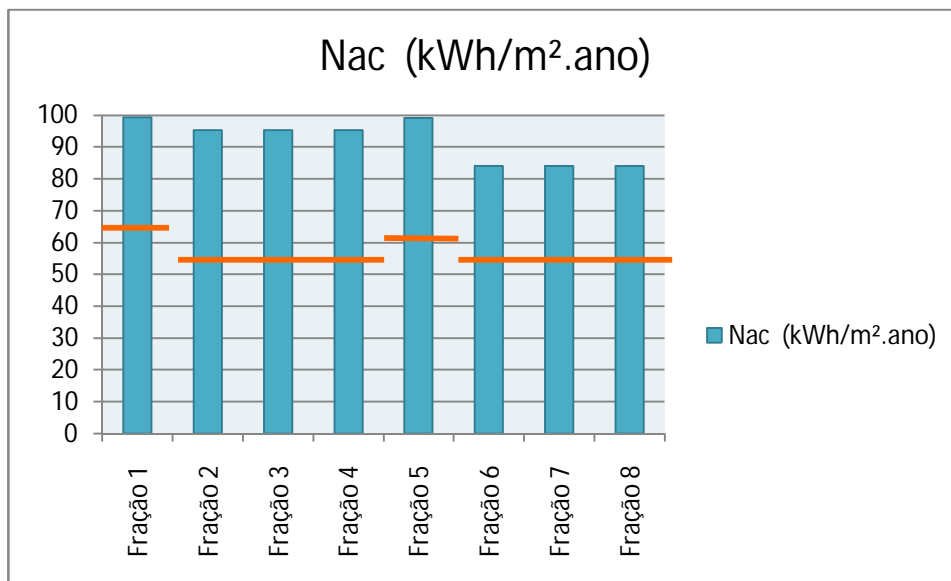


Fig.61 Necessidades de preparação de águas quentes sanitárias no edifício de S. Victor

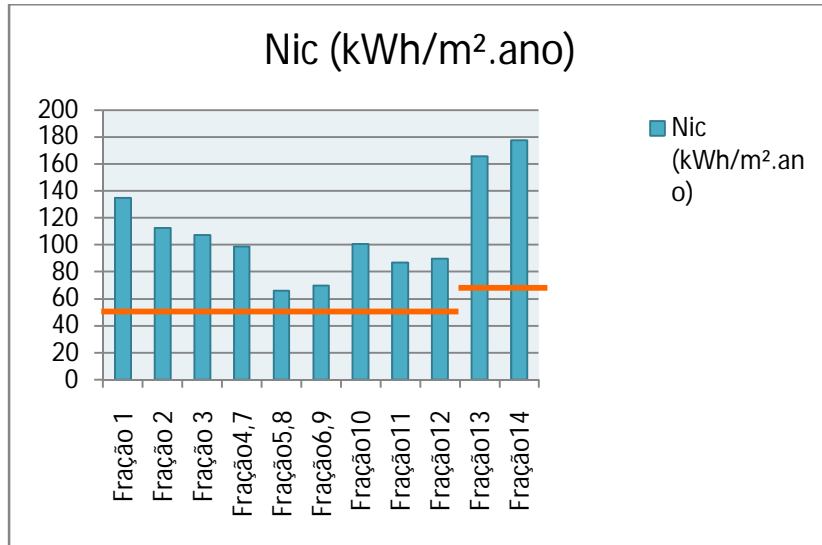


Fig.62 Necessidades de aquecimento no edifício de S. Lázaro

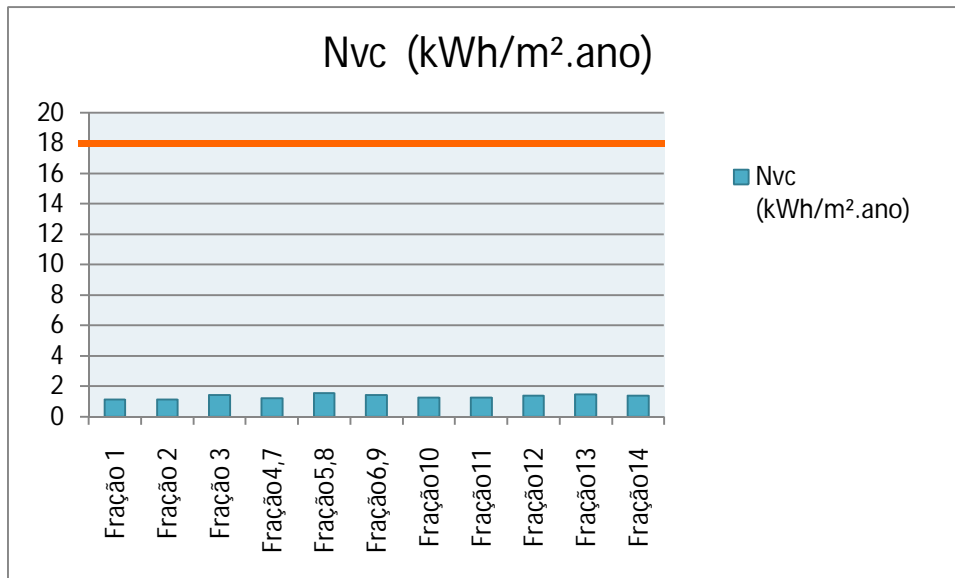


Fig.63 Necessidades de arrefecimento no edifício de S. Lázaro

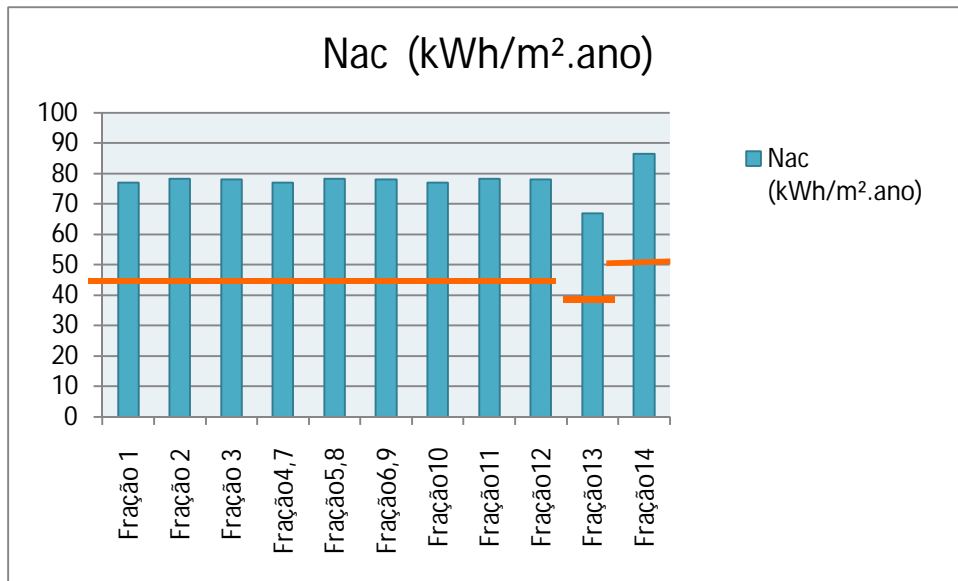


Fig.64 Necessidades de preparação de águas quentes sanitárias no edifício de S. Lázaro

De seguida e uma vez que neste capítulo apenas se referiu quais os pontos que deveriam sofrer intervenções de melhoria, discute-se a possibilidade de aplicação de várias medidas de reabilitação energética, nos edifícios em análise.

CAPÍTULO 5. Propostas de reabilitação energética dos edifícios em análise



(Glocalfaro)

5.1 Introdução

Numa altura em que se fala tanto de eficiência energética e poupança de energia, criaram-se vários mitos acerca das várias técnicas de melhoria de desempenho energético. A ideia de que a solução que funciona num edifício, resulta de igual modo em todos, que reabilitar energeticamente é caro e tem longos períodos de retorno, que os sistemas solares não funcionam, são exemplos de alguns desses mitos. Assim, as soluções para edifícios construídos de raiz pensados para respeitar o regulamento térmico podem não ser eficazes nos edifícios existentes. Isto deve-se ao facto de cada edifício ter características próprias, como é o caso dos vários fatores que foram abordados na metodologia (clima, soluções construtivas, pé direito, sombreamentos, entre outras). Este facto acentua-se mais no caso dos sistemas de preparação de águas quentes e nos sistemas de climatização.

Perante a posição dos proprietários referido na metodologia, o presente estudo inicia com propostas mais simples, que não impliquem obras de fundo nos edifícios, tendo em vista o desempenho dos mesmos, sem que isso represente grandes custos para os proprietários e com melhoria ao nível do seu conforto.

Assim, as primeiras medidas analisadas são a nível das envolventes opaca e envidraçada, por terem uma relação custo/benefício mais equilibrada, com influência na perceção do conforto e no desempenho energético do edifício ou fração. Para além disto, algumas destas propostas permitem que o edifício adquira um aspeto mais atual e atraente.

De seguida serão analisados diferentes sistemas para a preparação de águas quentes sanitárias, uma vez que a maioria, já deve estar obsoleto e como tal a necessitar de substituição.

A questão da climatização, não é fulcral para os edifícios em estudo, pois a maioria das habitações não dispõe de pré-instalação para estes sistemas, ou quando dispõe está já ultrapassada. A inclusão dos mesmos representaria um aumento de consumo. Numa altura em que as famílias procuram cortar ao máximo nas despesas, com a subida de preços do petróleo, do gás e mais recentemente o aumento do IVA na eletricidade, não existem muitos argumentos válidos, a favor deste investimento para este tipo de proprietários.

Tal como referido na revisão da literatura, as medidas de reabilitação energética podem ser várias. Porém, há fatores que influenciam a escolha tais como: o custo, a rapidez de execução, a interferência com o quotidiano dos moradores, o gosto de cada um, as condicionantes arquitetónicas e mesmo a oferta do mercado a nível de soluções.

De acordo com o feedback de alguns moradores, dos fatores acima referidos, os que mais influenciam as decisões são: o custo, os gostos, a interferência no quotidiano, seguindo-se os outros.

A questão da poupança energética, é pouco interessante em relação ao custo/benefício do investimento. Períodos de retorno superiores a 10 anos parecem não convencer os moradores. Esta questão é agravada pela presente conjuntura económica do país.

Tal como referido na revisão da literatura, no caso das moradias unifamiliares o problema das escolhas é mais simples, uma vez que depende apenas de um proprietário, que poderá estar ou não recetivo. No caso particular dos dois edifícios unifamiliares em estudo, os moradores parecem minimamente informados sobre os benefícios da reabilitação energética. Aparentemente, este facto deve-se, não só ao nível de formação dos mesmos, mas também porque suportam os custos de manutenção da habitação sozinhos. Ou seja, quando por exemplo há um problema na cobertura ou numa parede, são eles que são afetados e assumem a despesa por inteiro, sem outros intervenientes.

No caso dos edifícios multifamiliares é mais complexo, porque há vários proprietários, com diferentes possibilidades financeiras, diferentes graus de formação, gostos diferentes e como tal é mais difícil chegar a um consenso.

O edifício de S. Victor parece mais complicado nestes aspetos, comparativamente ao de S. Lázaro, uma vez que o primeiro desde a sua construção, há quase trinta anos, quase não teve intervenções de melhoramento a nível global, exceto uma ou outra pequena reparação. Os atuais proprietários, não pensam vender as habitações, sendo que a certificação energética não é algo com que estejam muito familiarizados.

Em contrapartida, o de S. Lázaro, já sofreu algumas reabilitações devido a problemas de humidades, mas nenhuma para melhoria de desempenho térmico. Segundo o condomínio, esta hipótese não estaria posta de parte, precisamente para melhoria do conforto no interior das habitações, algumas das quais já foram vendidas, ou estão em vias de o ser e segundo a nova legislação, todas as frações para serem vendidas têm que ter um certificado energético. As que apresentarem melhores desempenhos poderão ser valorizadas por esse aspeto, dependendo da sensibilidade do comprador.

De seguida é feita uma exposição de algumas soluções construtivas que poderão ser aplicadas nos quatro edifícios e no final é feito um resumo das propostas selecionadas.

5.2 Pontos prementes de intervenção de reabilitação energética

5.2.1 Envolvente opaca – fachadas

Para dar resposta a esta questão, noutros países, recorre-se muitas vezes à pré-fabricação. Em Portugal a pré-fabricação está ainda muito ligada a artefactos de betão, peças metálicas (escadas, parafusos, vigas, entre outras e peças de madeira). A pré-fabricação como resposta de reabilitação, vocacionada para resolver

patologias térmicas, está ainda muito pouco desenvolvida. Daí que as propostas para dar resposta às patologias em causa, tenham que ser mais tradicionais. No estudo foram analisadas soluções de isolamento pelo exterior, interior e colocação na caixa de ar.

A solução da injeção de poliuretano na caixa de ar levanta alguns problemas relacionados com o controlo de qualidade. As empresas contactadas não asseguram as espessuras e homogeneidade da camada. Portanto, esta solução, na teoria, até poderia trazer bons resultados mas tem deficiências de ordem prática.

Assim, deu-se primazia às soluções de isolamento realizadas pelo exterior e pelo interior, as quais consistem na adição de elementos de forma visível tendo um controlo de execução e de qualidade muito mais simples e preciso.

Relativamente ao material isolante a ser utilizado, existem vários, entre eles: lã mineral (MW), aglomerado de cortiça, espuma rígida de poliuretano (PUR) ou de Poli-isocianurato (PIR), poliestireno expandido moldado (EPS), poliestireno expandido extrudido (XPS) e espuma de polietileno expandido extrudido (PEF). Contudo, o XPS revelou-se o mais eficaz em termos de resistência térmica e o melhor na relação desempenho/custo. Trata-se de um produto bastante comum, fácil encontrar em stock, disponível em várias espessuras, dispõe-se de grande conhecimento sobre a sua aplicação e não deforma (ao contrário da lã de rocha, que com o tempo vai caindo nos panos verticais, se não for bem aplicada).

As soluções de implementação de isolamento nas fachadas pelo exterior, interior e na caixa de ar, propostas são:

- A aplicação do sistema ETICS ou fachada ventilada;
- Construção de uma parede pelo interior das paredes existentes composta por placas de gesso cartonado, com XPS no seu interior.

As figuras seguintes esquematizam três das soluções, referidas.



Fig. 65 Aplicação de sistema ETICS por cima do revestimento existente (Fafisol, 2008)

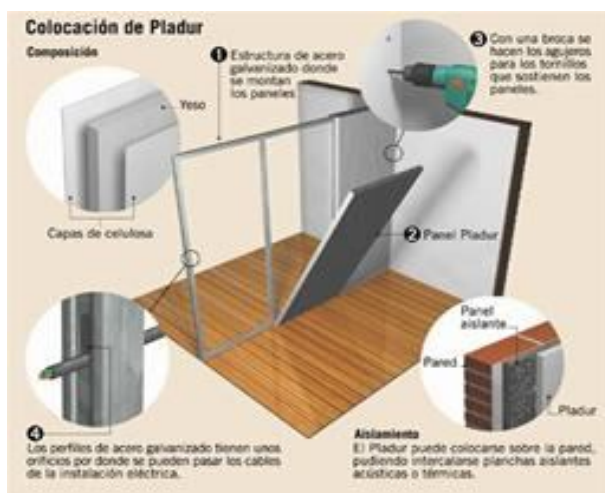


Fig. 66 Aplicação de gesso cartonado quer em parede divisórias, quer em paredes de tijolo (Placo-M,2011)



Fig. 67 Aplicação de fachada ventilada, com revestimento de painéis fenólicos (Matimex, 2011)

A proposta da fachada ventilada poderia, no caso dos edifícios em estudo, ser revestida com granito da região, em vez de produtos como painéis de alumínio, fenólicos ou de policarbonato. Esta escolha prende-se com o aspeto (uma vez que as casas em granito são típicas da região norte), disponibilidade do material na região e relação custo/qualidade. Em teoria, o facto de ser um material existente na região norte, permite menores impactos ambientais e ajuda ao desenvolvimento da economia da região, reduzindo a importação de produtos.

Nos edifícios multifamiliares coloca-se a questão do acordo entre moradores para realizar estas obras. Se não houver acordo e mesmo assim alguns dos proprietários das frações estiverem interessados em melhorar a sua habitação, com pintura de paredes, mudança de canalizações, melhorar a nível acústico, entre outras, é sempre importante avaliar a hipótese da incorporação de isolamento térmico e se a diferença nos custos é assim tão significativa, face à melhoria das condições de conforto e possivelmente a alguma poupança de energia.

Resumindo, para os quatro edifícios serão estudadas as seguintes propostas para paredes exteriores:

- Aplicação de isolamento pelo exterior com sistemas ETICS e fachada ventilada, com XPS e placas de granito;
- Aplicação de isolamento pelo interior da fachada com gesso cartonado e isolamento XPS no interior.

As espessuras do isolamento serão as referidas na metodologia.

5.2.2 Envolvente opaca - Cobertura

Quando as coberturas são em desvão não habitado, não se verifica a necessidade de climatizar estes espaços. Assim para estes casos existem duas soluções mais aconselhadas pelas publicações consultadas:

- Colocação de isolamento XPS por cima da laje de esteira;
- Colocação de teto falso, dado que o pé-direito o permite, incluindo a colocação de placas de XPS na face inferior da laje de esteira.

Para além destas soluções, há mais algumas que poderiam ser utilizadas. No entanto, a colocação de painel de chapa com isolamento no interior conhecido comercialmente como “Sandwich” ou isolamento na laje inclinada, não seria a melhor solução, pois iria permitir a climatização de um espaço não útil, que é o desvão da cobertura. As soluções referidas são, segundo a literatura disponível, as mais adequadas a nível de custo/benefício para situações de coberturas em desvão não habitado. A figura seguinte esquematiza a aplicação de teto falso com XPS fixo à face inferior da laje de teto.



Fig. 68 Aplicação de XPS revestido por gesso cartonado hidrofugo (forum.aglobal, 2011)

No caso dos edifícios multifamiliares e dada a configuração das coberturas, as medidas propostas foram as mesmas, que as das moradias. À semelhança do que foi dito para as paredes, estas soluções para coberturas são as mais rápidas e simples de implementar, havendo mais garantias de obter um trabalho bem sucedido.

Nestes, o facto de o isolamento ser realizado pelo interior da fração, faz com que haja um argumento para que os custos sejam suportados pelo proprietário da mesma, ao passo que se fosse colocado na vertente inclinada, já teria que ser suportado por todo o condomínio, porque é zona comum. Tem a vantagem de poder ser realizada quando o proprietário entender e permitir embutir a iluminação, otimizando a sua distribuição, escondendo os fios elétricos. A incorporação de isolamento térmico parece ter mais vantagens que desvantagens, mesmo sendo pago apenas pelo dono da fração.

Quando as coberturas são planas e acessíveis (terraços e varandas), a aplicação de isolamentos pela face superior obrigaria a aumentar a cota exterior, criando um desnível em relação ao interior. Para além disto, seria necessário refazer as pendentes e a impermeabilização. Este facto pode constituir uma desvantagem.

Assim a solução mais simples e prática é intervir pelo interior, aplicando XPS, com teto falso.

Portanto, a solução para lajes de cobertura dos quatro edifícios será a aplicação de teto falso com XPS, para as espessuras referidas na metodologia.

5.2.3 Envoltente opaca – Pavimentos sobre locais não úteis

Outro dos problemas dos edifícios estudados é as perdas pela envoltente interior, ou seja, nos casos em que as frações estão sobre espaços não habitados (espaços comerciais, caves e garagens), ou sobre devão sanitário e não possuem isolamento.

Para fazer face a este problema, poderá colocar-se isolamento no pavimento que separa os espaços. A posição do isolamento, no caso do pavimento também pode variar. Porém, para colocar o isolamento na face superior da laje, é necessário proceder à picagem do pavimento existente, desmontagem de todas as portas, rodapés, loiças sanitárias, caixilharia, caixas de estore e caso exista, a escada, devido à subida da cota do pavimento que seria no mínimo de 14cm (contando com isolamento, regularização e novo revestimento).

Este tipo de intervenção terá um custo bastante elevado, dadas as inúmeras correções que é necessário realizar e iria alterar ligeiramente o aspeto exterior da habitação que deixaria de ser simétrico nos vários pisos, devido à posição mais elevada das caixilharias e caixas de estore. A aplicação de novo piso por cima do existente seria mais gravoso a nível de sobrecargas e subida da cota de pavimento. Os proprietários poderiam não se importar de ficar com portas mais baixas, mas poderiam ter problemas futuros com passagem de móveis e mesmo com pessoas de maior estatura. Mesmo com os novos pavimentos, por exemplo, "Aquafloor", da "Knauf", não seriam uma boa solução, pois não apresentam altura suficiente para as espessuras de isolamento térmico necessário e implicaria realizar todas as correções supra citadas. Com os painéis "Viroc", foram criadas várias soluções, mas a nível de pavimentos, são mais indicadas para construção nova.

Assim, nos casos de estudo em que existe cave, garagem ou espaço comercial, a solução mais simples e de menor custo, visto necessitar de menos mão de obra, passa por colocar isolamento na face inferior do pavimento, ou seja, no teto do referido espaço revestindo-o com placa de gesso cartonado. Também poderia utilizar-se poliuretano projetado, mas levanta-se a questão do controlo de qualidade em relação à espessura da camada e homogeneidade. Na moradia localizada em Nogueira, o pavimento é um pavimento térreo. As hipóteses de isolá-lo, passam por colocar isolamento na face superior o que obriga a todas as correções referidas anteriormente, aplicando camada de isolamento, seguida de regularização com pelo menos 8cm e malha eletrossoldada, assumindo as alterações necessárias. Esta intervenção torna-se bastante dispendiosa, dado o detalhe que os trabalhos implicam.

Em suma, para isolar os pavimentos sobre espaços não úteis, a proposta a estudar será a aplicação de XPS, revestido por gesso cartonado, na face inferior da laje de pavimento. No caso do pavimento térreo e tendo em conta que os proprietários mostraram desagrado face às implicações da proposta, optou-se por não alterar este elemento.

5.2.4 Envolvente opaca – paredes em contacto com zonas não úteis (caixa de escadas, garagem, lavandarias) e edifícios vizinhos

Nos casos de estudo, as perdas relacionadas com paredes que separam edifícios, não são muito significativas. De qualquer modo, por uma questão de melhoria das condições de conforto devem ser isoladas.

Visto que a injeção de poliuretano não deverá ser uma solução muito viável pelos problemas referidos no ponto 5.2.1, a melhor solução é a aplicação de isolamento XPS, revestido por placas de gesso cartonado pelo interior das frações. A figura seguinte mostra a aplicação de uma parede em gesso cartonado (com estrutura de suporte metálica e placas de gesso), com incorporação de isolamento (representado a cor amarela), contra uma parede de betão (cor cinza).

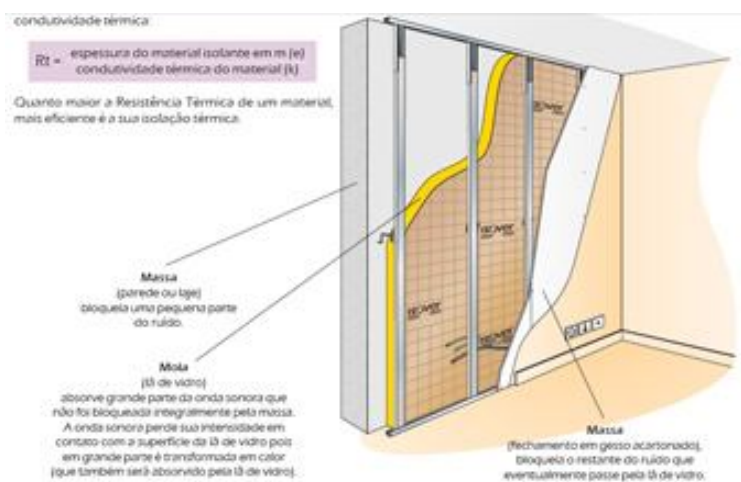


Fig. 69 Aplicação de gesso cartonado com isolamento (dicasdearquitectura, 2010)

Também poderia ser executada outra parede em tijolo pelo interior, mas isso implicaria a redução das áreas interiores, dado que o tijolo tem mais espessura que a placa de gesso e um peso por metro quadrado, superior. O gesso cartonado também tem a vantagem de ser um trabalho mais simples de executar e mais limpo. Em vez dos painéis de gesso, podem ser aplicados painéis “Viroc”, de madeira e cimento “Portland”.

Já em relação às paredes de separação de espaços não úteis como garagem, ou caixas de escadas, o isolamento pode ser feito pelo interior da fração, ou pelo exterior.

No caso de caixas de escadas em edifícios multifamiliares, aplicar o isolamento pelo exterior pode ter vantagens caso se pretenda realizar alguma intervenção para melhorar o aspeto geral da caixa de escadas, mas levantam-se as questões de acordo do condomínio e da redução do espaço de circulação, que muitas vezes já é exíguo. A aplicação do isolamento pelo interior da fração, permite intervir numa só fração, sem envolver o condomínio e melhorar o desempenho da mesma.

Contudo, a diferença que advém da variação da posição do isolamento não é muito significativa, em termos de impacto nas necessidades energéticas.

Quanto às habitações nas quais existem paredes a separar espaços não úteis de espaços úteis, o processo será semelhante aos restantes casos, podendo também variar o material de revestimento. A moradia de Nogueira é bastante penalizada por ter uma área grande de parede em contacto com a garagem, sem ser isolada. Ainda relativamente a esta moradia, constatou-se que na parede em contacto com a garagem, as diferenças na posição do isolamento não são significativas. Porém, uma vez que seria mais fácil aplicá-lo pelo exterior, os custos seriam menores.

Por tudo que o foi referido, a aplicação do isolamento pelo interior da fração no caso de paredes de separação dos vizinhos e no caso das caixas de escadas, é a melhor solução senão mesmo, em certos casos, a única hipótese.

A vantagem desta medida reside essencialmente no aumento do conforto.

5.2.5 Envolvente envidraçada

Nos vãos envidraçados as propostas de melhoria possíveis podem ser realizadas com:

- Colocação de outra janela pelo exterior com vidro simples;
- Substituição da janela por novas em alumínio, PVC ou alumínio e PVC, com vidro duplo corrente ou refletante.

O que se pretende, para os envidraçados, é maximizar os ganhos solares no inverno e reduzi-los no verão. De seguida são esquematizadas três soluções possíveis. Na primeira figura apresenta-se uma caixilharia de

alumínio com corte térmico, na segunda uma caixilharia de PVC e a última representa uma caixilharia dupla. Todas as figuras possuem vidro duplo.



Fig. 70 Caixilharia com corte térmico com vidro duplo (Navarra,2011)



Fig. 71 Caixilhariias em PVC com vidro duplo (Navarra, 2011)

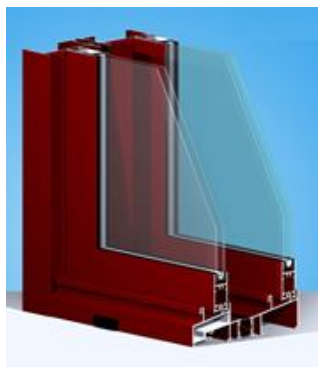


Fig. 72 Aplicação de janela dupla de correr, cada uma com vidro duplo (Navarra, 2011)

Noutros países já é corrente utilizar vidro triplo. Contudo, em Portugal, esta prática ainda não é rentável a nível de custo. O mesmo acontece com o reaproveitamento das caixilhariias, substituindo apenas os vidros. Esta medida só é eficaz quando a caixilharia já está preparada para vidro duplo ou há hipótese de acoplar outro módulo com mais um vidro à janela existente, aparafusando as peças. Quer um sistema, quer outro, são pouco correntes em Portugal pela ausência de mercado e pela mentalidade relativamente à reutilização.

Em relação à proteção dos vãos, segundo a bibliografia consultada, o ideal será pelo exterior do envidraçado e opaca. Estas duas características são as que têm melhor desempenho a nível do RCCTE.

Uma vez que os edifícios estudados cumprem esta premissa, não foi proposta nenhuma alteração a este nível.

As caixas de estores devem ser isoladas com XPS. Estes espaços geralmente são estreitos e não permitem a aplicação de espessuras superiores a 2cm.

No que diz respeito aos envidraçados, a moradia de Nogueira e algumas frações dos edifícios multifamiliares sofreram melhorias nesta envolvente. Na primeira foi aplicada caixilharia em alumínio, com vidro duplo corrente 6mm+6mm, com caixa de ar e nas frações segunda caixilharia pelo exterior da persiana, com vidro simples.

As caixilharias em madeira são evitadas, exceto na moradia localizada em Ferreiros, pela necessidade de manutenções mais frequentes para manter o aspeto das mesmas e pela degradação da qualidade dos trabalhos em madeira que desencadeiam alterações do material, que conduzem a patologias (empenas, fissuras, entre outras). Quando a madeira é de melhor qualidade o preço aumenta consideravelmente. Todavia, a madeira tem bom desempenho térmico e maior possibilidade de reabilitações parciais, ou seja, em caso de dano é mais fácil a remoção e correção da zona afetada, ao contrário do que acontece com as caixilharias de alumínio.

Importa salientar, que a escolha da solução a aplicar merece algum cuidado para se obter o melhor para as duas estações e clarificar que as soluções mais caras e mais recentes poderão não ser as melhores para os edifícios existentes, dadas as condicionantes próprias de cada edifício, tais como a localização, orientação solar e dimensões dos vãos.

Os sistemas de abrir não foram testados, porque quando se encontram abertos ocupam muito espaço nas divisões e no caso das portas ficaria um degrau entre o interior e exterior, devido às cotas atuais e ao consequente aumento de altura das calhas da caixilharia em relação às caixilharias de correr, o que poderia ser propício a quedas. A nível de regulamento, a diferença entre o comportamento térmico do sistema de correr e do sistema de abrir, parece não ter grande impacto no tipo de vãos em análise. De qualquer modo, foi testado em uma ou outra fração de cada edifício e não surtiu grande efeito a nível das perdas e ganhos. Daí não ter prosseguido o estudo nesse sentido. Nos edifícios multifamiliares, se houver intervenção numa fração e para evitar problemas com os condomínios, é sempre preferível adotar sistemas com aspeto semelhante aos existentes, mantendo assim o padrão da fachada.

Por observação de comportamentos, foi possível verificar que os utilizadores dos edifícios em estudo, de um modo geral, fecham as persianas no verão, para evitar a entrada dos raios solares e abrem-nas no inverno para obter o efeito contrário. No primeiro caso, quando o sol se põe, abrem as persianas para ventilar de

modo a tentar arrefecer o ar. (Na maioria dos casos estudados, os moradores são reformados, passando mais tempo em casa e controlando melhor os ciclos solares).

Em relação aos vidros, quanto maior a proteção aos raios solares, melhor será o desempenho para a estação do verão e pior será para o inverno, pois irá afetar os ganhos solares pelo envidraçado, aumentando assim as necessidades de aquecimento (Nic).

A adoção de medidas passivas para aumentar os ganhos, como a criação de marquises pode levar a sobreaquecimento no verão, por falta de sombreamento. A questão dos sombreamentos, nem sempre é fácil pelas questões estéticas, na medida em que a aplicação de algo, como toldos e telas para além das persianas, pode criar impacto visual. Os casos mais complexos neste sentido são os edifícios multifamiliares, dada a necessidade de autorização do condomínio. A aplicação de árvores de folha caduca pode não ser eficaz, dada a altura necessária para abranger todos os pisos.

Por tudo o que foi referido as propostas de melhoria serão:

- Segunda caixilharia com vidro simples;
- Substituição da caixilharia por novas com corte térmico ou PVC, com vidro duplo corrente;
- Substituição da caixilharia por novas com corte térmico ou PVC, com vidro duplo refletante;

5.2.6 Renovação de ar

Os edifícios em estudo possuem ventilação natural e apresentam perdas energéticas decorrentes da renovação de ar. Este facto deve-se, ao pé-direito elevado, a deficiências na calafetagem de portas e janelas e ao estado de conservação das caixilharias. A existência de caixa de estores não isolada, com persiana exterior, também afeta este valor.

Poderia pensar-se que a colocação de ventilação mecânica poderia resolver a questão, mas levanta outros problemas. Nenhum dos edifícios está preparado para este tipo de sistema, o que obrigaria a despende uma quantia considerável neste tipo de trabalho e implicaria grandes tempos de retorno. Para edifícios habitacionais parece um pouco desnecessário, uma vez que existe ventilação natural. Nos edifícios multifamiliares a situação complica-se ainda mais, pois existem poucos locais para colocar as máquinas e para passar tubagens, sem criar grande impacto visual. A energia utilizada por estes sistemas iria contribuir para o aumento da fatura de eletricidade.

Assim, em alguns dos casos, a aplicação de segunda caixilharia pode também contribuir para a redução deste género de perdas.

No que toca ao pé-direito elevado, a aplicação de teto falso, favorece a redução destas perdas. No caso dos edifícios multifamiliares, entre frações, não é necessário aplicar isolamento térmico. Porém, pode ser vantajoso incorporar teto falso, com isolamento acústico. Assim, existem pelo menos dois bons argumentos para proceder a esta intervenção: a redução das perdas por renovação de ar e a possibilidade de melhorar o conforto acústico.

Nas moradias unifamiliares, estes dois argumentos também podem ser importantes.

É sempre aconselhável calafetar portas e janelas e realizar manutenções às mesmas, para que funcionem corretamente e tenham o mínimo de perdas possíveis.

A este nível, para os quatro edifícios, mantém-se a ventilação natural. Nas frações onde for aplicado teto falso e caixilharias de melhor qualidade, este valor sairá beneficiado.

5.2.7 Preparação de águas quentes sanitárias

A preparação de águas quentes sanitárias tem bastante peso nas questões da eficiência energética. Os sistemas de preparação de águas quentes podem ser: um simples esquentador a gás, caldeira a gasóleo ou gás, ou termoacumuladores elétricos (cilindro) ou a gás. Mais atualmente difundiram-se os sistemas solares e bombas de calor. As figuras seguintes mostram os sistemas mais simples.



Fig. 73 Esquentador (Vulcano, 2011)



Fig. 74 Caldeira (Vulcano, 2011)



Fig. 75 Termoacumulador (Junkers, 2011)

Os melhores qualificados, em termos de RCCTE, são os sistemas com componente renovável, como é o caso das bombas de calor e sistemas solares, esquematizados nas figuras 76 e 77.



Fig. 76 Bomba de calor (Zantia, 2010)



Fig. 77 Sistema solar (Vizelclima, 2008)

Na realidade, nem todos os edifícios têm características que permitem instalar um sistema solar que satisfaça as necessidades de água quente de todo o edifício. Este problema acentua-se nos edifícios multifamiliares, onde há várias frações e com a previsão do RCCTE de 1m²/pessoa, a área de cobertura com orientação favorável para captar a energia solar pode não ser suficiente, para satisfazer as necessidades de todas as frações. Para além disto, nas frações mais distantes da cobertura, o facto de as tubagens não terem isolamento pode levar a grandes perdas e pouca eficiência do sistema, face ao seu custo. Por vezes, em edifícios com muitas frações, atribui-se a componente solar a algumas e aumentam o valor comercial das mesmas. Já existe a possibilidade de aplicar os painéis nas fachadas, como se constata nas figuras

seguintes, mas é importante a intervenção de um arquiteto, para não alterar em demasia o aspeto exterior do edifício.



Fig. 78 Aplicação de painéis solares nas fachadas (Greentime, Oglobo, 2010)



Fig. 79 Aplicação de painéis solares nas fachadas (Greentime, Oglobo, 2010)

O local para a colocação do reservatório pode constituir um problema, principalmente nas coberturas com vertentes mais inclinadas. A colocação do mesmo ao nível do solo pode não ser a melhor solução, pela questão das perdas no circuito das tubagens e pela falta de espaço. Os sistemas individuais padecem das mesmas condicionantes.

A colocação de sistemas de captação central, com reservatórios individuais, poderia ser uma solução. No entanto, tal implicaria emendas nas tubagens e a criação de um espaço para colocação do reservatório dentro das frações, que para uma capacidade acima dos 100L, já requer algum espaço.

Muitas vezes os sistemas auxiliares não estão adaptados aos sistemas solares, obrigando à sua substituição, para incorporação dos sistemas solares.

Existem atualmente vários sistemas, de várias marcas, tal como foi referido no primeiro parágrafo. Porém, o mais importante em termos de eficiência é a potência nominal. Quanto maior for este valor e quanto mais isolado estiver, melhor será o desempenho.

Esta questão do isolamento dos termoacumuladores e caldeiras levanta algumas questões. Numa pesquisa sobre alguns modelos de mercado, o isolamento normalmente previsto é de 40mm. O regulamento tem as

eficiências melhores para os que apresentam isolamento superior a 100mm. Esta espessura em teoria é ideal, no entanto, isto não se verifica na prática principalmente pelos custos que acarreta.

Portanto, convém consultar os dados técnicos dos aparelhos antes de os adquirir, ou obter informações junto de um técnico especializado.

As bombas de calor têm ganho grande notoriedade, graças ao seu bom desempenho. Existe muita publicidade, mas em certos casos os resultados são influenciados pelas tarifas bi-horárias, pois uma parte do sistema das bombas de calor (cerca de 20% variando consoante o modelo) é elétrico.

A colocação de bomba de calor para AQS ou/e climatização, implica a colocação de um módulo exterior que capta o ar exterior e um módulo interior, o qual consoante o modelo também pode ser exterior, que acumula a água. O funcionamento é por permuta de temperatura do ambiente. Com o aproveitamento de algo que não é pago, é possível obter boas poupanças, embora haja sempre uma parte que é cobrada que é a percentagem de energia da rede elétrica, necessária ao funcionamento do sistema. Mais recentemente, surgiram bombas de calor exclusivas para AQS. Estas requerem uma distância de obstáculos de pelo menos 60cm para cada lado e tubagens de água quente e fria, no local. Para além disto, não é recomendada a instalação em cozinhas, pois contêm gorduras que podem danificar o equipamento. A entrada de ar da bomba deve ser a mais direta possível.

As bombas de calor também podem ser usadas para aquecimento de piscinas.

Para além disto, pode recorrer-se a fontes de energia alternativas, como eólica, fotovoltaica, e mini-hídrica.

A eólica para ter rentabilidade tem que ter alguma dimensão. Este facto em meio urbano é um pouco problemático, dada a falta de espaço. O custo também seria um fator a pesar na decisão.

O mesmo se passa com a mini-hídrica. Este sistema está mais ligado à presença de água que corre por gravidade. Em meio urbano é difícil encontrar habitações que disponham deste tipo de recurso. Relativamente à fotovoltaica, segundo a literatura disponível, em Portugal os custos de montagem destes sistemas são ainda elevados face à rentabilidade do mesmo. A rentabilidade destes sistemas à semelhança dos solares, depende da orientação dos painéis e da respetiva exposição à luz solar. Muitas vezes, a inclinação e orientação dos telhados não permite obter máxima rentabilidade e como tal, há a opção de colocar numa estrutura à parte, conforme a imagem da figura seguinte. Esta hipótese coloca-se mais nos meios rurais e periferia dos centros urbanos, pois há menos obstáculos e mais espaço, uma vez que para produzir 1 kW de potência são necessários, aproximadamente, 7m² de painéis.



Fig. 80 Aplicação de painéis foto voltaicos em suporte independente

Nos edifícios em estudo, os sistemas de preparação de AQS, são essencialmente esquentadores a gás butano à exceção de um que possui um cilindro.

Quanto ao tipo de combustível utilizado, segundo os proprietários dos edifícios em estudo, a opção de não instalar o gás natural, deveu-se aos aumentos de preço do petróleo que influencia e faz aumentar o preço do gás natural.

Nos edifícios multifamiliares não foi possível averiguar se é mesmo possível aplicar uma bomba de calor e painéis solares. Os fornecedores informaram que só com a deslocação de um técnico especializado na aplicação destes sistemas, seria possível verificar a possibilidade de aplicação dos mesmos. Como se trata de um exercício com grande componente teórica, não houve disponibilidade de nenhum técnico para ir aos locais verificar esta possibilidade. De qualquer modo, levantaram também a questão da vibração da bomba, que pode criar desconforto acústico. Em edifícios que não acautelem a vertente acústica pode ser uma desvantagem.

Perante isto, serão analisadas propostas de melhoria compostas por:

- Termoacumuladores elétricos e a gás com espessuras de isolamento de pelo menos 50mm ou 100mm;
- Caldeiras com isolamento de pelo menos 50mm ou 100mm de isolamento;
- Sistema solar auxiliado pelos sistemas referidos;
- Bomba de calor.

Também será testado o efeito do sistema solar com os sistemas auxiliares de preparação de AQS, supra citados.

5.2.8 Sistemas de aquecimento

Nos edifícios analisados, só as moradias possuem pré-instalação de aquecimento para radiadores. No entanto, já tem alguns anos e como tal, para os colocar em funcionamento seria necessário rever toda a instalação, ou mesmo substituí-la e adaptá-la ao novo sistema.

O novo sistema poderia passar pela colocação de bomba de calor com ventilo-convectores ou ar condicionado centralizado ou com cassetes, com sistema inverter. O esquema seguinte mostra a instalação de uma bomba de calor para este fim com acumulador para preparação de AQS.

Bomba de Calor Toronto PLUS: Climatização (CALOR + FRIO) +AQS

Exemplo: esquema hidráulico simplificado

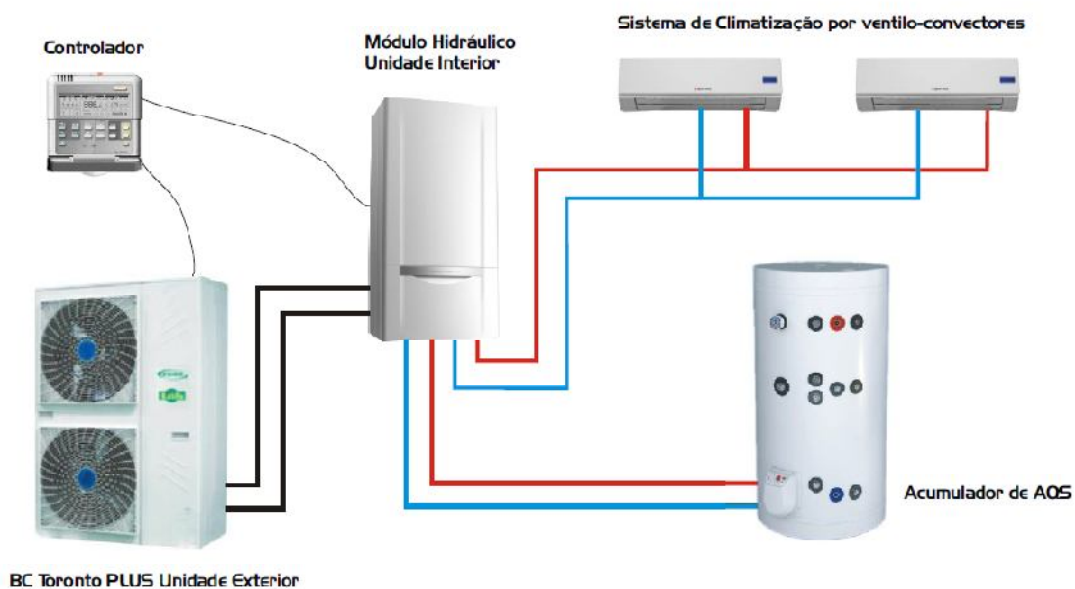


Fig. 81 Esquema de funcionamento de bomba de calor para climatização (Zantia, 2010)

Para utilizar o antigo sistema, este poderia ser ligado a uma caldeira a gásóleo, ou gás natural e simultaneamente a um sistema solar.

Qualquer dos sistemas obrigaria a um investimento inicial avultado, o que com os padrões de consumo adotados pelos utilizadores poderia ter um período de retorno mais longo.

Nos edifícios multifamiliares não existe pré-instalação para climatização. A preparação destes edifícios para esse efeito obrigaria a um investimento avultado em obras, como se constata no esquema seguinte, com a criação de condutas, colocação de tubagens, pavimentos radiantes e colocação de máquinas. Para além de que, a informação de projeto é escassa não tendo, a localização das coretes para passagem de tubagens, dificultando os trabalhos da instalação.



Exemplo de uma aplicação no inverno e no verão, utilizando piso radiante e ventiloconvectores.

Fig. 82 Esquema de instalação de bomba de calor em edifícios multifamiliares (Zantia, 2010)

Uma vez que os moradores não se encaixam no perfil de consumidores com hábitos de climatização, a inclusão deste tipo de sistemas, não constitui uma prioridade. A aplicação de uma bomba de calor ligada a pavimento radiante, seria o ideal, pois tem uma eficiência elevada. Contudo, tem a desvantagem de obrigar a intervenções nos pavimentos, aumentando a cota de soleira e levando às correções referidas anteriormente, à semelhança da aplicação dos isolamentos pela parte superior das lajes.

A aplicação de máquinas de ar condicionado, nos locais pretendidos, com classe A ou A+ tem pior desempenho comparando com a bomba de calor, mas dado o pouco uso e baixo custo em obras, poderia ser uma hipótese, após isolar as envolventes para minimizar os desperdícios.

Nas tabelas seguintes é feito um apanhado das propostas de melhoria que serão analisadas, para os quatro edifícios.

Tabela 11 Resumo das propostas de melhoria a analisar nos quatro edifícios, na envolvente opaca

Elemento	Proposta de reabilitação energética
Envolvente opaca	
Parede exterior	1 - ETICS
	2 – Fachada ventilada
	3 - XPS revestido por placa de gesso cartonado
Parede que separa espaço útil de não útil (caixa de escadas, caixa de elevador, garagem)	XPS revestido por placa de gesso cartonado
Parede que separa edifício vizinho	XPS revestido por placa de gesso cartonado
Pavimento sobre espaços não úteis	Teto falso com XPS
Coberturas	Teto falso com XPS
Caixa de estores	Placa de XPS

Tabela 12 Resumo das propostas de melhoria a analisar nos quatro edifícios, na envolvente envidraçada

Envolvente envidraçada	Proposta de reabilitação energética
Caixilharias	1 - Segunda caixilharia pelo exterior com vidro simples
	2 - Caixilharia de alumínio com corte térmico e vidro duplo
	3 - Caixilharia de PVC com vidro duplo
Vidros	1 - Simples corrente (para segunda caixilharia)
	2 - Duplo corrente
	3 - Duplo refletante

Tabela 13 Resumo das propostas de melhoria a analisar nos quatro edifícios, para preparação de AQS e climatização

Sistemas de preparação de AQS	Proposta de reabilitação energética
	1 - Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 100mm de isolamento
	2 - Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 50mm de isolamento
	3 - Caldeira com pelo menos 100mm de espessura de isolamento
	4 - Caldeira com pelo menos 50mm de espessura de isolamento
	5 - Sistema solar com sistema auxiliar composto por soluções 1,2,3,4
	6 - Bomba de calor
Sistemas de climatização	1 - Ar condicionado com sistema inverter
	2 - Bomba de calor, com ventilo-convectores

CAPÍTULO 6. Análise custo/benefício



(Glocafaro)

6.1 Introdução

Neste capítulo, será feita a análise energética e relação custo/benefício das medidas que mais se adequam aos casos em estudo selecionados. As medidas que foram testadas encontram-se resumidas nas tabelas finais do capítulo anterior.

Os custos dependem do trabalho envolvido e dos materiais utilizados. Os valores que serão utilizados no cálculo da relação custo/benefício são valores médios praticados por uma empresa de construção civil com sede na cidade de Braga, ou com base em preços de fornecedores, sendo apresentados nas tabelas que se seguem.

Tabela 14 Preços para execução das medidas de melhoria por metro quadrado.

Preços unitários	4cm (€/m ²)	6cm (€/m ²)	8cm (€/m ²)
Sistema ETICS	30	33	36
Fachada ventilada	90	100	110
Gesso cartonado	30	32	34
Tetos falsos	21	23	25

Tabela 15 Preços das caixilharias, incluindo vidro por metro quadrado

Caixilharias	(€/m ²)
Alumínio com vidro simples	100
Alumínio corte térmico com vidro duplo corrente	185
Alumínio corte térmico com vidro duplo refletante	200
PVC com vidro duplo corrente	230
PVC com vidro duplo refletante	260

Tabela 16 Preços para sistemas de preparação de AQS

Sistemas de AQS	(€)
Termoacumulador 100mm	1600
Termoacumulador. 50mm	950
Termoacumulador. Gás 100mm	1600
Termoacumulador. Gás 50mm	1200
Caldeira 100mm	1300
Caldeira 50mm	950
Bomba de calor AQS COP3	2588,8

Em relação às bombas de calor e aos painéis solares, a possibilidade de instalação dos mesmos nas diversas frações, é dúbia. No entanto, foi testado o seu efeito.

Apesar das medidas anunciadas em março deste ano de 2011, para dinamização do mercado da reabilitação urbana, nas análises de custo/benefício não foi contabilizada qualquer medida de apoio do estado. Isto deve-se ao desconhecimento do escalão de IRS dos proprietários e receio da eliminação destes apoios nos próximos anos, dada a presente situação financeira e todos os pacotes de medidas para cortes a todos os níveis, impostos pela Troika. Assim os valores apresentados são suportados na globalidade pelo proprietário, que parece ser o cenário mais provável para os próximos anos, tanto mais que algumas das medidas propostas em março, só têm validade até 2014.

Para estudar o efeito combinado das propostas, a nível da envolvente opaca e explicado na metodologia, foram estabelecidos níveis de melhoria, conforme as espessuras indicadas na tabela seguinte.

Tabela 17 Níveis de melhoria, consoante espessura dos isolamentos aplicados nas várias zonas da envolvente.

Níveis	Espessura do isolamento (cm)
N1	4cm
N2	6cm
N3	8cm

A classificação energética resulta da relação entre as necessidades totais máximas de energia e as necessidades totais nominais de energia para cada conjunto de propostas e para cada fração. As classes variam entre F e A+, sendo A+ a melhor.

Para clarificar a leitura deste capítulo, o mesmo está dividido em quatro subcapítulos. Os principais são 6.2 e 6.3 onde é analisado o impacto das propostas de melhoria a nível energético e em termos de custo/benefício, para edifícios unifamiliares e multifamiliares, respetivamente. Estas análises servem de base a toda a experimentação para concretização dos objetivos desta dissertação.

6.2 Edifícios unifamiliares

6.2.1 Análise de impacto a nível energético

6.2.1.1 Moradia de Ferreiros

Na moradia de Ferreiros, tipologia T4, a nível da envolvente opaca foram testadas as seguintes propostas:

- Aplicação do sistema ETICS, com as espessuras de 4, 6 e 8 cm;
- Fachada ventilada com XPS, revestida por granito de dois centímetros de espessura;

- Aplicação de gesso cartonado com isolamento pelo interior das fachadas;
- Aplicação de isolamento na parede com o edifício vizinho;
- Tetos falsos para a laje de esteira e para a cobertura em terraço;
- Aplicação de XPS na face inferior da laje de pavimento. (Esta medida também foi aplicada no pavimento exterior);
- Aplicação de isolamento na caixa de estores.

Para além do que foi referido no capítulo anterior, a proposta da fachada ventilada com revestimento em granito é mais tradicional, mas dada a faixa etária dos proprietários, é provavelmente a que apresenta maior recetividade. Os outros materiais seriam mais indicados caso se pretendesse modernizar o aspeto da habitação, o que parece não ser do interesse dos proprietários.

A nível da envolvente envidraçada as propostas foram:

- Segunda caixilharia pelo exterior da persiana com vidro simples;
- Substituição da caixilharia por outra, em alumínio com vidro corrente e também em alternativa com vidro refletante;
- Substituição da caixilharia por outra, em PVC com vidro corrente e também em alternativa com vidro refletante.

Nos sistemas de preparação de AQS, foram testados todos os sistemas referidos na tabela resumo do capítulo 5. Isto é:

- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 100mm de isolamento;
- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 50mm de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 100mm de espessura de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 50mm de espessura de isolamento;
- Sistema solar com sistema auxiliar composto por soluções supra citadas;
- Bomba de calor com COP3.

Como neste edifício parece haver alguma vontade de instalar um sistema de climatização, foram analisadas duas hipóteses:

- Bomba de calor com ventilo-convectores (com eficiência 2,60 para aquecimento e 4,10 para arrefecimento)
- Ar condicionado (com eficiência para aquecimento de 4,86 e para arrefecimento 4,35).

O estudo do impacto individual das propostas de melhoria, neste edifício, mostrou que os desempenhos são melhores, para espessuras de isolamento maior (8cm). Os valores são resumidos nas figuras seguintes, através dos valores das necessidades nominais de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS (Nic, Nvc e Nac), correspondentes.

Na primeira figura a primeira barra é a situação inicial e cada conjunto de três barras representa uma proposta de melhoria. Cada barra, de cada conjunto, corresponde a uma espessura de isolamento de 4cm, 6cm e 8cm, respetivamente.

Para cada elemento da envolvente as propostas de melhoria que contemplam isolamento de 4cm, já resultam na redução das Nic. Esta redução aumenta em proporção com a espessura.

Em relação às necessidades de arrefecimento estas variam de forma inversa às Nic. Ou seja, quanto maior a espessura do isolamento, maior é o valor das Nvc, apesar do intervalo de variação ser muito diferente do apresentado para as Nic.

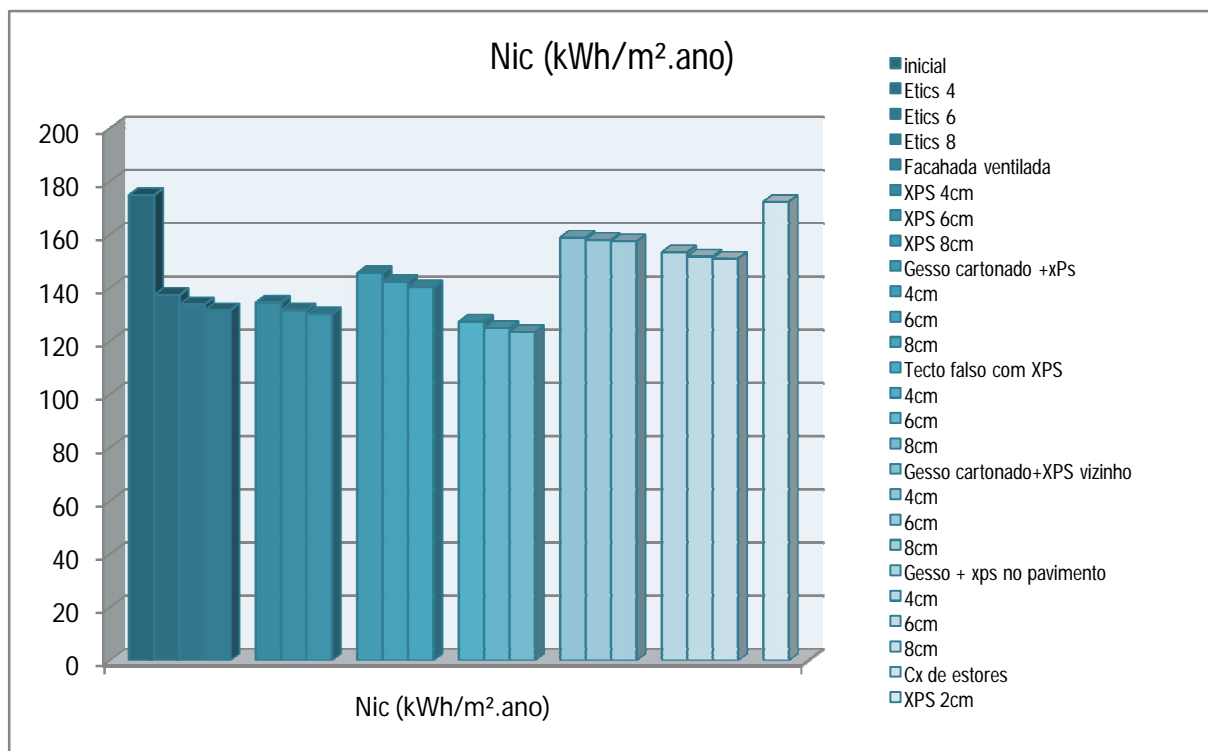


Fig 83 Necessidades nominais e aquecimento com as propostas de melhoria da envolvente opaca, variando a espessura do isolamento em cada proposta.

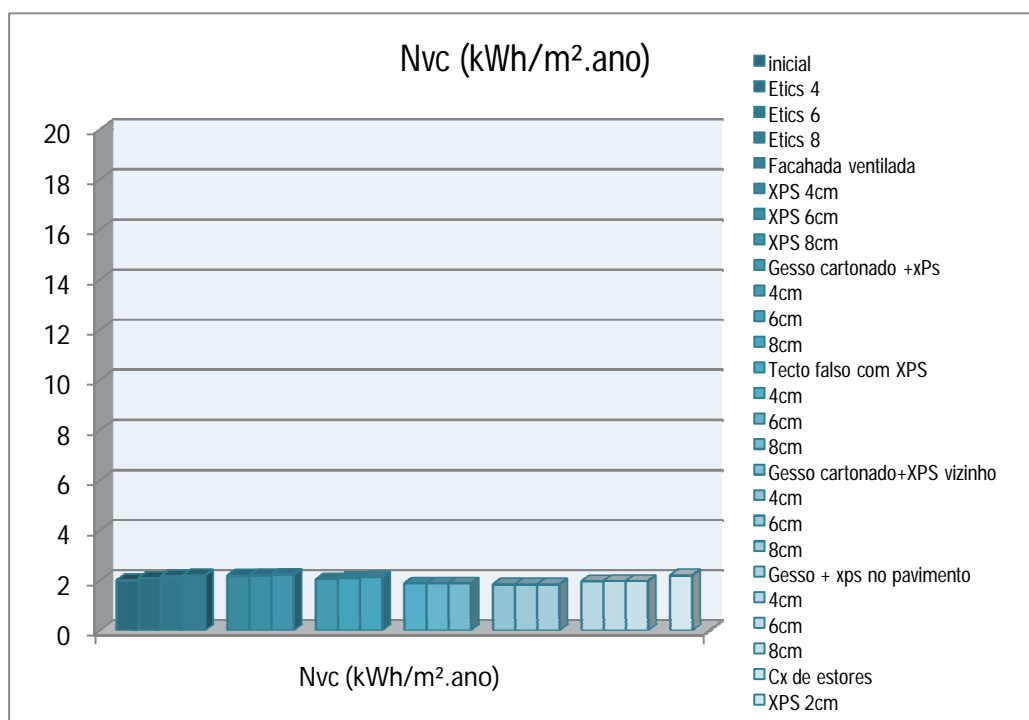


Fig. 84 Necessidades nominais de arrefecimento para as propostas de melhoria da envolvente opaca, variando a espessura do isolamento em cada proposta.

As Nac, nesta fase mantêm o seu valor inicial de 61,15 kwh/m².ano, pois ainda não foi analisada nenhuma proposta neste sentido.

As propostas de melhoria em análise implicam a redução essencialmente nas Nic. Os valores das necessidades de arrefecimento sofrem algumas alterações, mas estas são menos notórias.

De seguida são sistematizadas as percentagens de redução das Nic para cada proposta de melhoria, conforme a espessura do isolamento. Estas são obtidas pela redução das Nic com a proposta de melhoria, face às Nic iniciais.

Tabela 18 Percentagem de redução das Nic, consoante a proposta de melhoria e as espessuras do isolamento

Percentagem de redução das necessidades de aquecimento/espessura (%)	Etics	Fachada ventilada	Gesso cartonado +xPs	Tecto falso com XPS	Gesso cartonado com XPS separação de edifício vizinho	Gesso cartonado e XPS na laje de pavimento	XPS na caixa de estores
2cm	—	—	—	—	—	—	1,45
4cm	21,44	23,07	16,74	27,22	9,10	12,27	—
6cm	23,44	24,70	18,56	28,56	9,64	13,18	—
8cm	24,70	25,61	19,82	29,42	9,93	13,64	—

Os valores dos respetivos Nic, Nvc e Nac podem ser consultados nas tabelas em anexo.

Em relação aos envidraçados, através dos impactos nas Nic e Nvc das propostas de melhoria referidas, conclui-se que a medida que permite reduzir mais as Nic é aplicação de caixilharias em PVC, com vidro duplo corrente. As figuras seguintes mostram os resultados das cinco propostas.

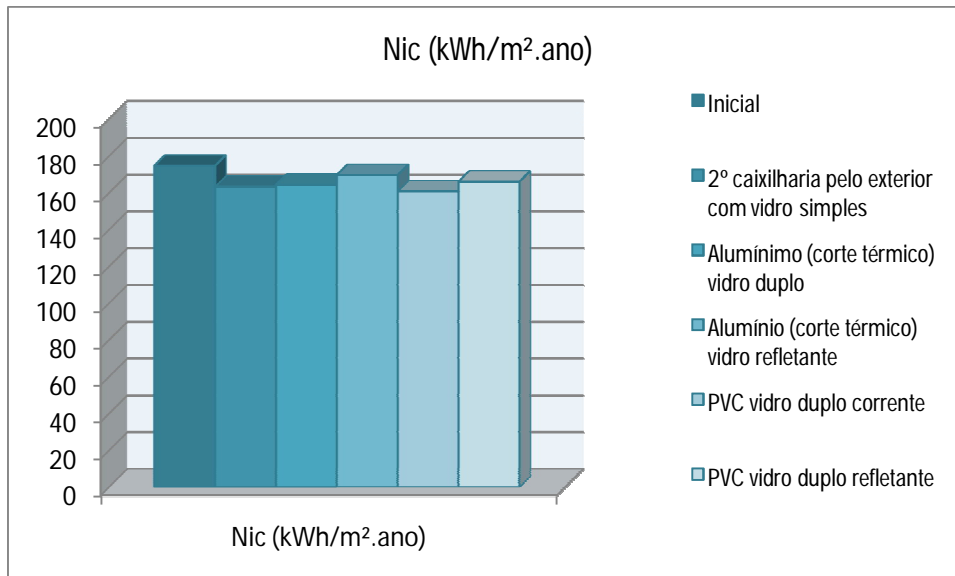


Fig.85 Necessidades nominais de aquecimento (Nic) para as propostas de melhoria na envolvente envidraçada

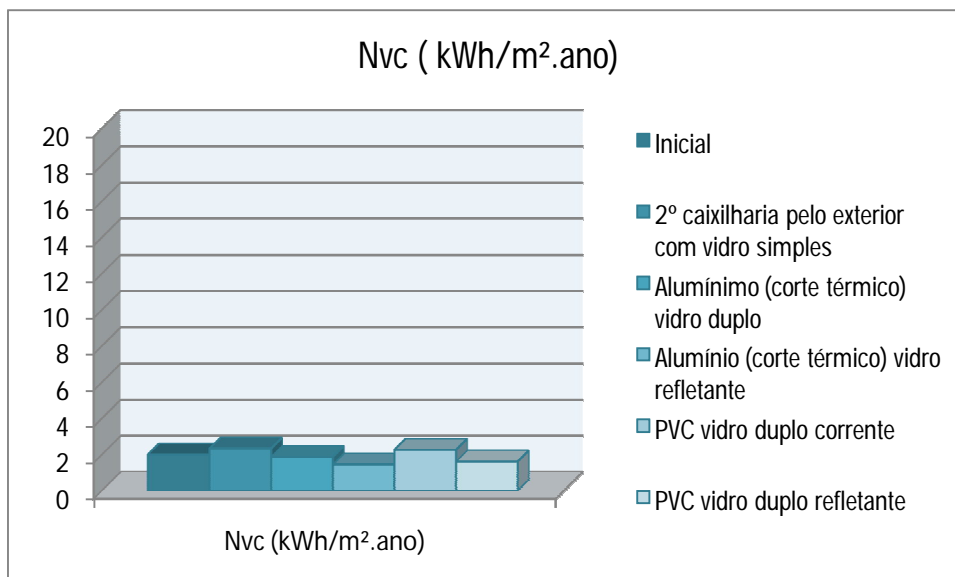


Fig.86 Necessidades nominais de arrefecimento (Nvc) para as propostas de melhoria na envolvente envidraçada

A aplicação de segunda caixilharia pelo exterior, com vidro simples é a segunda proposta mais eficiente. No caso deste edifício, as intervenções nas caixilharias proporcionam, no máximo, melhorias na ordem dos 7,9% nas necessidades de aquecimento (Nic).

As necessidades de arrefecimento são menores para a aplicação de caixilharia em alumínio com corte térmico e vidro duplo refletante, que é precisamente a solução que menos reduz as Nic.

A nível das propostas de melhoria para AQS, a mais eficiente é a bomba de calor, seguida do sistema solar com equipamento de apoio composto por termoacumulador com isolamento de pelo menos 10mm de espessura. O impacto nas necessidades energéticas para preparação de águas quentes sanitárias, das várias propostas de melhoria, é apresentado na figura seguinte. Neste caso, como só são analisadas propostas que afetam as Nac, as Nic e Nvc mantêm os valores iniciais.

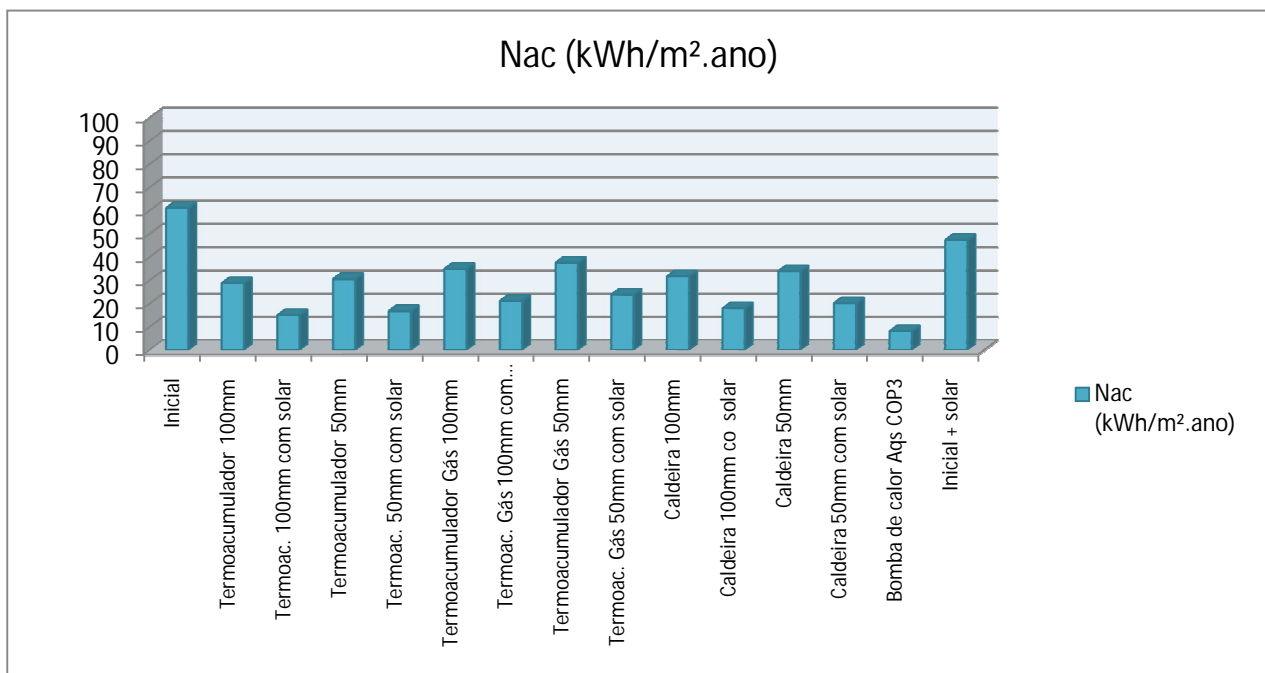


Fig. 87 Impacto das medidas de melhoria nos sistemas de preparação de águas quentes

As reduções nas necessidades energéticas para preparação de AQS, podem chegar aos 86% com bomba de calor, aos 70% com sistema solar auxiliado por outro sistema adicional como o termoacumulador supra citado e apenas 22%, se for aplicado um sistema solar mantendo o sistema de preparação de AQS inicial.

Fazendo uma intervenção apenas a nível de envolventes para os níveis de isolamento indicados no início do capítulo 6 nas várias zonas da envolvente opaca, é possível verificar o impacto conjunto das medidas propostas, que até aqui foram analisadas individualmente. Esta análise engloba:

- Aplicação de isolamentos com 4cm nas fachadas, nas coberturas, no pavimento e na parede em contacto com o edifício vizinho.
- Idem com 6cm;
- Idem com 8cm.

A escolha de ETICS em vez da fachada ventilada tem a haver com o facto de o primeiro ter um custo inferior e ter um aspeto semelhante ao revestimento existente.

Os resultados, do impacto deste conjunto de propostas, permitem concluir que o terceiro nível de isolamento(8cm), continua a ser o que conduz a maiores reduções do Nic. As necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento são resumidas na figura seguinte. A figura também contém indicação das necessidades máximas para os mesmos parâmetros (Ni e Nv).

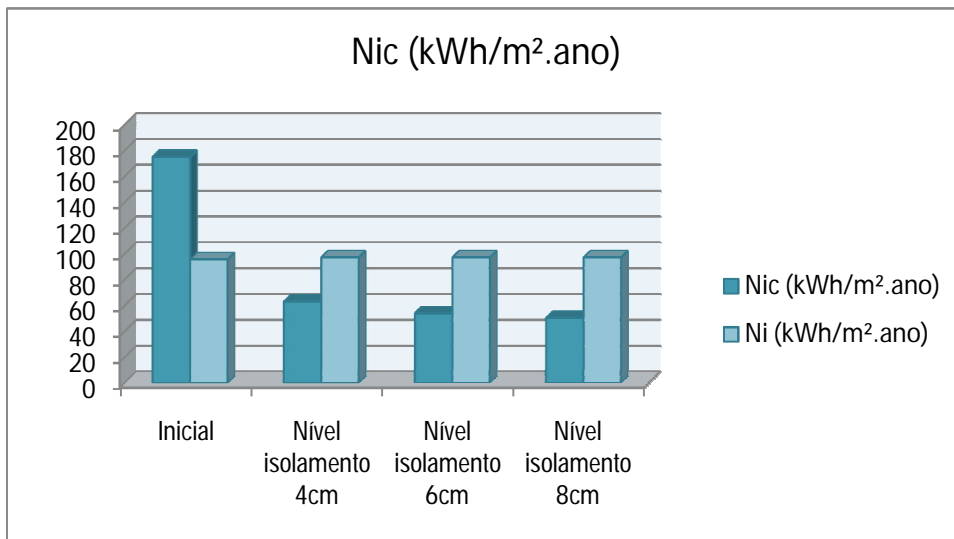


Fig. 88 Impacto das medidas nas Nic consoante a espessura do isolamento nas várias zonas da envolvente opaca

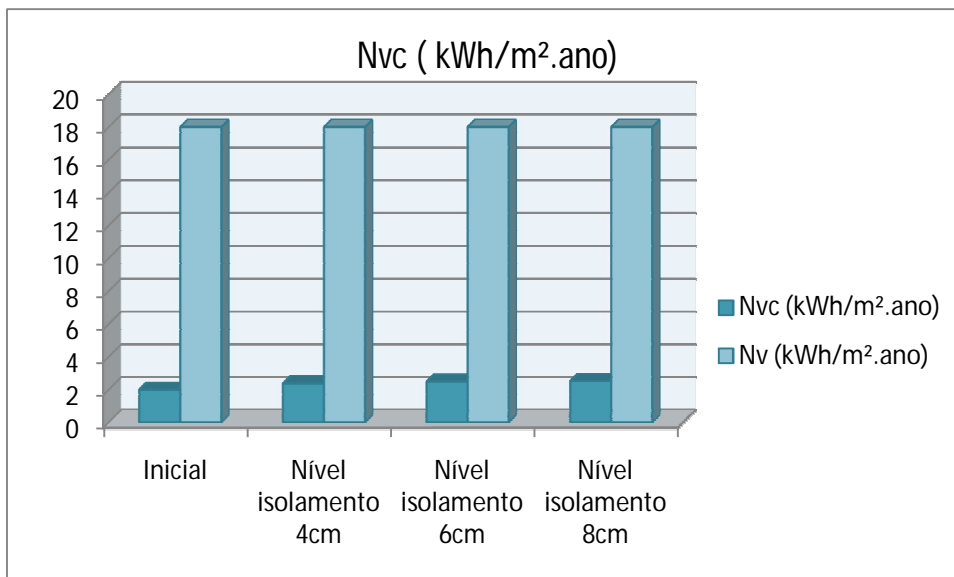


Fig. 89 Impacto das medidas nas Nvc consoante a espessura do isolamento nas várias zonas da envolvente opaca

Com estes valores verifica-se que há uma redução significativa nas necessidades energéticas de aquecimento (Nic), face à situação inicial. A nível das necessidades de arrefecimento (Nvc) o efeito é menos notório e a espessura que mais afeta as mesmas é de 4cm. Mais uma vez as Nvc, funcionam de forma contrária às Nic.

Nos três níveis a classe energética passa de classe D para C. Segundo o regulamento a classe mínima para edifícios novos é B-. Para melhorar a classe, é necessário incorporar um sistema mais eficiente de preparação de AQS e é conveniente melhorar as caixilharias.

Nesta fase, as propostas a ser analisadas em conjunto com as anteriores, são:

- Aplicação de segunda caixilharia;
- Aplicação de bomba de calor ou um termoacumulador com isolamento de pelo menos 100mm de espessura.

A escolha da segunda caixilharia, em vez da caixilharia de PVC, prende-se com o facto de evitar o desperdício da existente (sendo à partida mais sustentável) e ser a segunda medida mais eficaz em termos de redução das Nic. Em relação aos sistemas de preparação de AQS, a bomba de calor foi escolhida por ser o sistema mais eficiente, dos sistemas com componente renovável e o termoacumulador por ser o mais eficiente, em termos energéticos, dos sistemas sem componente renovável. Assim é possível verificar os impactos das duas possibilidades. Os valores destas análises constam nas figuras seguintes:

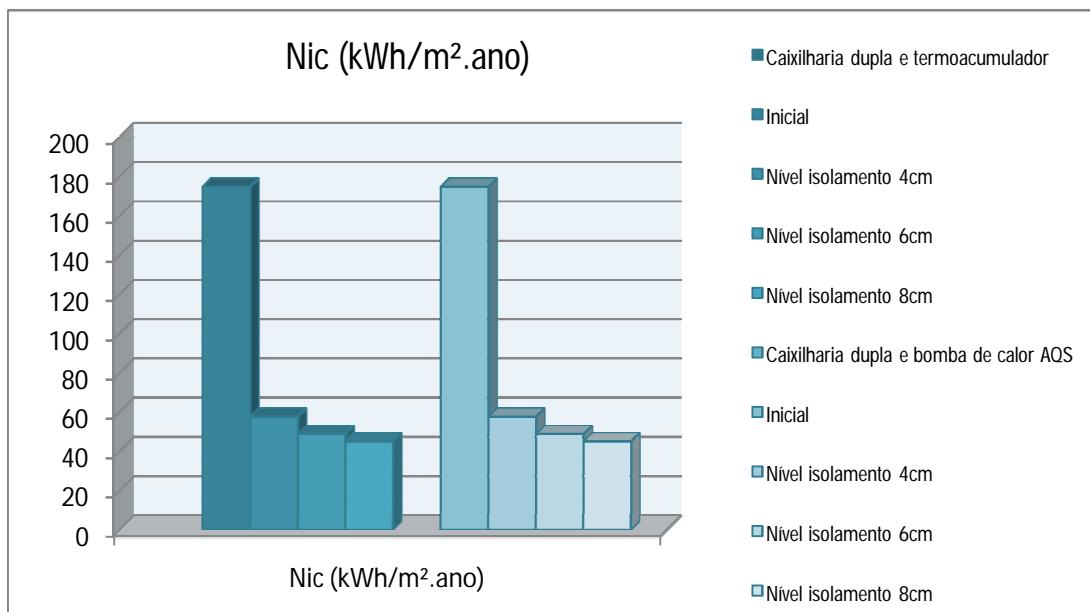


Fig.90 Nic para os três níveis de isolamento, com melhoria de envoltente envidraçada e sistema de preparação de AQS

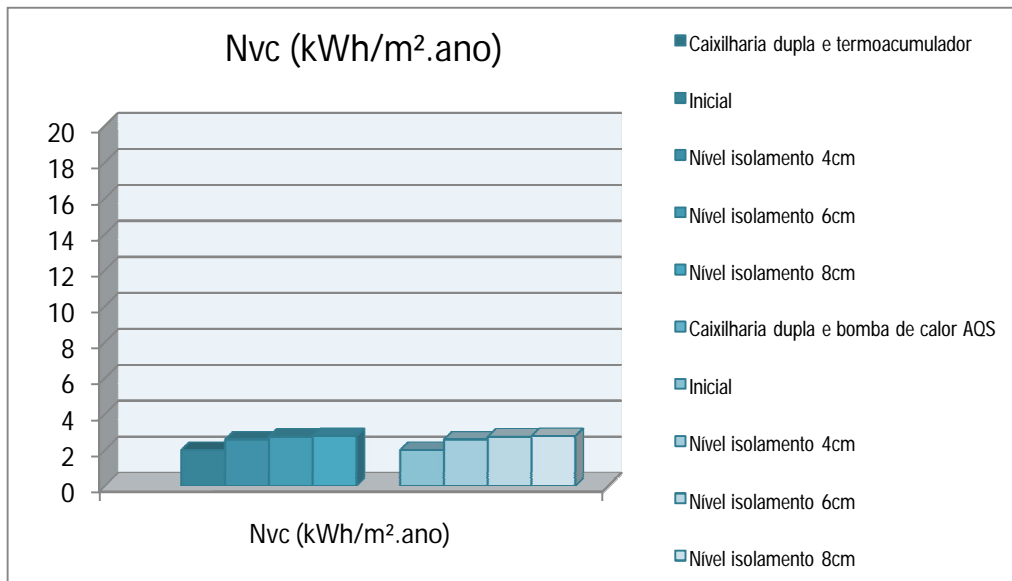


Fig.91 Nvc para os três níveis de isolamento, com melhoria de envoltente envidraçada e sistema de preparação de AQS

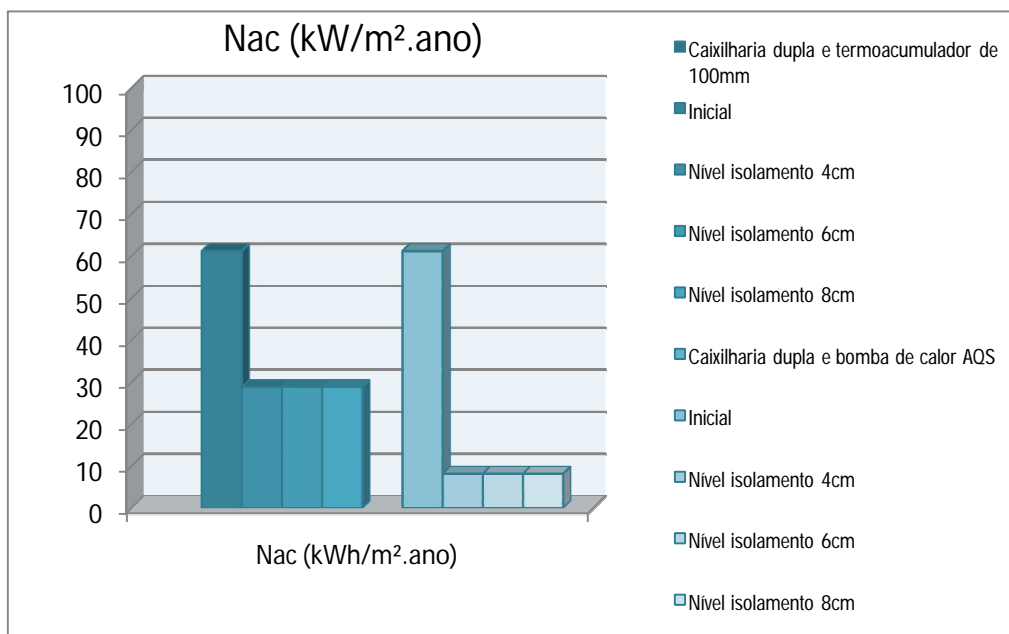


Fig.92 Nac para os três níveis de isolamento, com melhoria de envoltente envidraçada e sistema de preparação de AQS

O impacto nas Nic e Nvc mantém a tendência de melhor desempenho para as espessuras de 8cm e as Nvc apresentam menores reduções precisamente para estas espessuras. No caso dos dois sistemas testados, o melhor em termos energéticos continua a ser a bomba de calor.

Se os proprietários pretenderem incorporar um sistema de climatização, para melhoria das condições de conforto, para além dos pacotes de medidas referidos, pode ser incorporada uma bomba de calor para climatização e que também produz AQS ou um sistema de ar condicionado com preparação de AQS através de um termoacumulador com isolamento de pelo menos 100mm de espessura. Estas soluções são as que

implicam menores intervenções no edifício, uma vez que a instalação pode ficar à vista ou envolvida por calhas pintadas à cor da parede. Em última instância pode haver possibilidade de incorporar as tubagem no teto falso ou em paredes de gesso cartonado. No entanto, a análise seguinte considera que a instalação é exterior à parede e com calhas em PVC.

O melhor resultado é a bomba de calor devido ao impacto positivo nas Nac, conforme se pode verificar nas figuras seguintes, onde são indicadas as necessidades nominais de energia para as duas hipóteses. Nas figuras, o primeiro grupo de barras do gráfico representa a bomba de calor e o segundo a situação do ar condicionado. As três barras, de cada grupo, representam os três níveis de isolamento.

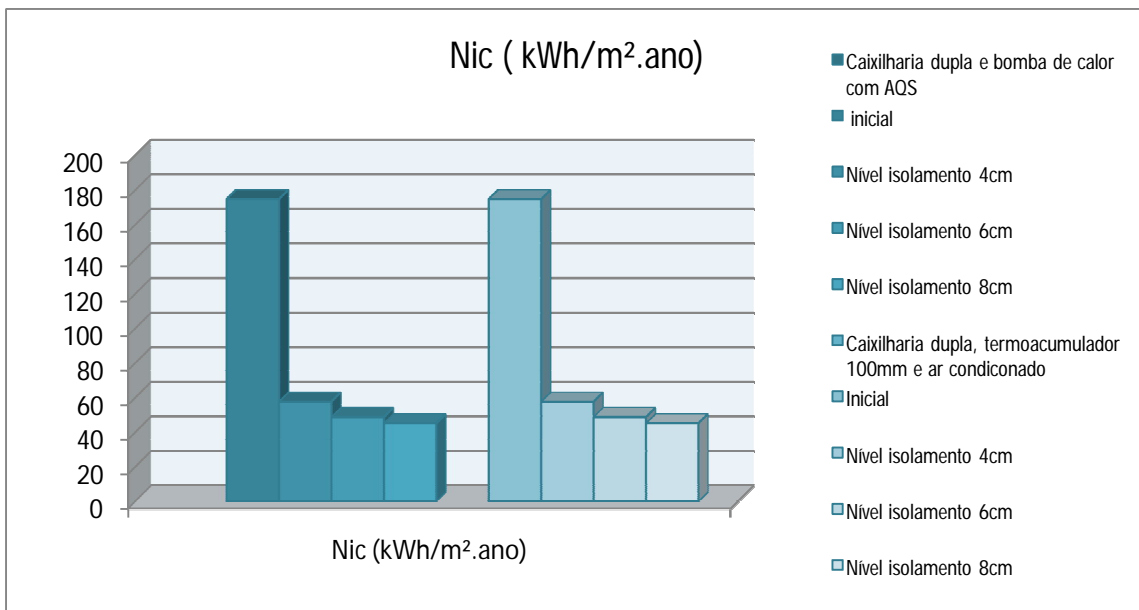


Fig.93 Necessidades nominais de aquecimento para três níveis de isolamento melhoria da envolvente envidraçada e sistema de climatização

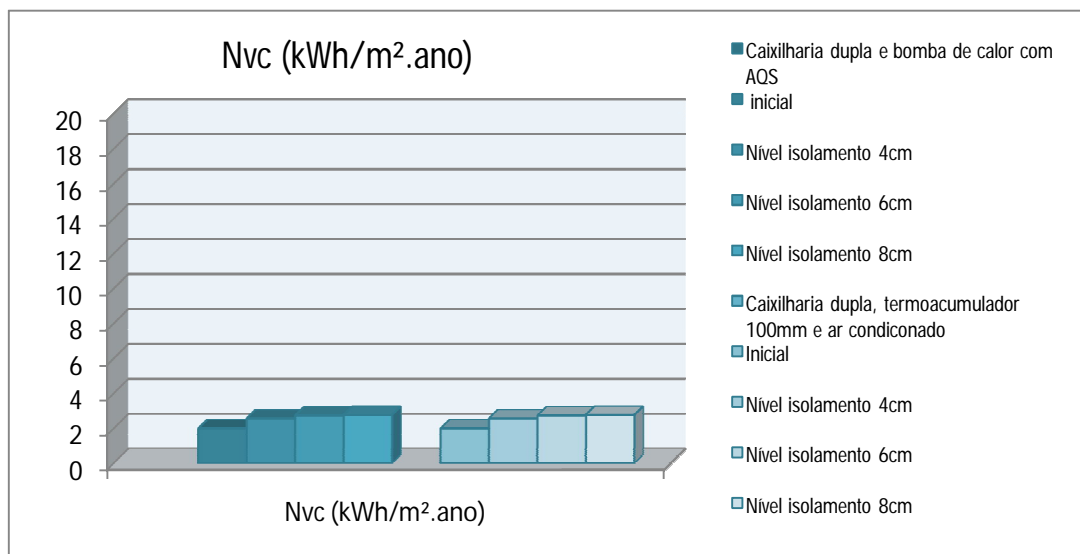


Fig.94 Necessidades nominais de arrefecimento para três níveis de isolamento melhoria da envolvente envidraçada e sistema de climatização

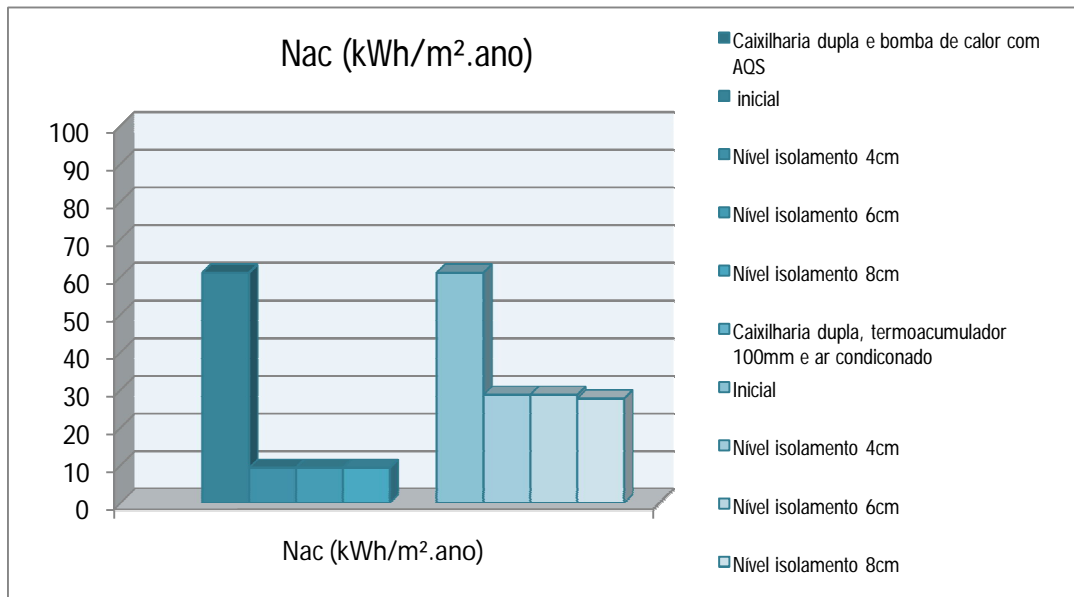


Fig.95 Necessidades nominais de preparação de AQS, para três níveis de isolamento melhoria da envolvente envidraçada e sistema de climatização

Na aplicação do ar condicionado as necessidades nominais de energia mantêm-se, mudando apenas as necessidades totais. Tem um efeito menos abrangente.

6.2.1.2 Moradia de Nogueira

Na moradia de Nogueira, tipologia T3, as propostas foram semelhantes às da moradia de Ferreiros. Assim consistiram em:

- Aplicação do sistema ETICS, com as espessuras de 4, 6 e 8 cm;
- Fachada ventilada com XPS, revestida por granito de dois centímetros de espessura;
- Aplicação de gesso cartonado com isolamento pelo interior das fachadas, principalmente nas paredes com tijolo burro;
- Aplicação de isolamento na parede com edifício vizinho.
- Tetos falsos para a laje de esteira e para a cobertura em terraço;
- O isolamento na caixa de estores.

A nível da envolvente envidraçada as propostas foram:

- Substituição da caixilharia por alumínio com corte térmico, vidro corrente e em alternativa com vidro refletante;
- Substituição da caixilharia por PVC com vidro corrente e em alternativa com vidro refletante.

Nos sistemas de preparação de AQS, foram testados todos os sistemas referidos na tabela resumo do capítulo 5. Isto é:

- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 100mm de isolamento;
- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 50mm de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 100mm de espessura de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 50mm de espessura de isolamento;
- Sistema solar com sistema auxiliar composto por soluções supra citadas;
- Bomba de calor com COP3.

Como neste edifício também parece haver alguma hipótese de instalar um sistema de climatização foram analisadas duas hipóteses:

- Aplicação de bomba de calor com ventilo-convectores (com eficiência 2,60 para aquecimento e 4,10 para arrefecimento);
- Aplicação de ar condicionado (com eficiência para aquecimento de 4,86 e para arrefecimento 4,35).

Neste caso, existe uma condicionante nas paredes em tijolo burro, que à partida constitui um entrave à aplicação de isolamento pelo exterior, em todas as paredes. Caso fosse aplicado em todas as paredes iria modificar o aspeto exterior da casa e todo o jogo de “formas” que o arquiteto pensou para o projeto.

O mesmo acontece em relação ao pavimento térreo. Este não dispõe de desvão e qualquer intervenção para colocar isolamento seria dispendiosa. Independentemente da posição do isolamento, seria obrigatório refazer o pavimento, com todas as correções inerentes (soleiras, padieiras, rodapés, loiças sanitárias, sifões, primeiro degrau de escada, reposicionar caixilharias, caixas de estores, entre outras). Mesmo com piso técnico e desníveis na zona dos vãos para evitar mexer em soleiras e padieiras, o custo aumentaria significativamente, contribuindo para prolongar os tempos de retorno, embora surtisse algum efeito a nível da perceção de conforto. Contudo, pelas razões anteriormente referidas, não foi contemplada nas propostas que se seguem com algum prejuízo para o desempenho térmico.

De qualquer modo e apesar de pouco provável, as propostas analisadas incluem a aplicação de sistema ETICS e fachada ventilada em todas as paredes exteriores e em alternativa, a sua aplicação apenas nas fachadas sem tijolo burro.

A aplicação de isolamentos na envolvente opaca, com recurso à metodologia indicada permitiu obter os resultados do impacto das propostas de reabilitação a nível das necessidades nominais de aquecimento (Nic) e arrefecimento (Nvc). As propostas para espessuras de 8cm têm maior impacto na redução das Nic. Os

resultados das propostas de melhoria, para a envolvente opaca, são apresentados nas figuras seguintes. Nestas, as medidas legendadas como “parcial” significam que essa proposta só foi aplicada para as paredes que não têm tijolo burro. Ou seja, o coeficiente de transmissão térmica só foi melhorado em parte das fachadas. As restantes, nessa análise, continuam com o valor do coeficiente de transmissão térmica inicial. Relativamente às figuras, os gráficos contêm conjuntos de três barras, que representam cada uma das propostas de melhoria, para cada um dos três níveis de isolamento.

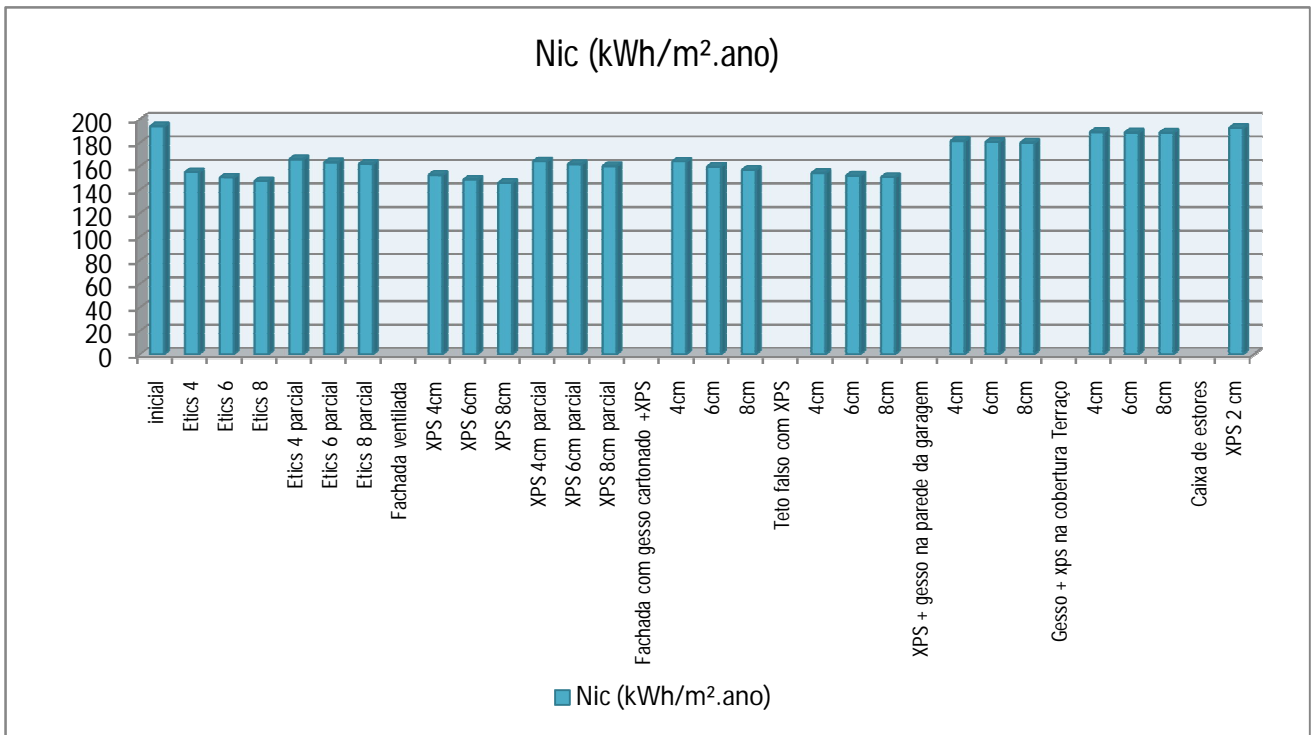


Fig. 96 Impacto, nas Nic, das medidas de melhoria, nas envolventes

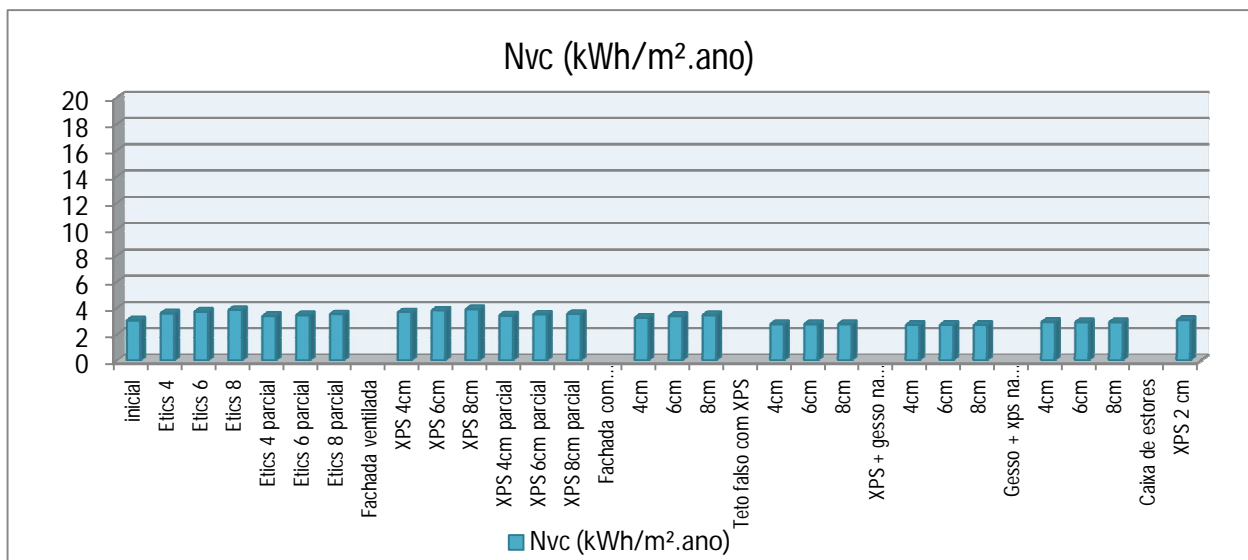


Fig. 97 Impacto, nas Nvc, das medidas de melhoria, nas envolventes

Para as paredes exteriores e no caso das intervenções pelo exterior, a fachada ventilada permite maiores reduções nos valores de Nic, quer no caso da sua aplicação em todas as paredes, quer na aplicação parcial. As Nac, mantêm o valor inicial de 28,13 kWh/m².ano.

Se for feita uma intervenção parcial, isto é, nas fachadas sem tijolo burro, as necessidades de energia para aquecimento com sistema ETICS e fachada ventilada sofrem uma redução de cerca de 15%. Se fosse feita na totalidade das fachadas, a redução das Nic atingiria os 23%. No caso da cobertura, a aplicação de teto falso permite uma redução de 20% nas necessidades nominais de aquecimento (Nic). Estes dados são sistematizados na tabela seguinte.

Tabela 19 Percentagem de redução das Nic, consoante a proposta de melhoria e as espessuras do isolamento

Percentagem de redução nas Nic (%)	ETICS	ETICS em parte das paredes	Fachada ventilada	Fachada ventilada em parte das paredes	Gesso cartonado com XPS pelo interior da fachada	Teto falso com XPS	Gesso cartonado na parede da garagem	Teto falso com XPS na cobertura em terraço	XPS na caixa de estores
2cm	–	–	–	–	–	–	–	–	0,64
4cm	20,04	14,36	21,28	15,33	15,37	20,42	6,35	2,48	–
6cm	22,41	15,74	23,35	16,57	17,66	21,53	6,84	2,64	–
8cm	23,95	16,44	24,75	17,40	19,07	22,23	7,16	2,72	–

No caso dos vãos envidraçados, a proposta que permite reduzir mais as Nic, é a substituição das caixilharias por outras em PVC com vidro duplo corrente. Esta medida tem o efeito contrário nas Nvc. A caixilharia de PVC analisada tem classe 2. Os valores das necessidades energéticas para a estação de aquecimento (Nic) e arrefecimento (Nvc) para cada uma das três hipóteses de melhoria dos vãos envidraçados consideradas são expressas nas figuras seguintes.

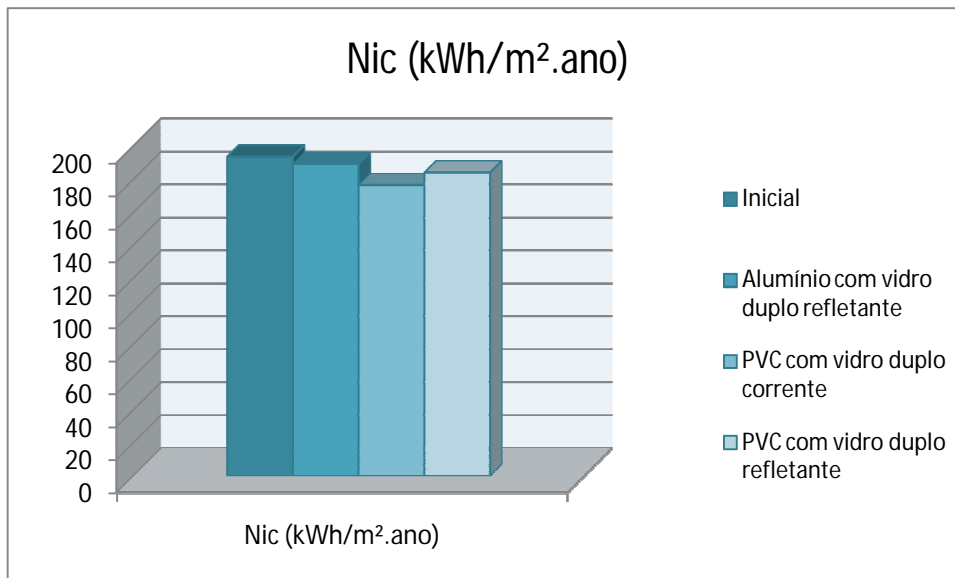


Fig.98 Impacto das propostas de melhoria na envolvente envidraçada, nas Nic

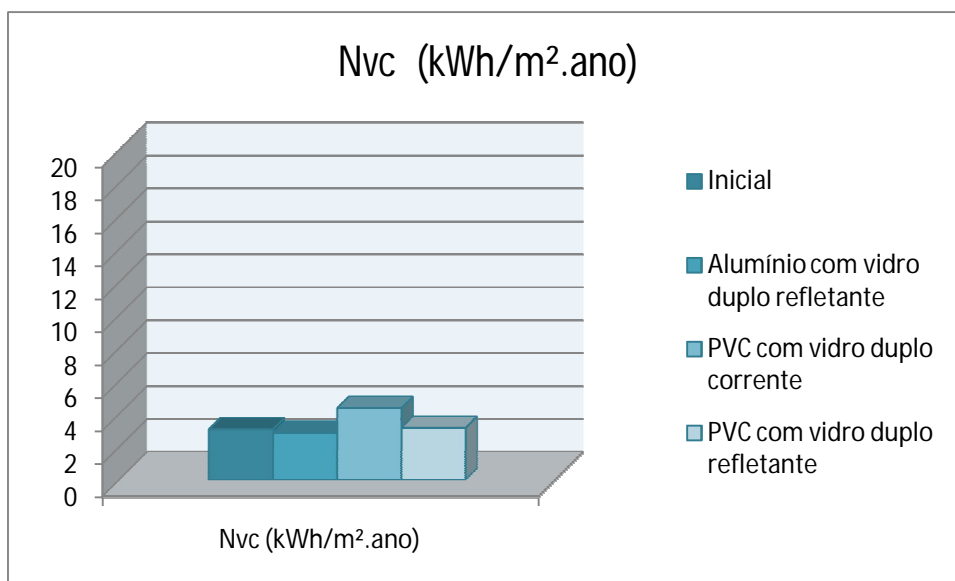


Fig.99 Impacto das propostas de melhoria na envolvente envidraçada, nas Nvc

Estas medidas permitem reduções nas Nic de 7%, no máximo.

Em relação aos sistemas de preparação de águas quentes sanitárias (AQS), verificou-se que a bomba de calor tem mais impacto na redução das Nac, seguida dos sistemas solares, com sistema auxiliar de termoacumulador com pelo menos 100mm de isolamento. Nos sistemas sem qualquer componente renovável, o que revelou melhor desempenho em termos energéticos foi o termoacumulador com pelo menos 100mm de isolamento. Os valores que permitiram chegar a estas conclusões são apresentados na figura seguinte, através dos valores das Nac das quinze soluções analisadas.

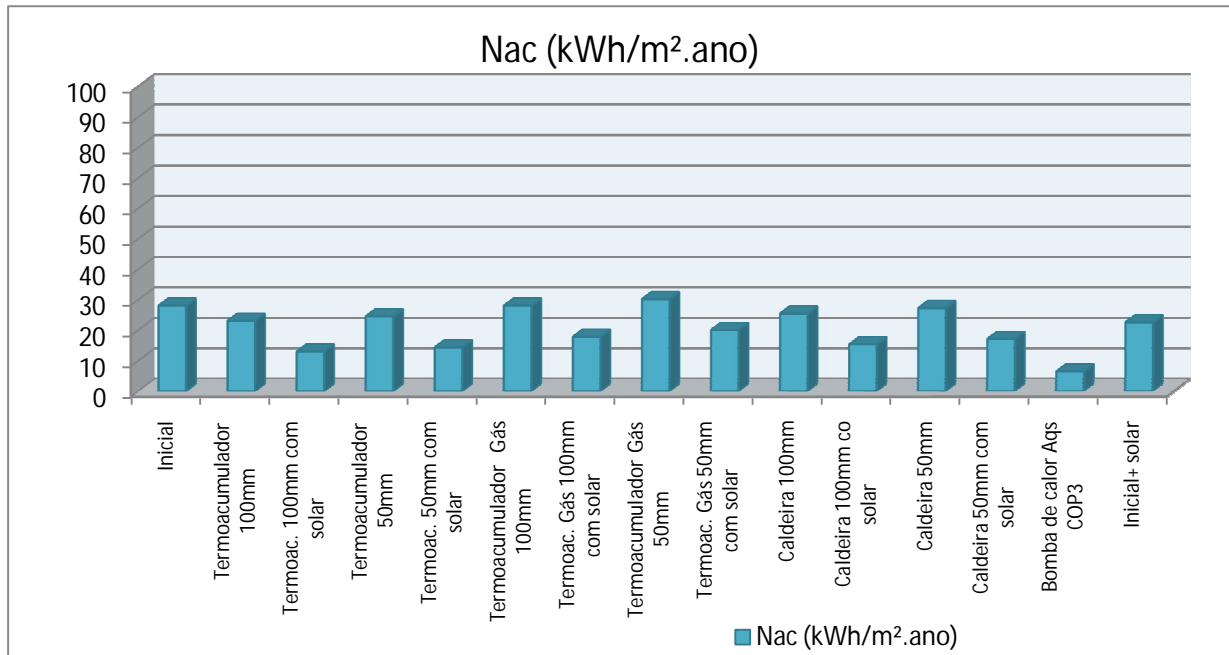


Fig.100 Impacto das propostas de melhoria no sistema de preparação de AQS

A percentagem de redução nas necessidades de preparação AQS para a bomba de calor é cerca de 76%, para os sistemas solares com sistema auxiliar a média da percentagem de redução é de 41% e para a aplicação de sistema solar sem alterar o sistema de preparação de AQS existente é de 19%.

À semelhança da moradia de Ferreiros, também foi realizada a análise para os três níveis de isolamento:

- Aplicação de 4cm nos elementos da envolvente opaca;
- Aplicação de 6cm nos elementos da envolvente opaca;
- Aplicação de 8cm nos elementos da envolvente opaca.

Nesta, as propostas a nível de fachadas, são uma solução mista, entre sistema ETICS e aplicação de XPS pelo interior da fachada com gesso cartonado, nas paredes onde existe o tijolo burro. A escolha do ETICS deve-se à facilidade de aplicação e ao custo mais convidativo. Para as restantes envolventes foi introduzido XPS com teto falso nas coberturas, isolamento na caixa de estores (sempre que exista) e XPS revestido com gesso cartonado na parede que separa a garagem da restante zona útil. Não será proposta nenhuma medida para as caixilharias, uma vez que as existentes foram colocadas há poucos anos e os proprietários ainda não obtiveram o retorno deste investimento.

O nível da espessura do isolamento que mais reduz as Nic, é 8cm. As Nvc apresentam uma tendência de valores contrária. Relativamente às Nac, nesta fase do estudo mantêm o valor inicial de 28,13 kWh/m².ano.

Os respetivos resultados das Nic e Nvc, que permitiram chegar a estas conclusões são apresentados nas figuras seguintes. A primeira figura mostra os valores de Nic correspondentes a cada nível de isolamento, com a inclusão das propostas supra citadas e a segunda os valores de Nvc.

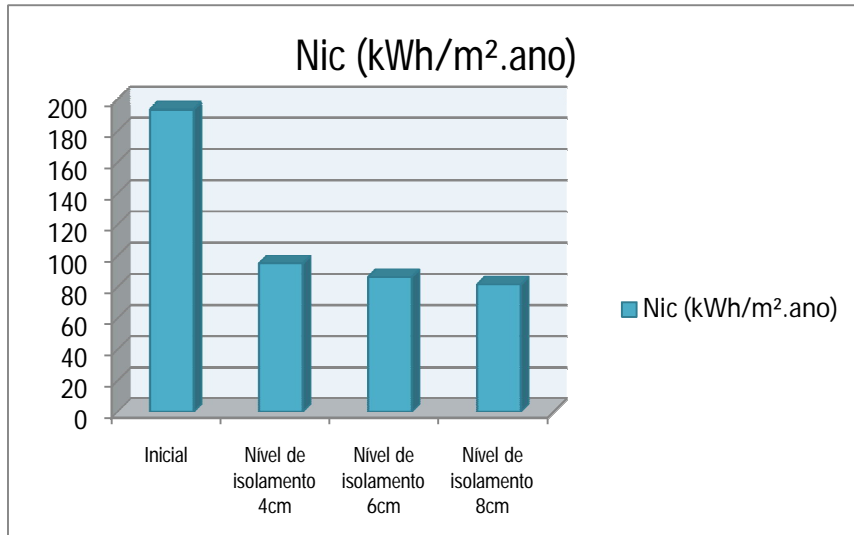


Fig.101 Necessidades nominais de aquecimento para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca

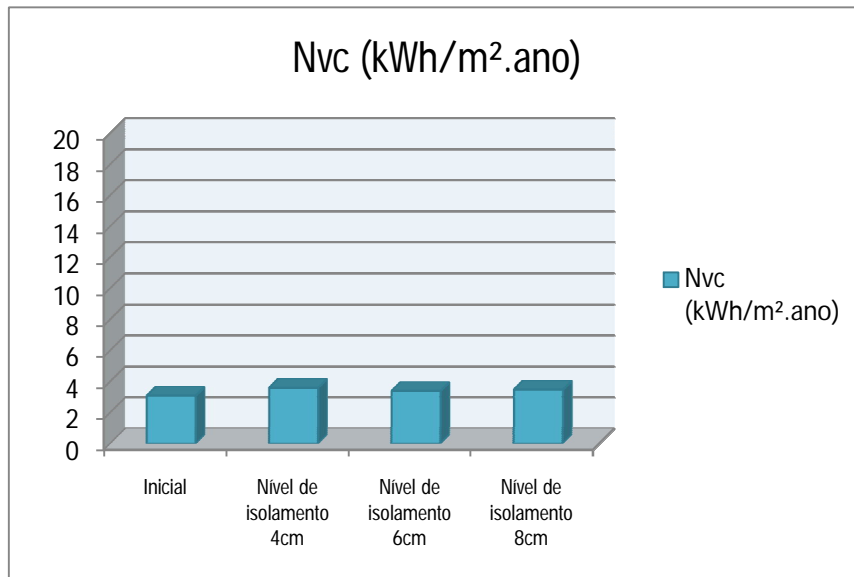


Fig.102 Necessidades nominais de arrefecimento para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca

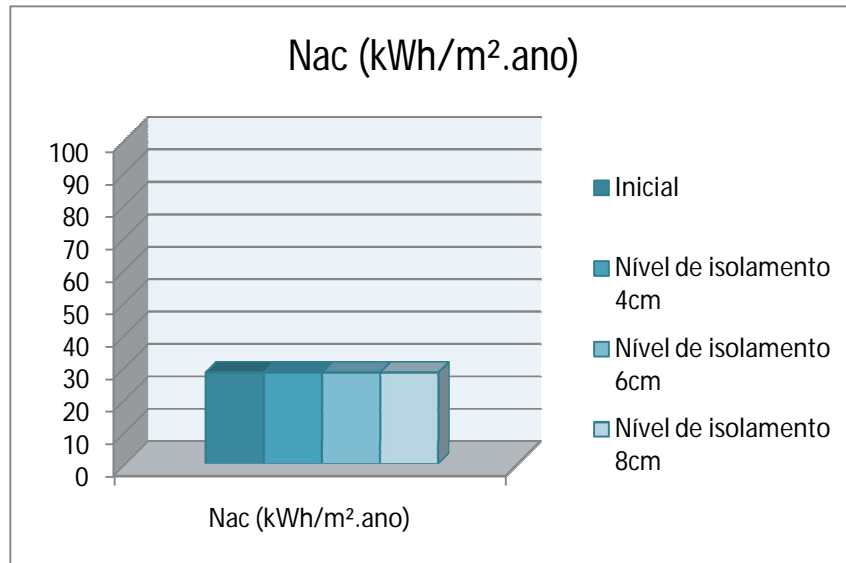


Fig.103 Necessidades nominais de preparação de AQS, para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca

A percentagem de redução das Nic, para o nível de isolamento referido é de 57,84%.

A classe inicial da moradia é F. Para estes níveis de isolamento, a classe energética obtida é C. Qualquer um dos níveis respeita os valores máximos estipulados pelo RCCTE. No entanto, ainda não atinge a classe mínima de B-.

Se para além do isolamento da envolvente opaca, for incorporado um sistema de preparação de águas quentes mais eficiente, estas classificações tendem a melhorar.

Os sistemas em análise são:

- Termoacumulador com isolamento de pelo menos 100mm de espessuras;
- Bomba de calor.

Assim, a melhor proposta é para o nível de isolamento de 8cm, com bomba de calor. Os resultados das Nic, Nvc e Nac encontram-se nas figuras seguintes. O primeiro grupo de quatro barras representa a análise para o primeiro sistema de preparação de AQS e o segundo conjunto para a bomba de calor. Cada uma das barras refere-se a um dos três níveis de isolamento.

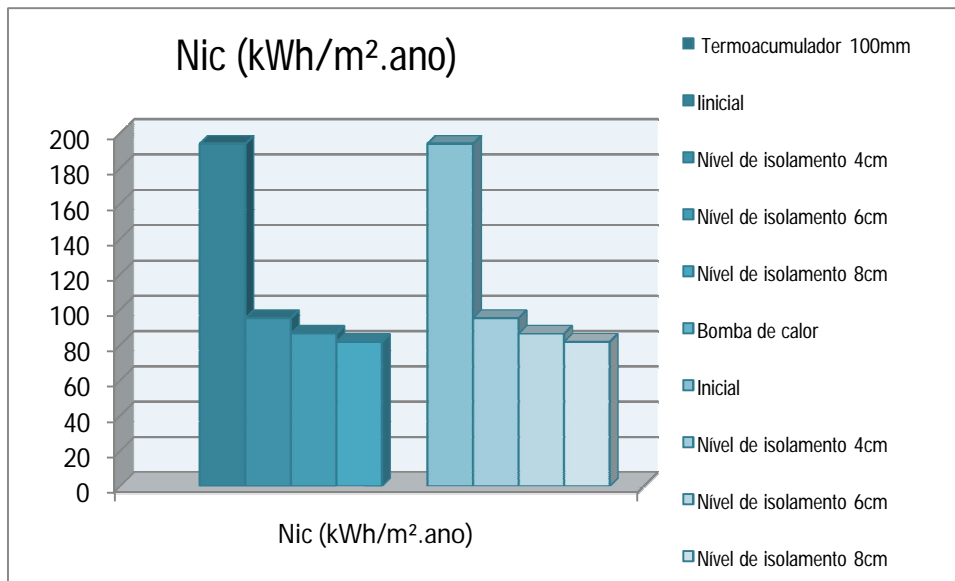


Fig.104 Necessidades nominais de aquecimento, para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca, envolvente envidraçada e preparação de AQS.

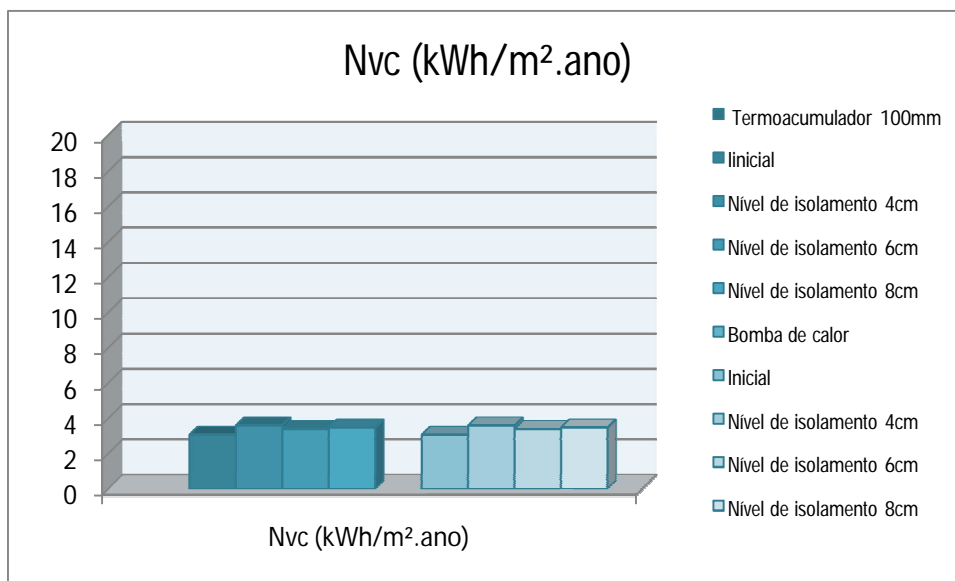


Fig.105 Necessidades nominais de arrefecimento, para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca, envolvente envidraçada e preparação de AQS.

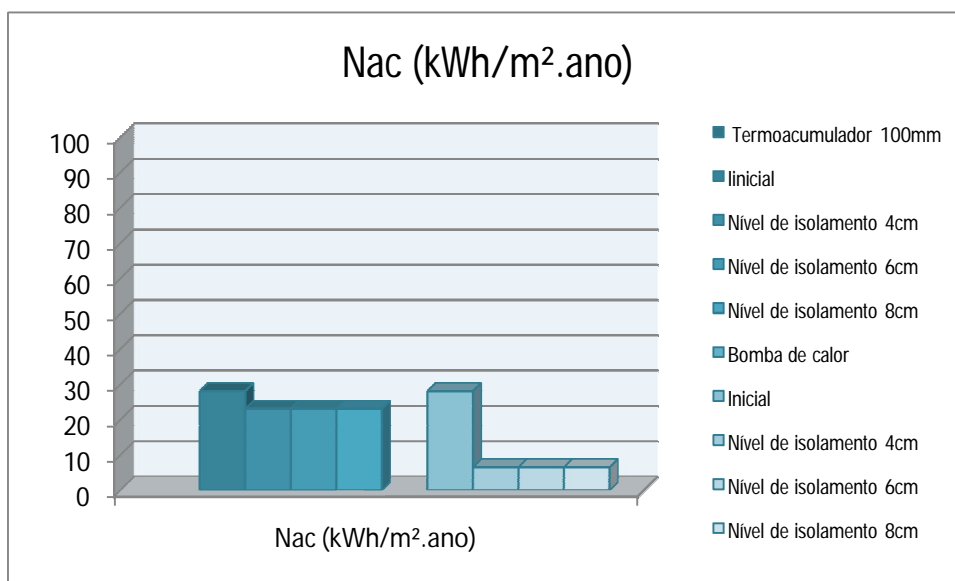


Fig.106 Necessidades nominais de preparação de AQS, para os três níveis de isolamento, na envolvente opaca, envolvente envidraçada e preparação de AQS.

Com a inclusão de um termoacumulador com pelo menos 100mm de isolamento, a classe energética aumenta para B-. Se para além disto se acrescentar um sistema solar, a classe passa para B (esta análise não consta nas figuras, tendo sido feita apenas para obter uma referência). O mesmo acontece se for aplicada uma bomba de calor para preparação de AQS.

Para a climatização, os sistemas testados foram:

- Aplicação de bomba de calor com ventilo-convectores (com eficiência 2,60 para aquecimento e 4,10 para arrefecimento) e que também prepare águas quentes;
- Aplicação de ar condicionado (com eficiência para aquecimento de 4,86 e para arrefecimento 4,35).

Não faria muito sentido utilizar uma bomba de calor para preparação de AQS e ar condicionado para climatização, quando um único sistema pode realizar ambas as funções.

Destas duas situações, a mais eficaz é a aplicação da bomba de calor em conjunto com o terceiro nível de isolamento (8cm).

Os valores das necessidades energéticas inerentes a esta intervenção são apresentados no gráfico seguinte. Importa salientar que a inclusão destes sistemas não afeta diretamente os valores de Nic e Nvc. Apenas a bomba de calor afeta as Nac, porque realiza as duas funções de climatizar e preparar águas quentes. Os valores de Nic e Nvc são iguais para os dois casos, porque são equacionadas as mesmas propostas para as envolventes, variando apenas o nível de isolamento.

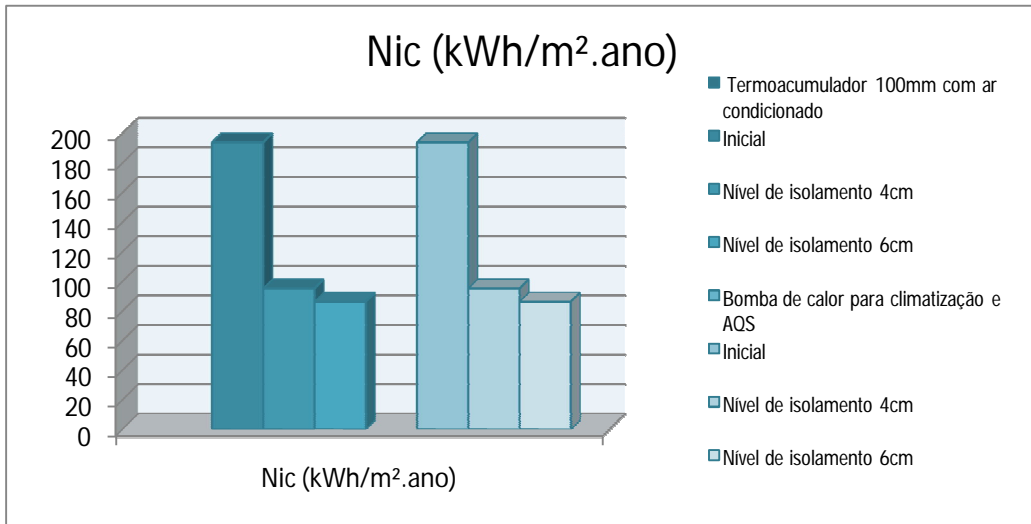


Fig.107 Necessidades nominais de aquecimento para três níveis de isolamento, com sistemas de climatização

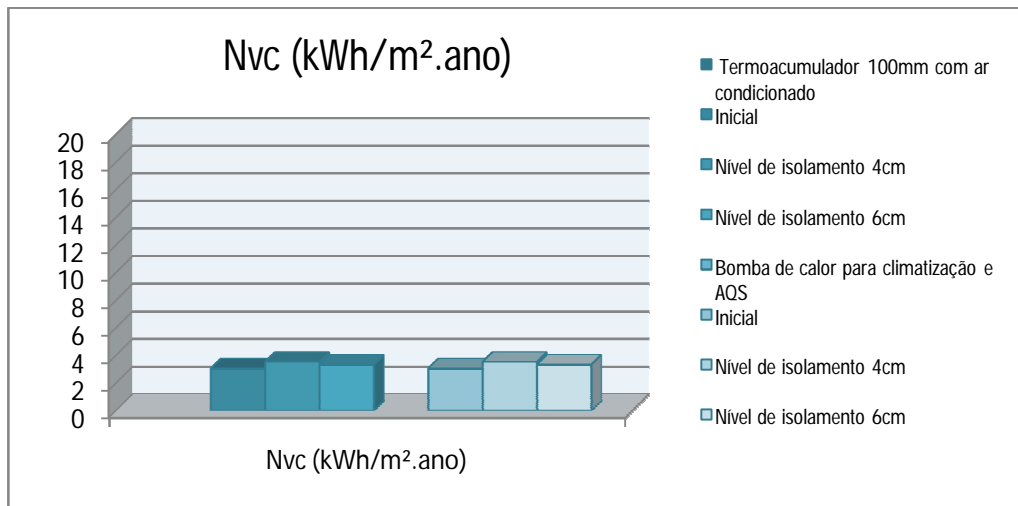


Fig.108 Necessidades nominais de arrefecimento para três níveis de isolamento, com sistemas de climatização

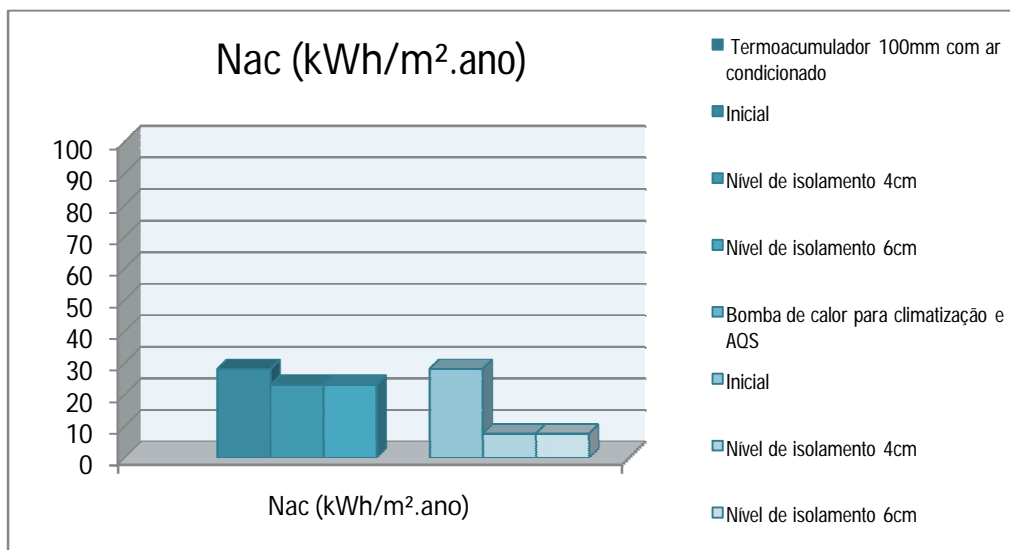


Fig.109 Necessidades nominais para preparação de AQS, para três níveis de isolamento, com sistemas de climatização

Para além do referido, a bomba de calor permite obter classe A. Ao passo que a outra medida permite obter classe B, para cada um dos três níveis de isolamento.

Resumindo, as melhores propostas em termos redução das Nic e Nac (que são as necessidades que têm maior peso no desempenho destes dois edifícios) e que mais se adaptam a cada um são as indicadas na tabela seguinte.

Tabela 20 Resumo das propostas com melhores resultados e que mais se adaptam aos edifícios unifamiliares em estudo

Elemento	Resumo das melhores propostas de melhoria estudadas	
	FERREIROS	NOGUEIRA
Envoltente opaca		
Parede exterior	ETICS 8cm	ETICS 8cm
Parede que separa espaço útil de não útil (garagem)		XPS de 8cm revestido por placa de gesso cartonado, nas paredes com tijolo burro XPS de 8cm revestido por gesso cartonado
Parede que separa edifício vizinho	XPS de 8cm revestido por gesso cartonado	XPS de 8cm revestido por gesso cartonado
Pavimento sobre espaços não úteis	Teto falso com XPS de 8cm	Teto falso com XPS de 8cm
Coberturas	Teto falso com XPS de 8cm	Teto falso com XPS de 8cm
Caixa de estores	XPS de 2cm	XPS de 2cm
Envoltente envidraçada	Segunda caixilharia pelo exterior com vidro simples	Manteve-se a inicial
Sistemas de preparação de AQS		
Sem componente renovável	Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 100mm de isolamento	Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 100mm de isolamento
Com componente Renovável	Bomba de calor	Bomba de calor
Sistemas de climatização	Bomba de calor, com ventilo-convectores	Bomba de calor, com ventilo-convectores

A relação custo/benefício correspondente ao estudo do desempenho energético é analisada em 6.2.2

6.2.2 Análise custo/benefício

6.2.2.1 Moradia de Ferreiros

Com as medidas enunciadas anteriormente e que constam nos gráficos dos pontos anteriores, foi feita uma análise custo/benefício, com as equações indicadas na metodologia. O período de retorno calculado foi o período de retorno do investimento e expressa-se pelas equações 4 e 5 que constam no capítulo 3.

Os valores da análise da relação do custo/benefício, para as propostas individuais de melhoria da envolvente opaca, constam na figura seguinte. Esta contém o número de anos que é necessário para recuperar o investimento em cada proposta de melhoria. Cada grupo de três barras corresponde a uma proposta com espessura de 4, 6 e 8cm.

Para as fachadas a melhor proposta em termos de custo/benefício é o sistema ETICS com 4cm, embora a diferença para o de 6cm seja mínima. Nas restantes zonas da envolvente a espessura de isolamento que permite um balanço mais eficaz do custo/benefício é a de 4cm.

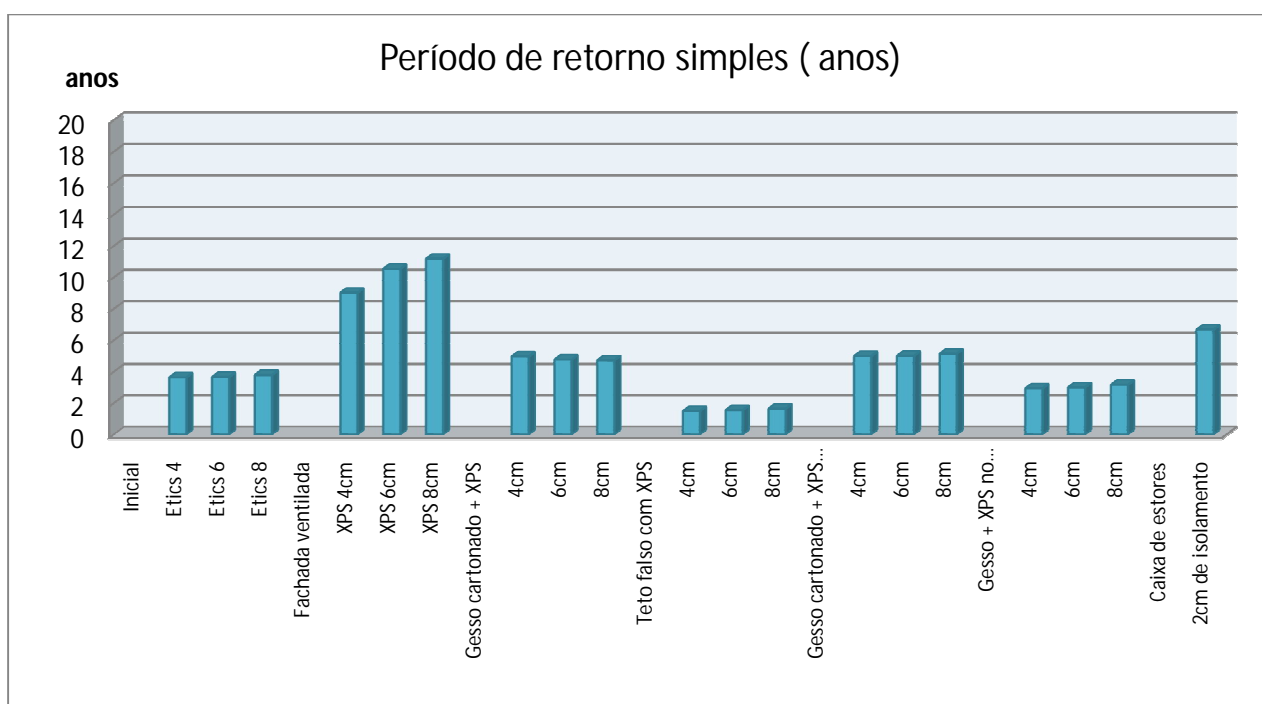


Fig. 110 Tempo de retorno do investimento das medidas de melhoria da envolvente opaca em Ferreiros

Perante estes resultados apesar de os valores para o tempo de retorno serem próximos, verifica-se que na fachada ventilada a diferença entre as espessuras de isolamento é maior, porque o custo inicial é mais elevado em todas.

As tabelas que deram origem a estes valores encontram-se no anexo II.

Em termos dos vãos envidraçados e usando o mesmo raciocínio da envolvente opaca, calculou-se o tempo de retorno simples do investimento nas propostas de melhoria referidas na análise energética. Concluiu-se que a proposta com melhor balanço entre o custo inicial e a poupança de energia inerente é a aplicação de caixilharia de alumínio com corte térmico e vidro duplo corrente, seguindo-se a solução de segunda caixilharia

pelos exterior da persiana e a substituição da caixilharia existente por outra em PVC com vidro simples corrente. A figura seguinte exprime esses resultados, para cada uma das propostas individualmente.

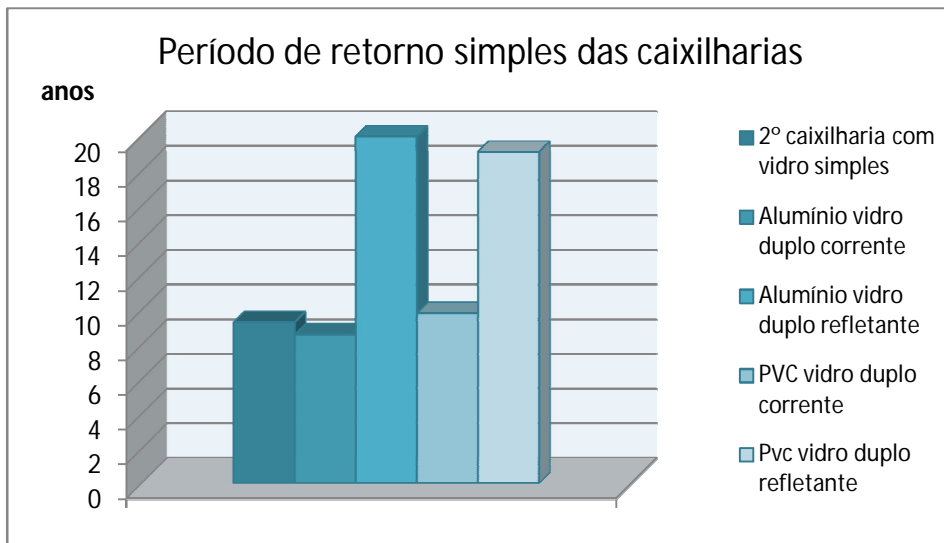


Fig.111 Tempo de retorno do investimento nas medidas de melhoria para os vãos envidraçados em Ferreiros

As tabelas que deram origem aos resultados encontram-se no anexo III.

Para a preparação de águas quentes sanitárias, os equipamentos com melhor relação custo/benefício são os que têm pelo menos 50mm de espessura de isolamento, em particular caldeira a gás com 50mm de isolamento e eficiência 0,82, seguindo-se os equipamentos com espessuras de isolamento de pelo menos 100mm. A figura seguinte resume os valores do PRS para cada uma das propostas em estudo.

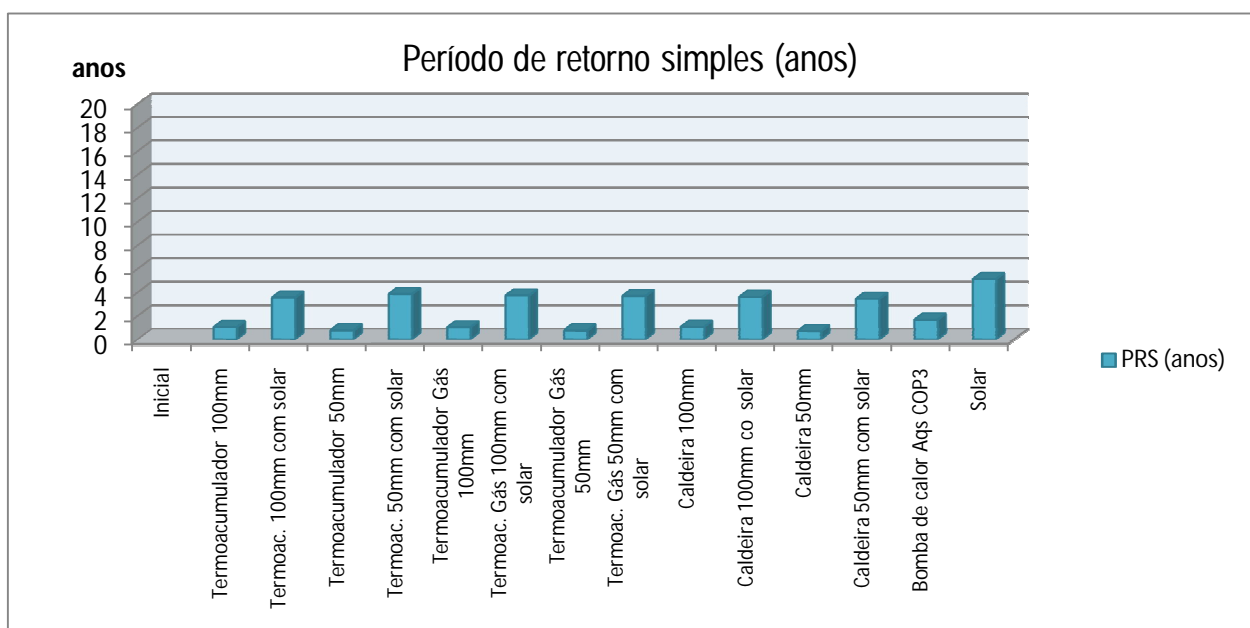


Fig.112 Tempo de retorno do investimento na aquisição de novos equipamento para preparação AQS em Ferreiros

Embora a análise energética realizada no ponto 6.2.2.1, mostre que os equipamentos que permitem maiores reduções nas Nac são a bomba de calor e os sistemas solares auxiliados por sistemas com isolamento de 100mm e eficiência 0,95, em termos de custo/benefício o resultado não tem correspondência direta. Este resultado deve-se ao balanço entre o investimento inicial e a redução das necessidades energéticas para este fim. Os equipamentos com 50mm de isolamento têm custos iniciais mais baixos, portanto, o tempo de retorno do investimento é menor.

No caso da análise do efeito conjunto das propostas para os três níveis de isolamento na envolvente opaca, o conjunto de soluções com melhor relação custo/benefício, sem melhorar envidraçados nem sistemas de AQS, é com isolamento de 4cm. A figura seguinte comprova esta afirmação, com um gráfico com três barras, para cada um dos níveis de isolamento e respetivo valor do PRS.

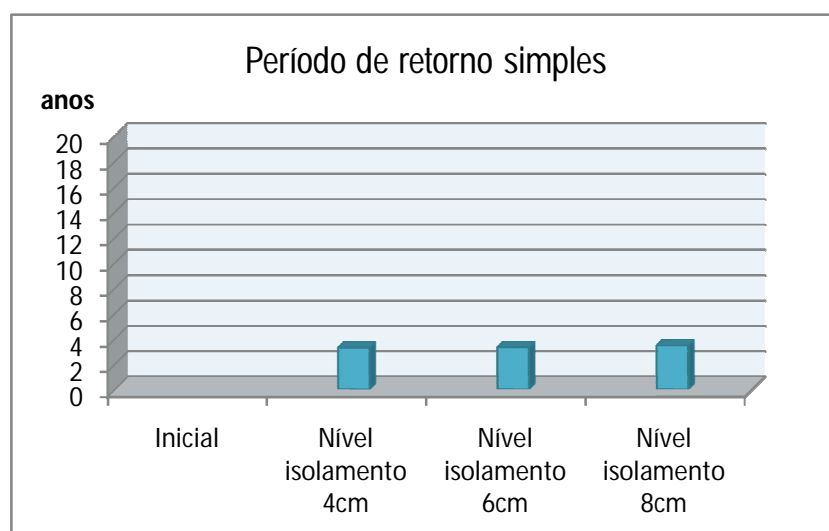


Fig.113 Tempo de retorno de investimento para melhoria da envolvente opaca para os três níveis de isolamento, em Ferreiros

Adicionando a segunda caixilharia nos vãos envidraçados e um sistema mais eficiente, em termos energéticos, para preparação de águas quentes sanitárias (AQS) como bomba de calor e termoacumulador elétrico com uma espessura de pelo menos 100mm de isolamento, verifica-se que há uma alteração quanto à melhor proposta de melhoria. Este facto pode ser constatado na figura seguinte, onde a melhor relação custo/benefício é para o conjunto das seguintes propostas:

- Propostas com isolamento de 6cm para envolvente opaca;
- Segunda caixilharia pelo exterior, com vidro simples;
- Termoacumulador com pelo menos uma espessura de isolamento de 100mm e eficiência 0,95.

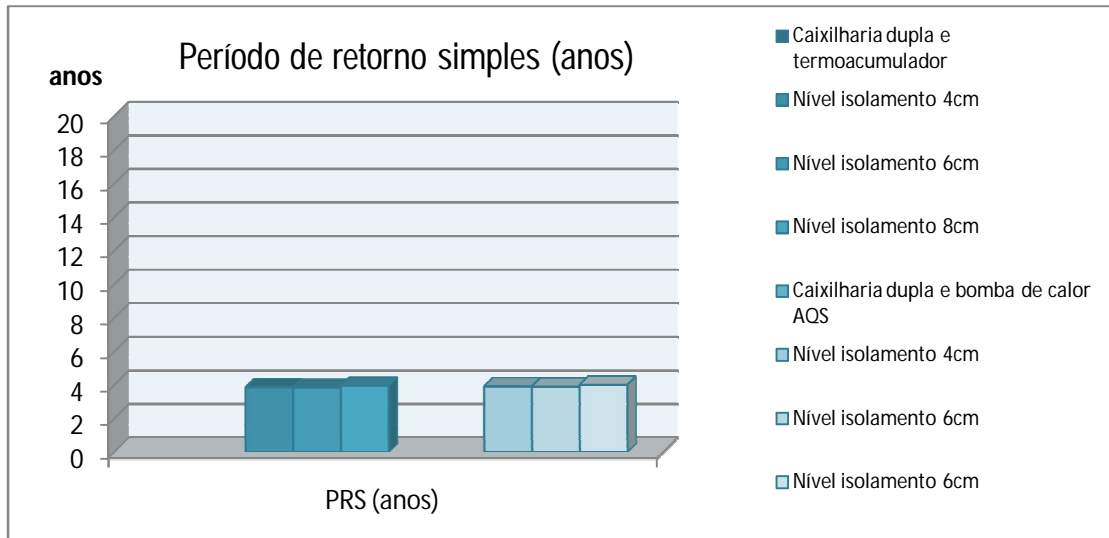


Fig.114 Tempo de retorno do investimento para melhoria da envolvente opaca para três níveis de isolamento, para envolvente envidraçada e preparação de AQS

Para o primeiro conjunto de medida, representado na figura, a classe energética correspondente é B e para o segundo caso é A. Porém, é necessário investir mais no último caso e conseqüentemente o tempo de retorno será mais longo. A diferença de custo para as mesmas espessuras reside apenas na diferença do custo dos sistemas de preparação de águas quentes e soma cerca de 800 euros para o primeiro e segundo nível de isolamento.

Com a incorporação de um sistema para climatização composto por ar condicionado ou por uma bomba de calor com ventilo-convetores e que prepare AQS, os tempos de retorno voltam a inverter a situação. Ou seja, aplicação de uma bomba de calor que realize a climatização e também prepare águas quentes sanitárias, tem um período de retorno do investimento ligeiramente inferior à situação da aplicação de ar condicionado. Em relação à espessura do isolamento mais vantajoso, continua a ser de 6cm. A figura seguinte resume estas informações.

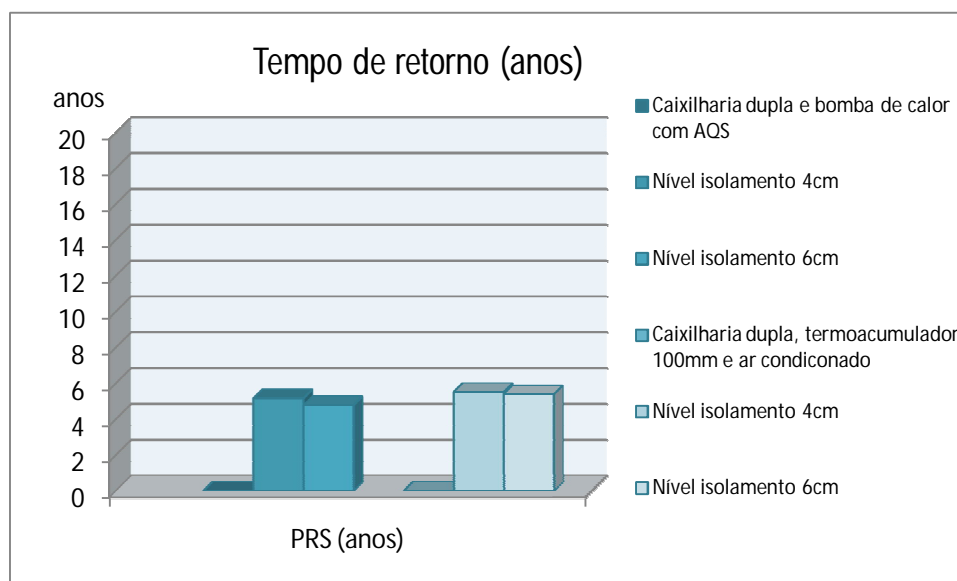


Fig. 115 Tempo de retorno para melhoria da envolvente opaca para os dois melhores níveis de isolamento, com propostas para envolvente envidraçada, preparação de AQS e climatização

Portanto, o conjunto de medidas mais vantajoso em termos de relação custo/benefício é sistematizado na tabela 21.

Tabela 21 Resumo das propostas com melhores resultados face à relação custo/benefício, no edifício localizado em Ferreiros

Elemento	Melhores proposta relativamente ao custo/benefício
Envolvente opaca	
Parede exterior	ETICS 6cm
Parede que separa espaço útil de não útil (caixa de escadas, caixa de elevador, garagem)	XPS de 6cm revestido por gesso cartonado
Parede que separa edificio vizinho	XPS de 6cm revestido por gesso cartonado
Pavimento sobre espaços não úteis	Teto falso com XPS de 6cm
Coberturas	Teto falso com XPS de 6cm
Caixa de estores	XPS de 2cm
Envolvente envidraçada	
Segunda caixilharia pelo exterior com vidro simples	
Sistemas de preparação de AQS	
Se não tiver climatização	Termoacumulador elétrico com pelo menos 100mm de isolamento
Se tiver climatização	Bomba de calor
Sistemas de climatização	
Bomba de calor, com ventilo-convectores	

6.2.2.2 Moradia de Nogueira

À semelhança da moradia de Ferreiros, também foi realizada uma análise custo/benefício, para as propostas da análise do desempenho energético.

Os valores do balanço entre o investimento inicial e a poupança de energia inerente ao investimento, em propostas de melhoria da envolvente opaca, mostram que o sistema ETICS de 4cm é o que demonstra melhor balanço em termos de custo/benefício, para reabilitação de fachadas. Porém, os valores desta espessura e da seguinte são relativamente próximos. A solução de XPS pelo interior da fachada tem melhor relação custo/benefício para a espessura de 8cm. Nas coberturas a espessura de XPS com melhor relação preço/poupança é a de 4cm. Na parede de separação da garagem da área útil, a espessura com melhor resultado é a de 6cm. Estes valores são apresentados nas figuras seguintes, onde cada conjunto de três barras corresponde a uma solução e cada barra a um nível de isolamento.

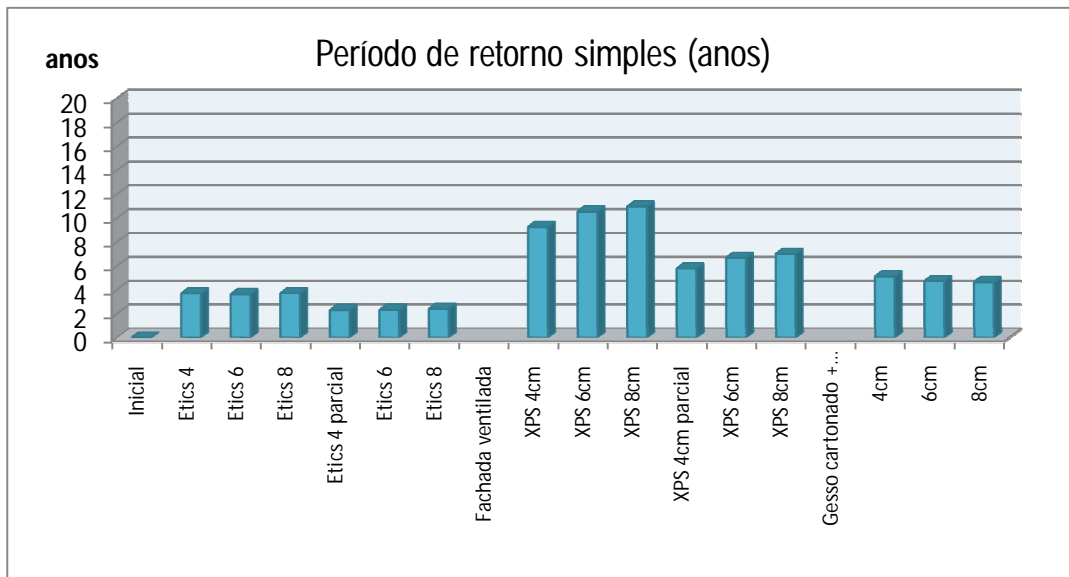


Fig.116 Tempos de retorno do investimento das medidas de melhoria das fachadas

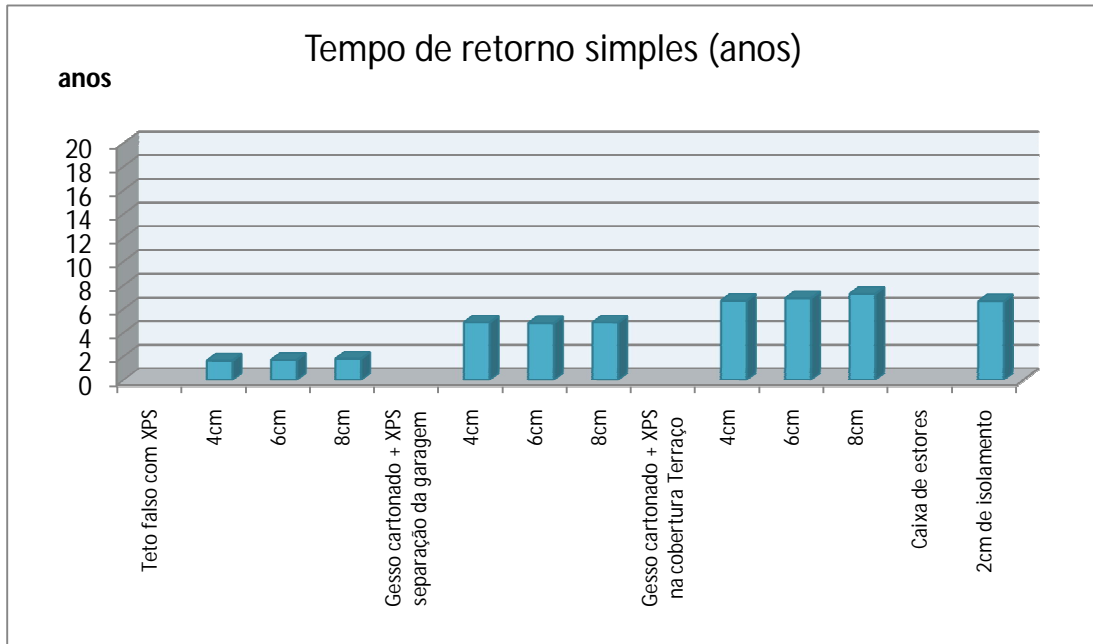


Fig.117 Tempos de retorno das restantes medidas de melhoria na envolvente opaca

Da análise dos gráficos verifica-se que as propostas parciais a nível de soluções de paredes têm um tempo de retorno mais baixo e para as paredes da garagem o retorno do investimento não varia muito consoante o nível de isolamento.

Para as caixilharias, as propostas analisadas em termos de custo/benefício são caixilharias em PVC com vidro duplo corrente ou refletante e caixilharia com corte térmico e vidro refletante.

O cálculo dos tempos de retorno do investimento de cada medida individualmente, permite verificar que as caixilharias de PVC com vidro duplo corrente são as que apresentam melhor relação custo/benefício. Estes dados são esquematizados na figura seguinte.

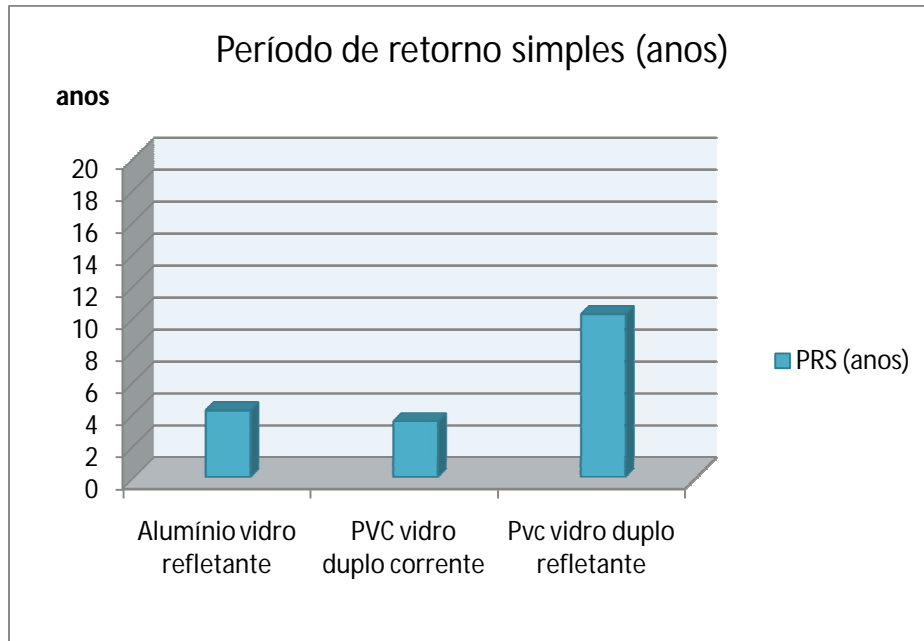


Fig. 118 Tempos de retorno do investimento em melhorias na envolvente envidraçada

A substituição dos vãos envidraçados por outros em PVC, tem um tempo de retorno de cerca de 3,5 anos. As restantes apresentam custo/benefício menos vantajoso, comparativamente com a solução inicial.

Em relação aos sistemas de preparação de AQS, a análise foi efetuada para cada um dos sistemas analisados a nível energético. Concluiu-se que o equipamento com melhor relação investimento/poupança em energia é a caldeira com isolamento de pelo menos 50mm e eficiência 0,82, seguida do termoacumulador com a mesma espessura de isolamento, mas com eficiência 0,90. Os sistemas solares e a bomba de calor, devido ao seu custo inicial, fazem aumentar o tempo de retorno, levando a piores resultados no que toca à relação custo/benefício. Estes resultados são fruto, somente, da substituição do sistema de preparação de AQS sem melhoria das envolventes.

O custo/benefício da aplicação de cada proposta é expresso na figura seguinte.

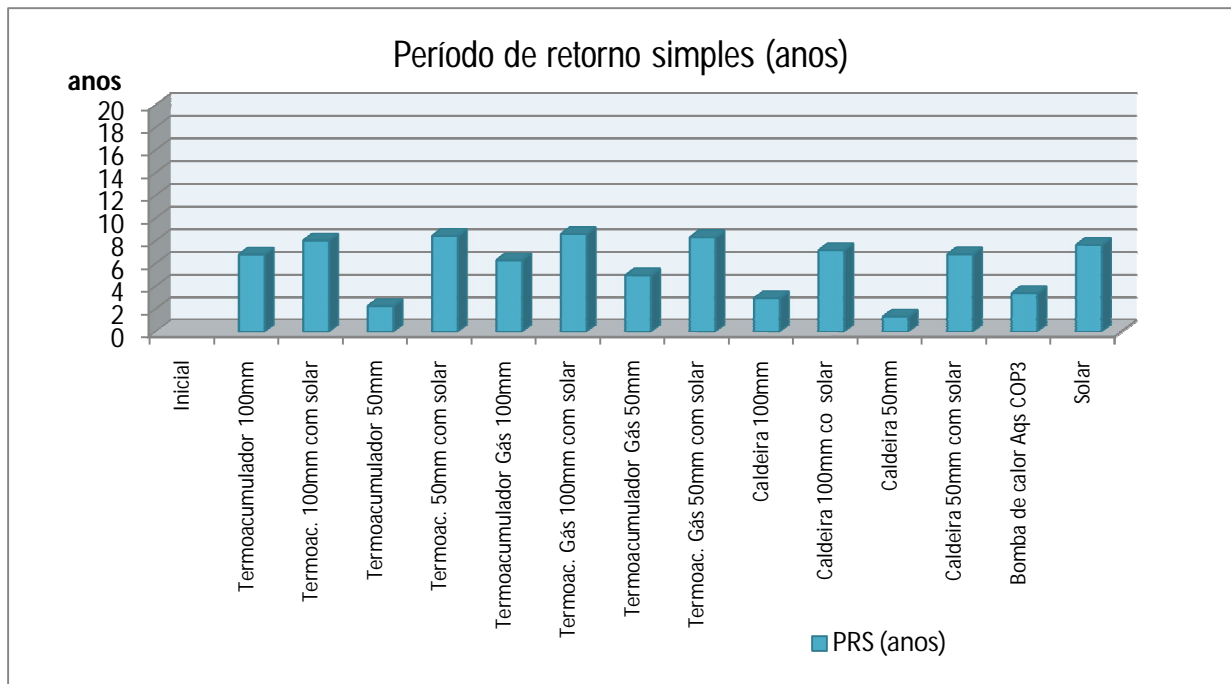


Fig. 119 Tempos de retorno da substituição do equipamento para preparação de AQS

No que concerne aos três níveis de isolamento referidos no início deste capítulo, com as condicionantes de ordem estética, foi analisada a relação custo/benefício para as espessuras de isolamento de 4cm, 6cm e 8cm, do seguinte conjunto de propostas de melhoria:

- A aplicação de ETICS nas fachadas sem tijolo burro e nestas últimas aplicação de isolamento pelo interior da parede, com XPS revestido por gesso cartonado.
- Isolamento da caixa de estores, nos vãos em que esta existe.
- Aplicação de tetos falsos na laje de esteira e por baixo da laje em terraço.

O conjunto de medidas com período de retorno de investimento mais curto verifica-se para o segundo nível de isolamento (6cm). A figura seguinte resume os resultados da relação custo/benefício supra citada.

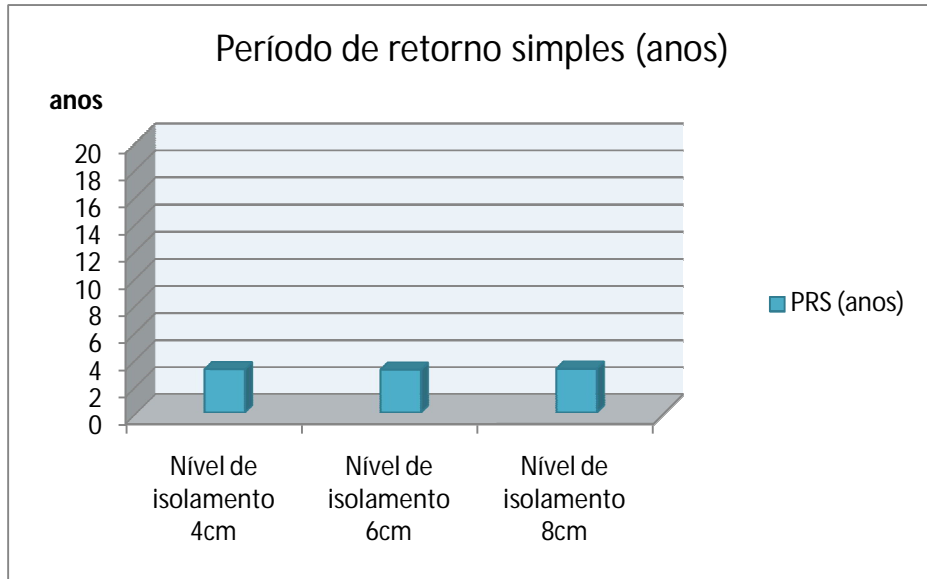


Fig. 120 Tempos de retorno do investimento para diferentes níveis de isolamento

Se nesta relação for considerado para além dos níveis de isolamento da envolvente opaca, um sistema de preparação de águas quentes sanitárias (AQS) mais eficiente, como é o caso do termoacumulador com pelo menos 100mm de isolamento e uma bomba de calor, o nível dos isolamentos mantém-se (6cm). No entanto, o melhor sistema contempla a bomba de calor.

Estes dados podem ser verificados pela figura seguinte, onde são apresentados dois conjuntos de três barras cada um, que correspondem às duas soluções para preparação de AQS, para os três níveis de isolamento.

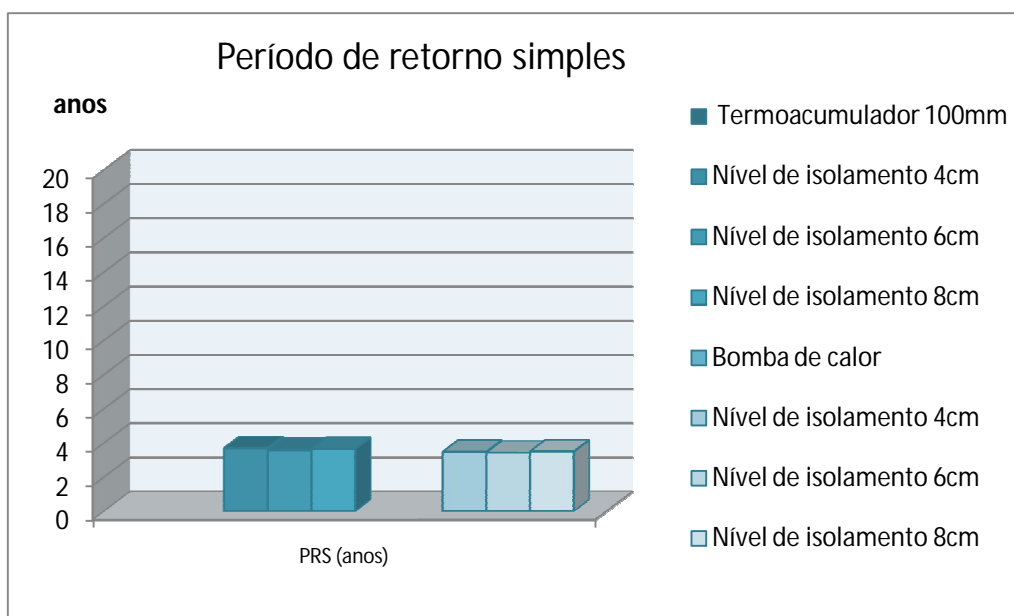


Fig.121 Tempos de retorno do investimento para diferentes níveis de isolamento, com sistemas de preparação de AQS mais eficientes.

Com a bomba de calor para preparação de AQS e com o segundo nível de isolamento (6cm), este pacote de propostas alcança a classe A. Para o segundo caso, que pertence ao segundo nível de isolamento (6cm) e com um termoacumulador elétrico com as características descritas na análise energética, a classe obtida é B. Tal como foi referido na análise energética, se for adicionado um sistema de climatização como bomba de calor que sirva para preparação de AQS, ou um sistema de ar condicionado, às restantes propostas de melhoria, os tempos de retorno aproximam-se, mas mantem-se a hierarquia anterior. Isto porque uma bomba de calor para climatização e AQS é mais dispendiosa e como tal aumenta os anos de retorno do investimento. A figura seguinte retrata estas afirmações.

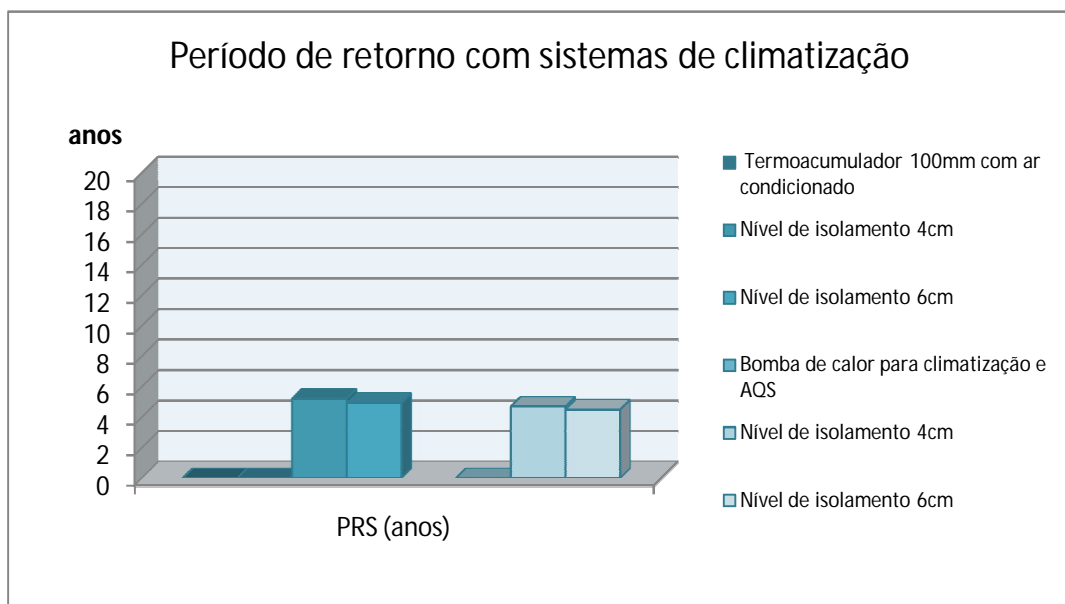


Fig 122 Tempos de retorno de investimento para os três níveis de isolamento, melhoria das caixilharias e com sistemas de climatização

Para esta moradia, o primeiro conjunto de medidas do gráfico, permite obter classe B. No segundo, com bomba de calor para preparação das águas quentes e climatização, obtém-se classe A.

Com base nos dados anteriores, de seguida, é apresentada uma tabela com o resumo das melhores propostas no que diz respeito à relação custo/benefício.

Tabela 22 Resumo das propostas com melhores resultados face à relação custo/benefício, no edifício localizado em Nogueira

Elemento	Melhores proposta relativamente ao custo/benefício
Envolvente opaca	
Parede exterior	ETICS 6cm
Parede exterior com tijolo burro	XPS de 6cm com gesso cartonado pelo interior da fachada
Parede que separa espaço útil de não útil (caixa de escadas, caixa de elevador, garagem)	XPS de 6cm revestido por gesso cartonado
Parede que separa edifício vizinho	XPS de 6cm revestido por gesso cartonado
Pavimento sobre espaços não úteis	Teto falso com XPS de 6cm
Coberturas	Teto falso com XPS de 6cm
Caixa-de-estores	XPS de 2cm
Envolvente envidraçada	Não foi proposta alteração
Sistemas de preparação de AQS	
Se não tiver climatização	Termoacumulador elétrico com pelo menos 100mm de isolamento
Se tiver climatização	Bomba de calor
Sistemas de climatização	Bomba de calor, com ventilo-convectores

6.3 Edifícios multifamiliares

Em relação a estes edifícios, nem sempre há unanimidade na decisão de realizar uma intervenção global dada a presença de vários proprietários. Para contornar este obstáculo há possibilidade de intervir a nível de cada fração. No entanto, as intervenções pelo exterior costumam apresentar melhor desempenho que pelo interior, com a desvantagem de necessitar do acordo do condomínio e da autarquia local, para as realizar.

Quanto à questão dos sistemas centralizados, a falta de espaço para colocação de máquinas e orientação de vertentes para painéis solares, podem ser um entrave à aplicação dos mesmos. No caso do edifício de S. Victor, parecem existir alguns obstáculos à implementação destas inovações, nomeadamente, a mentalidade dos proprietários e algum ruído oriundo de vibrações inerentes ao funcionamento de certos equipamentos. No edifício de S. Lázaro, parece haver maior tolerância e abertura para as questões de eficiência energética, provavelmente pelo nível cultural mais elevado destes proprietários em contraste com os do outro condomínio, relativamente ao desenvolvimento tecnológico que beneficia o meio ambiente.

6.3.1 Análise de impacto a nível energético

6.3.1.1 Edifício de S. Victor

Partindo do pressuposto que há possibilidade de realizar uma intervenção neste edifício, a nível de reabilitação energética, as medidas propostas para envolvente opaca analisadas foram:

- Fachadas: - Sistema ETICS;
 - Fachada ventilada com XPS;
 - Isolamento pelo interior da fachada com XPS revestido a gesso cartonado;
- Isolamento do pavimento em contacto com a garagem pela face inferior da laje com XPS;
- Tetos falsos com XPS na cobertura;
- Isolamento da caixa de escadas com XPS e gesso cartonado pelo interior das fracções;
- Isolamento da caixa de estores.

As razões da seleção destas propostas foram já referidas na análise dos edifícios unifamiliares.

Os resultados do impacto destas medidas de melhoria, a nível das necessidades de aquecimento (Nic) e arrefecimento (Nvc) para a envolvente opaca, permitem verificar que os melhores desempenhos são para níveis de isolamento de 8cm.

Os valores desta análise são expressos nas figuras que se seguem. Nestas, para cada proposta de melhoria referida anteriormente, são apresentadas oito barras, com os valores que correspondem a cada uma das fracções de 1 a 8. O mesmo acontece para a solução inicial, que é representada no primeiro conjunto de oito barras. A primeira figura apresenta as Nic para as fachadas, a segunda para as restantes zonas da envolvente opaca.

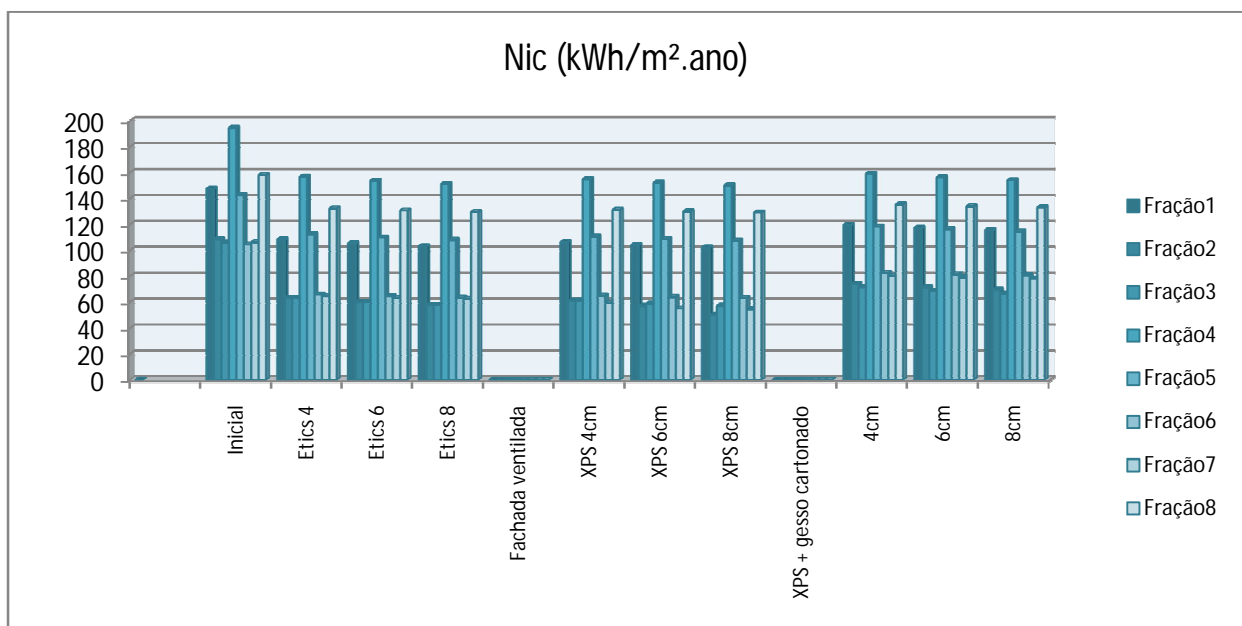


Fig. 123 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de aquecimento na envolvente opaca

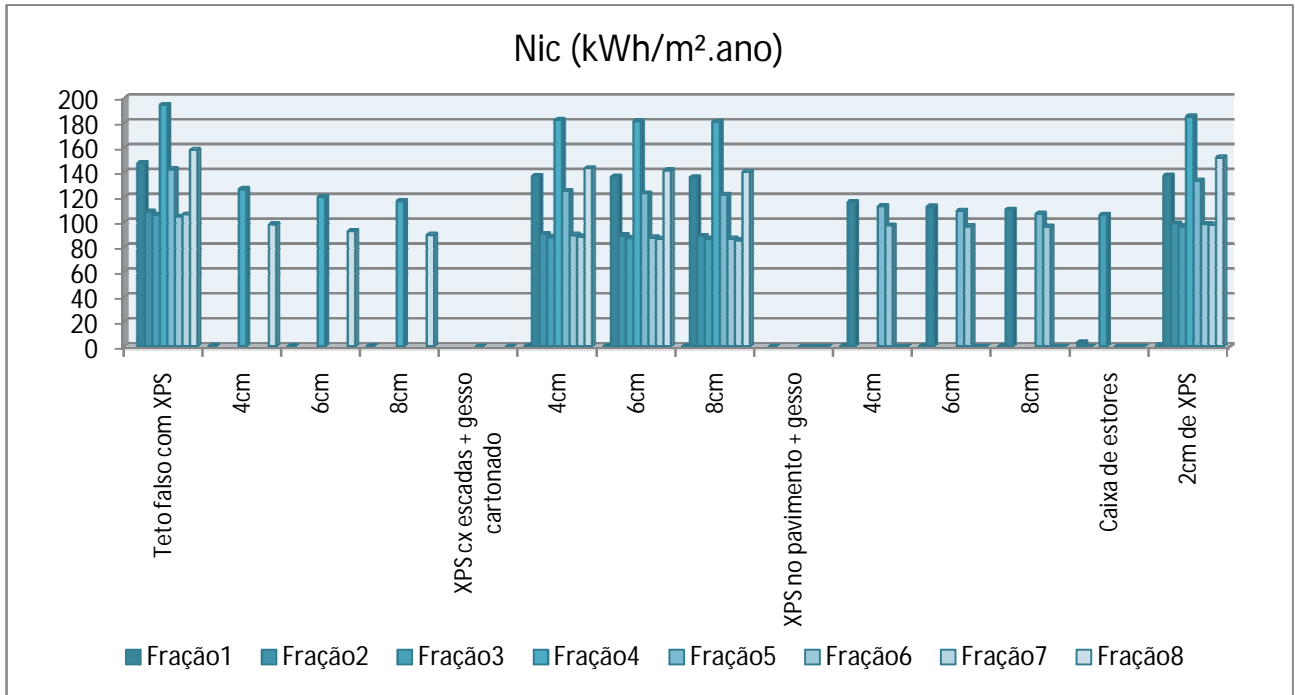


Fig. 124 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de aquecimento na envolvente opaca

Nesta última o teto falso só é aplicado nas frações 4 e 8, localizadas no último piso do edifício, assim como o isolamento do pavimento só é considerado nas frações 1 e 5, localizadas sobre a garagem e frações 6 com parte do quarto sobre exterior. De forma a não condensar muito a informação, as tabelas com os valores Nic e Nvc, encontram-se no anexo II.

As figuras seguintes contêm os valores de Nvc, para cada proposta de melhoria e para as oito frações do edifício. O primeiro conjunto de oito barras mostra a situação inicial para as oito frações e os restantes são relacionados com as propostas de melhoria em análise para as oito frações e para as espessuras de 4cm, 6cm e 8cm.

A primeira figura contém os valores para as propostas da fachada e a segunda as restantes zonas da envolvente opaca.

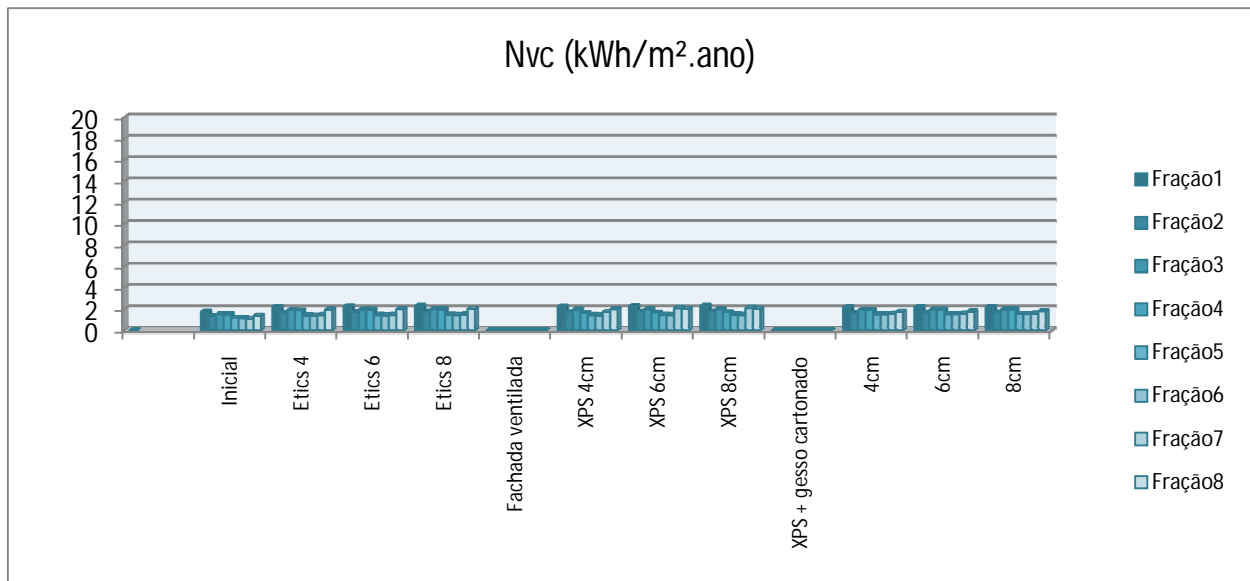


Fig. 125 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de arrefecimento nas paredes exteriores

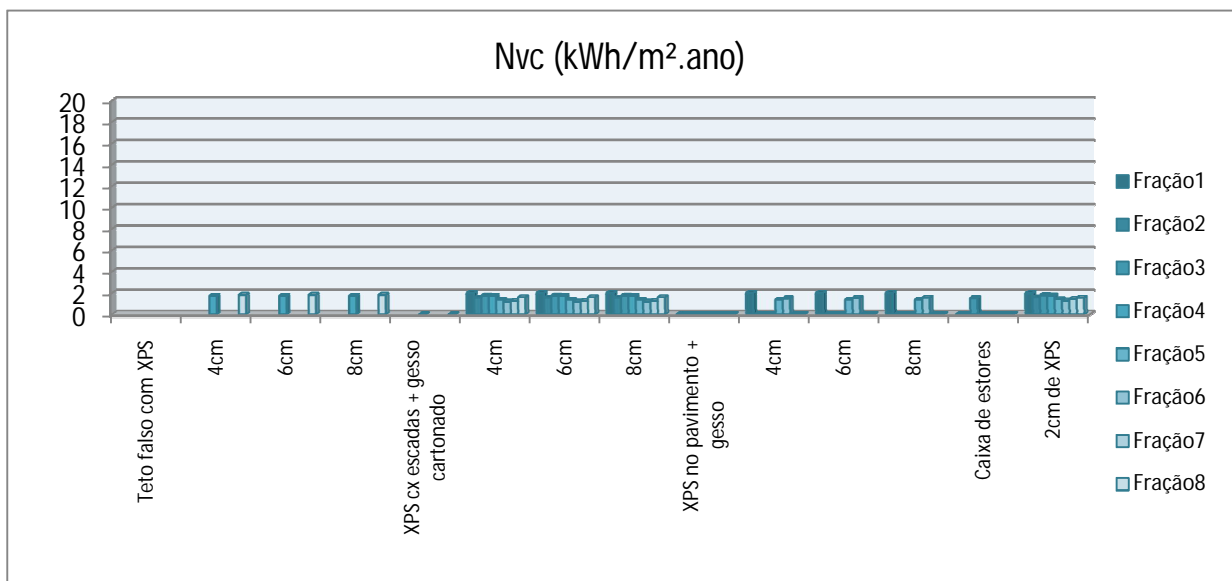


Fig. 126 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de arrefecimento na restante envolvente opaca

Nesta última figura, o teto falso só existe nas frações 4 e 8 e o pavimento só é considerado nas frações 1, 5 e 6.

O impacto nas Nvc não é tão notório. Para além disso as frações têm necessidades de aquecimento mais elevadas que as necessidades de arrefecimento.

As percentagens da incorporação destas propostas de melhoria, consoante a espessura do isolamento e respectiva fração, variam. Assim de forma a resumir estes dados, de seguida é apresentada uma tabela que contém o resumo destes valores por proposta de melhoria e por fração.

Tabela 23 Resumo das percentagens de redução nas Nic com implementação das medidas de melhoria propostas

Percentagem de redução nas Nic (%)	Fração1	Fração2	Fração3	Fração4	Fração5	Fração6	Fração7	Fração8
Etics 4	26,65	41,79	40,40	19,40	21,31	37,06	39,28	16,29
Etics 6	28,55	44,61	43,28	21,01	23,00	38,33	40,54	17,29
Etics 8	30,07	46,87	45,59	22,30	24,35	39,36	41,28	18,10
Fachada ventilada								
XPS 4cm	27,98	43,76	42,43	20,37	22,49	37,95	44,23	16,99
XPS 6cm	29,50	47,43	44,73	21,82	23,84	38,97	48,14	17,79
XPS 8cm	30,75	53,92	46,16	22,78	24,69	39,61	48,83	18,30
XPS + gesso cartonado								
4cm	18,90	31,62	32,83	18,20	17,09	21,05	24,61	14,37
6cm	20,48	34,29	35,37	19,65	18,58	22,11	25,65	15,31
8cm	21,71	35,89	37,37	20,78	19,74	22,92	26,45	15,88
Teto falso com XPS								
4cm				34,88				37,76
6cm				38,07				41,25
8cm				39,87				43,21
XPS cx escadas + gesso cartonado								
4cm	6,97	16,56	16,90	6,28	12,33	14,15	16,78	9,26
6cm	7,40	17,42	17,78	6,77	13,61	15,93	18,53	10,44
8cm	7,65	17,95	18,32	7,06	14,39	17,04	19,60	11,17
XPS no pavimento + gesso								
4cm	21,23				20,91	6,78		
6cm	23,68				23,45	7,40		
8cm	25,30				25,14	7,77		
Caixa de estore								
XPS com 2cm	6,70	8,57	8,75	4,80	6,36	5,75	7,72	3,74

Para a envolvente envidraçada, as propostas de um modo geral incluem:

- Colocação de segunda caixilharia pelo exterior das persianas, exceto nas frações 6 e 8, porque já possuem;
- Substituição da caixilharia existente, por novas em alumínio com corte térmico e vidro duplo corrente ou refletante;
- Substituição por caixilhariadas em PVC com vidro duplo corrente ou refletante.

A proposta que permite melhor desempenho energético é a aplicação de caixilhariadas em PVC, com vidro duplo corrente, seguindo-se a aplicação de segunda caixilharia pelo exterior.

As figuras seguintes apresentam os valores do impacto das várias caixilhariadas nas necessidades energéticas Nic e Nvc, no edifício de S. Victor, para as várias frações em análise. Isto é, para cada uma das cinco propostas de melhoria, existem oito barras que correspondem aos valores das necessidades de cada fração.

No caso particular da segunda caixilharia existem apenas seis barras, porque as frações 6 e 8 já possuem esta medida.

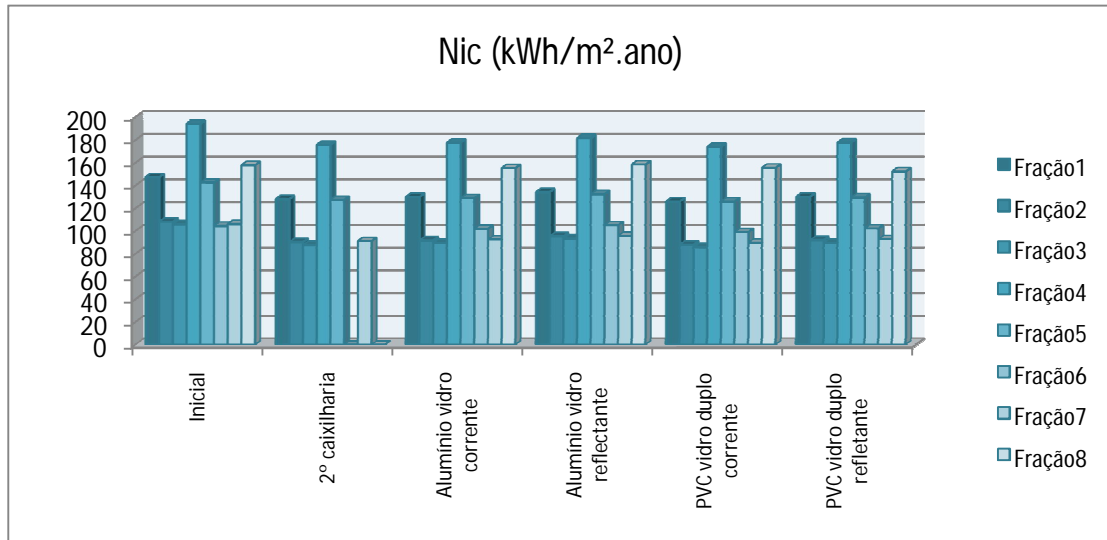


Fig. 127 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de aquecimento na envolvente envidraçada

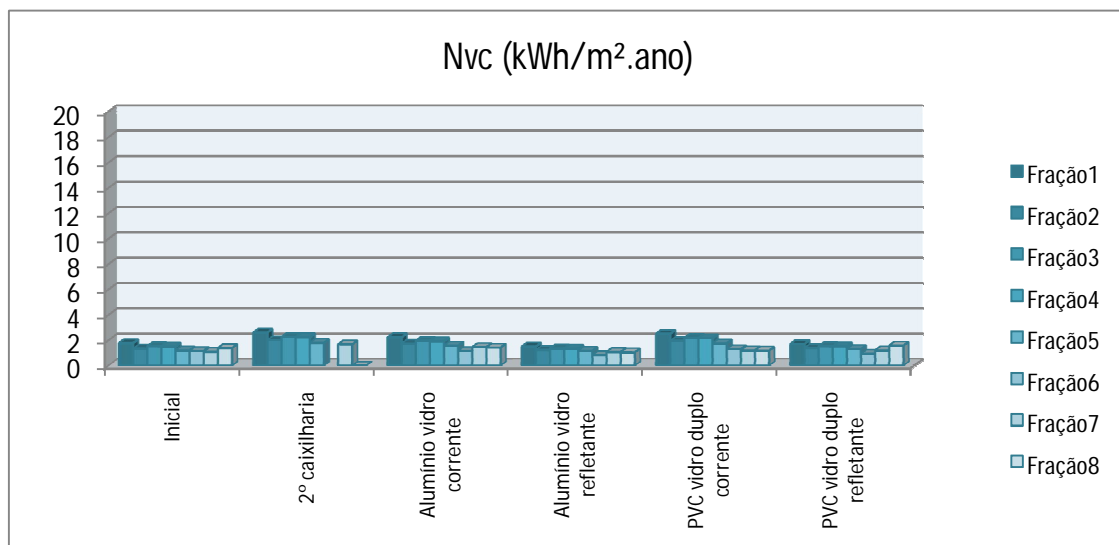


Fig. 128 Impacto das medidas de melhoria das necessidades energéticas de arrefecimento na envolvente envidraçada

O valor das Nvc aumenta para as duas soluções referidas anteriormente, ou seja, varia de forma inversa ao Nic.

As reduções nas Nic devido à reabilitação dos envidraçados, varia bastante consoante a fração. As percentagens encontram-se na tabela seguinte.

Tabela 24 Percentagem de redução nas Nic, para os vãos envidraçados consoante a fração

Percentagem de redução das Nic para as caixilharias (%)	Fração1	Fração2	Fração3	Fração4	Fração5	Fração6	Fração7	Fração8
2º Caixilharia com vidro simples	13	17	17	9	11		14	
Alumínio vidro duplo corrente	12	15	16	9	10	2	13	2
Alumínio vidro duplo refletante	9	12	12	7	7	-1	10	0
PVC vidro duplo corrente	15	19	19	10	12	5	15	1
PVC vidro duplo refletante	12	15	15	8	9	2	12	3

Relativamente às propostas para preparação de AQS, as hipóteses analisadas em termos de desempenho energético foram as seguintes:

- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 100mm de isolamento;
- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 50mm de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 100mm de espessura de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 50mm de espessura de isolamento;
- Sistema solar com sistema auxiliar composto pelas soluções supra citadas;
- Bomba de calor com COP3.

Os resultados das necessidades de preparação de águas quentes sanitárias (Nac) para estes sistemas, mostram que os sistemas mais eficazes, a nível de desempenho energético, são a bomba de calor, seguindo-se o sistema solar com um termoacumulador elétrico com pelo menos 100mm de espessura de isolamento, como sistema auxiliar. Os valores das Nac dos diversos sistemas são expressos na figura que se segue. A figura contém um gráfico com quinze conjuntos de oito barras, que correspondem às quinze propostas de melhoria, para cada uma das oito frações.

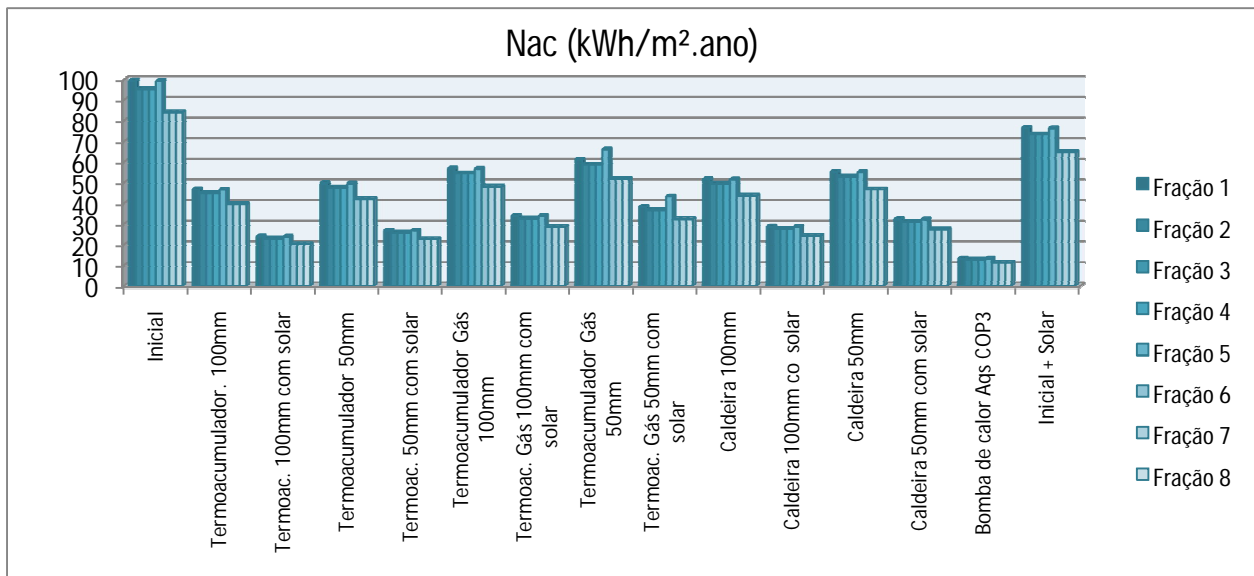


Fig. 129 Impacto nas necessidades energéticas das medidas de melhoria para preparação de águas quentes

O impacto da aplicação de propostas de melhoria para os três níveis de isolamento (4, 6 e 8cm), para as várias frações foi calculado utilizando:

- Sistema ETICS para as fachadas;
- XPS com gesso cartonado para as paredes de separação da caixa de escadas e do edifício vizinho;
- XPS com teto falso nas frações com cobertura;
- XPS na face inferior da laje dos pavimentos em contacto com a garagem ou exterior.

Esta análise concluiu que o melhor conjunto de propostas, a nível de desempenho energético, é para o terceiro nível de isolamento (8cm).

Os resultados do impacto nas reduções das necessidades nominais de energia Nic e Nvc, para a ação conjunta, em cada fração, são apresentados nas figuras seguintes. As figuras contêm um gráfico com oito grupos de quatro barras. Cada grupo corresponde a uma fração e as quatro barras representam o situação inicial e os três níveis de isolamento já referidos.

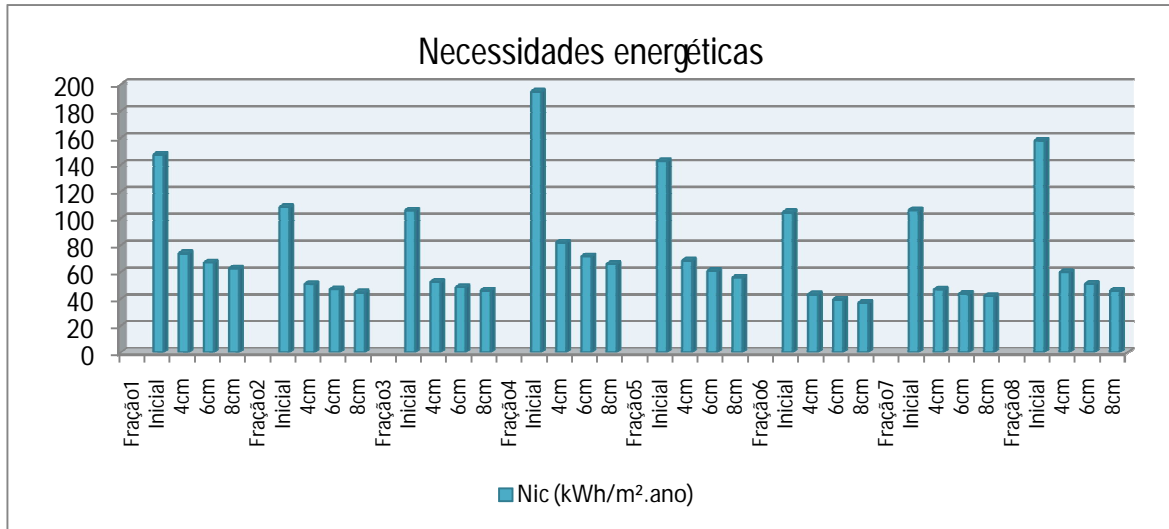


Fig. 130 Impacto das intervenções para os três níveis de isolamento, nas necessidades energéticas Nic nas frações 1 a 8

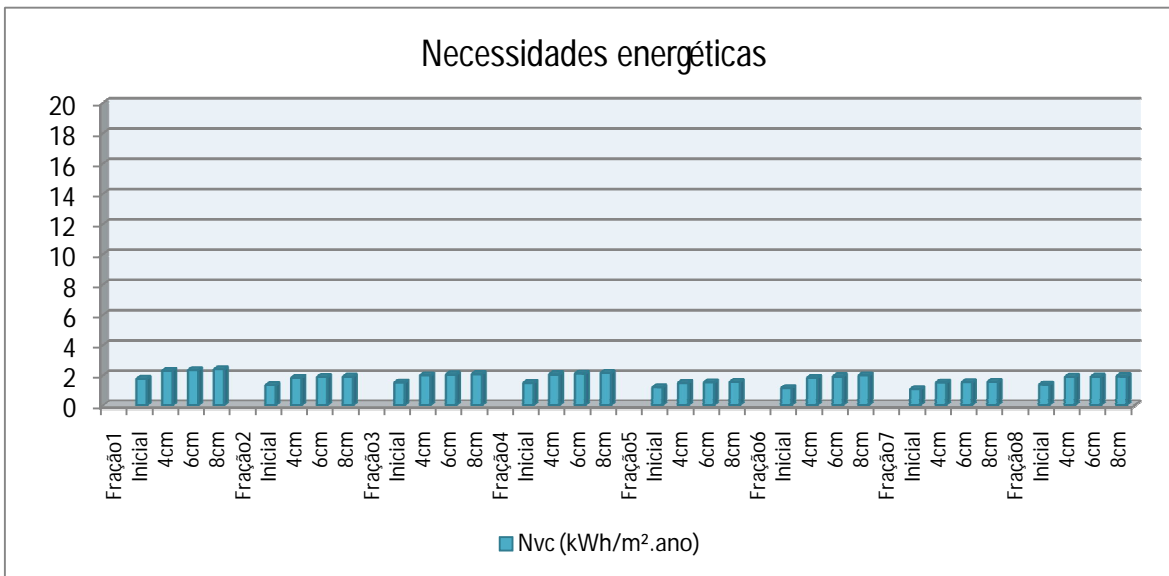


Fig.131 Impacto das intervenções para os três níveis de isolamento, nas necessidades energéticas Nvc, nas frações 1 a 8

A percentagem da redução do valor das necessidades nominais de aquecimento (Nic) para cada fração e para cada nível de isolamento, está resumida na tabela que se segue.

Tabela 25 Percentagem de redução nas Nic, para os vãos envidraçados consoante a fração

Percentagem de redução das Nic para os níveis de isolamento (%)	Fração1	Fração2	Fração3	Fração4	Fração5	Fração6	Fração7	Fração8
Isolamento 4cm	48	64	63	42	52	69	67	58
Isolamento 6cm	53	67	66	49	57	72	69	64
Isolamento 8cm	56	68	67	54	61	74	70	67

Em termos de classificação energética as várias frações possuem classificação C, exceto a Fração 4, do último piso, que possui classe D. Se forem implementados estes níveis de isolamento nas envolventes opacas, sem melhorar mais nenhum parâmetro, as classes energéticas mantêm-se, com exceção da fração referida, que aumenta para classe C.

De seguida é analisado o impacto das propostas de melhoria para as caixilharias e do sistema de preparação de AQS. As propostas escolhidas são:

- Segunda caixilharia pelo exterior;
- Bomba de calor.

A escolha da segunda caixilharia é fruto da existência desta solução em duas das frações, homogeneizando assim o aspeto da fachada e por ser a segunda melhor solução, em termos energéticos, com pequenas diferenças para a melhor solução. Esta também tem a vantagem de permitir reutilizar a caixilharia existente, evitando a produção de mais resíduos.

Para estas propostas, as soluções que têm melhor desempenho continuam a ser relativas à espessura de 8cm, para cada uma das frações, pois permitem maiores reduções das Nic. Em relação às Nvc, de um modo geral, o valor aumenta em concordância com o aumento da espessura do isolamento. O valor das Nac para estas propostas é igual para os quatro níveis de isolamento em estudo, em cada uma das oito frações. A figura seguinte expressa os resultados das oito frações. Esta figura contém oito conjuntos de quatro barras cada um, que representam o resultado para a situação inicial e para cada um dos níveis de isolamento.

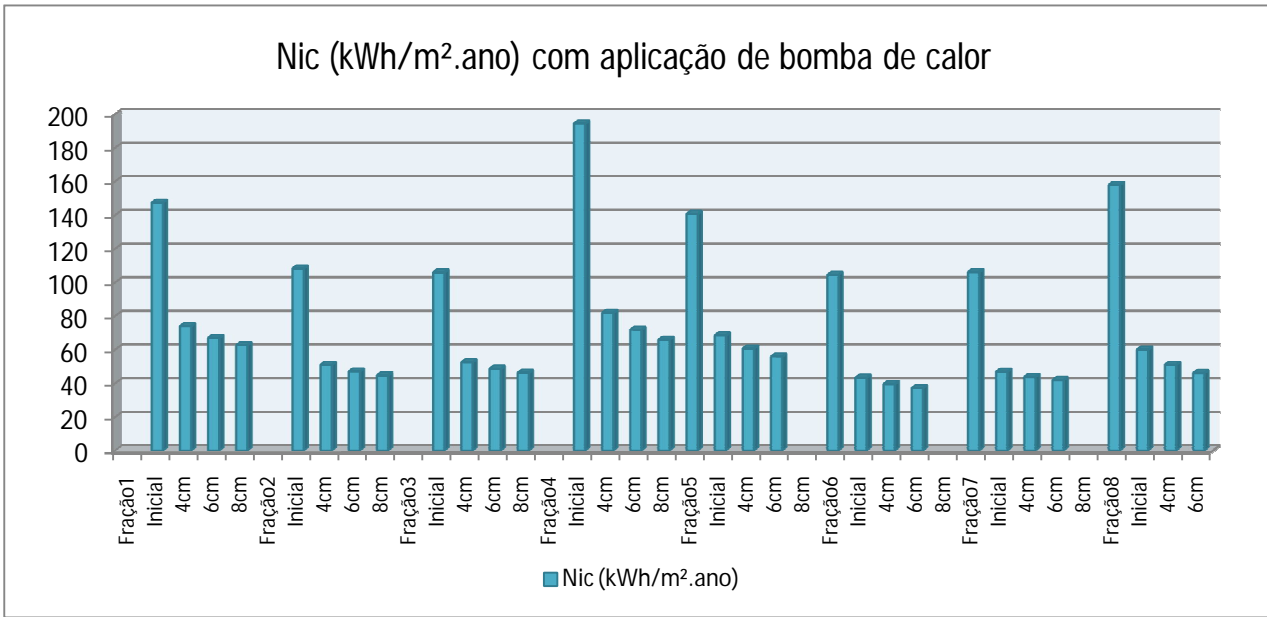


Fig. 132 Necessidades nominais de aquecimento para os três níveis de isolamento, segunda caixilharia e com bomba de calor

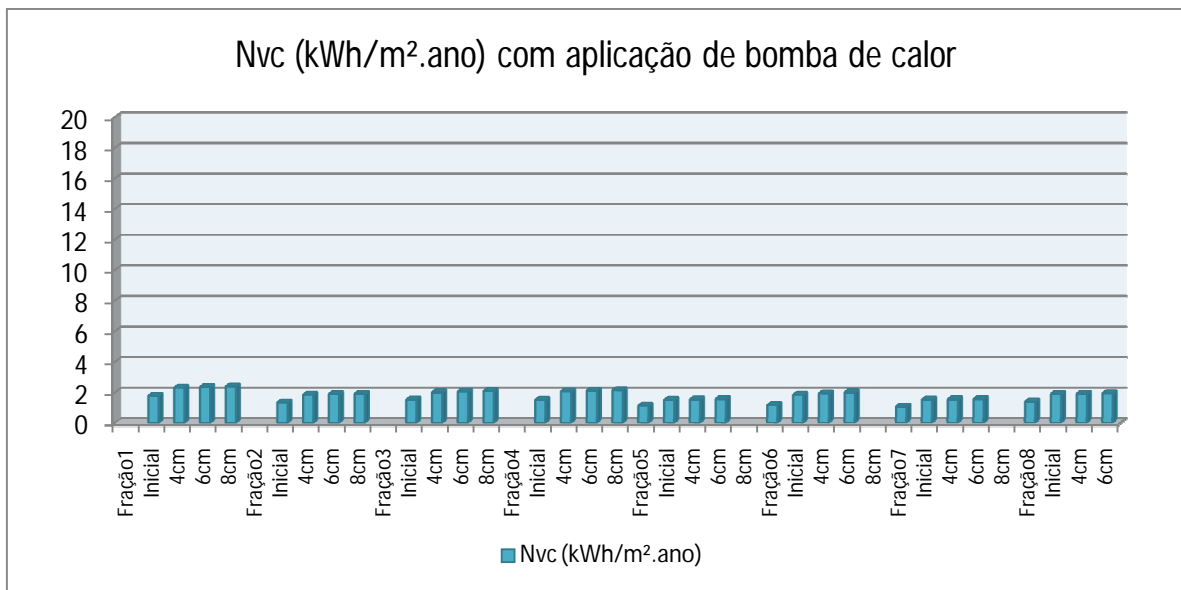


Fig. 133 Necessidades nominais de aquecimento para os três níveis de isolamento, segunda caixilharia e com bomba de calor

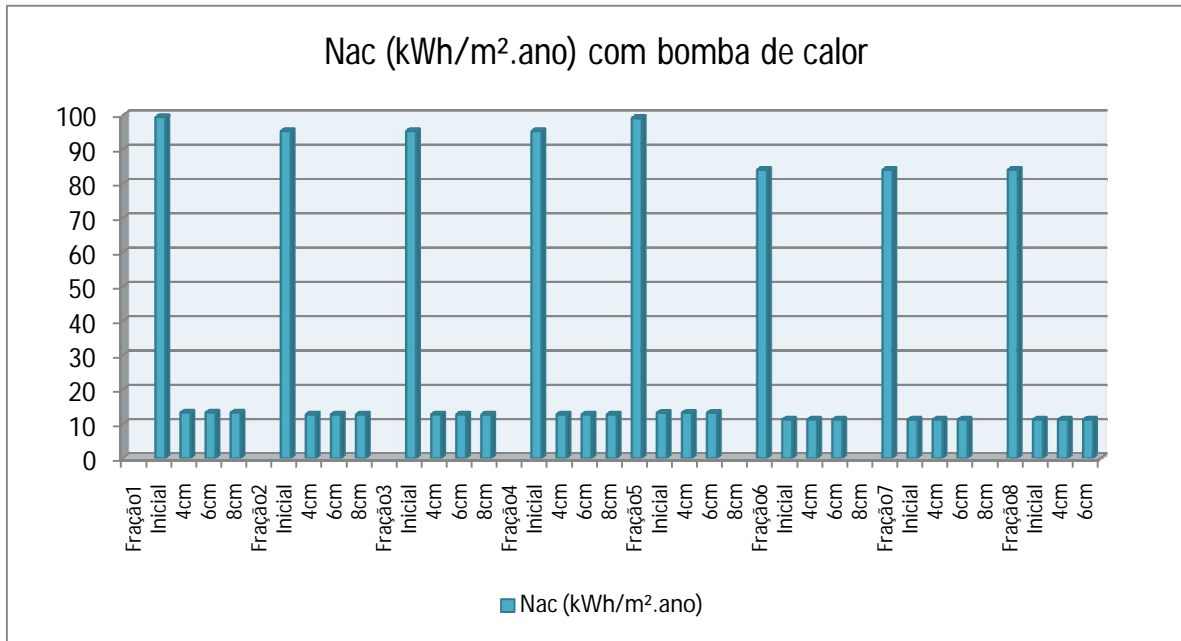


Fig. 134 Necessidades nominais para preparação de águas quentes sanitárias para os três níveis de isolamento com bomba de calor

Com a adição desta proposta de melhoria nos sistemas de preparação de AQS, a classe energética atinge a classificação A, em todas as frações. Se em vez da bomba for aplicado um termoacumulador elétrico com pelo menos 100mm de espessura de isolamento e eficiência de 0,95, a classe energética passa para classe B. Esta última análise não consta na imagem, mas foi realizada para termo de comparação.

Nestes edifícios, uma vez que os proprietários não têm hábitos de consumo, nem estão habituados a climatizar, não será analisado o impacto das propostas de melhoria para os sistemas de climatização. Para além disto, os motivos referidos no início em relação às bombas de calor e sistemas solares, ligados à falta de espaço, questões de ruídos, obras necessárias para realizar a instalação, também desencorajam a propor estes sistemas, neste edifício.

De seguida é apresentada uma tabela com o resumo das melhores propostas de melhoria estudadas e que também serão alvo de análise custo/benefício.

Tabela 26 Tabela resumo das melhores propostas de melhoria, em termos de análise energética

Elemento	Resumo das melhores propostas de melhoria estudadas
Envolvente opaca	
Parede exterior	ETICS 8cm
Parede que separa espaço útil de não útil (caixa de escadas)	XPS de 8cm revestido por gesso cartonado
Parede que separa edifício vizinho	XPS de 8cm revestido por gesso cartonado
Pavimento sobre espaços não úteis	Teto falso com XPS de 8cm
Coberturas	Teto falso com XPS de 8cm
Caixa de estores	XPS de 2cm
Envolvente envidraçada	Caixilharia de PVC com vidro duplo corrente
Sistemas de preparação de AQS	Bomba de calor

A análise realizada é apenas em termos energéticos. As conclusões finais ficam dependentes da análise custo/benefício destas medidas, que será efetuada no ponto 6.3.2.

6.3.1.2 Edifício de S. Lázaro

As propostas de intervenção neste edifício são semelhantes às do ponto anterior. Isto é, para a envolvente opaca foram analisadas as seguintes propostas:

- Fachada:
 - Sistema ETICS;
 - Fachada ventilada com granito de 2cm;
 - Aplicação de isolamento XPS pelo interior da fachada revestido por gesso cartonado;
- Isolamento XPS revestido com gesso cartonado, nas paredes que separam a caixa de escadas, caixa de elevador e os edifícios vizinhos;
- Isolamento XPS na parte inferior das lajes de pavimento em contacto com os espaços comerciais do R/C;
- Tetos falsos com isolamento XPS nas coberturas em terraço e nas coberturas em desvão do último piso;
- Isolamento na caixa de estores.

Utilizando a mesma metodologia de outros casos de estudo, foram calculadas as necessidades energéticas de aquecimento (Nic) e de arrefecimento (Nvc) para as propostas supra citadas, a nível individual.

Os resultados para o impacto destas propostas, nas Nic e Nvc, para cada fração do edifício permitem verificar que a espessura mais vantajosa em termos energéticos é a de 8cm. Em relação à solução para a fachada, a melhor é a fachada ventilada, embora a diferença desta para o sistema ETICS seja pequena. Por vezes a diferença de valores, entre os níveis de isolamento também é pequena.

Os resultados são expressos nas figuras seguintes. Estas contêm indicação dos valores iniciais, para cada fração que é expresso no primeiro grupo de onze barras. Os grupos seguintes, também com onze barras cada um, representam para cada nível de isolamento, o impacto nas Nic e Nvc das propostas de melhoria. As propostas para as coberturas têm menos barras, porque só existem nas frações 10,11,12,13 e 14. O mesmo acontece com o pavimento que só abrange as frações 1,2 e 3, do primeiro piso.

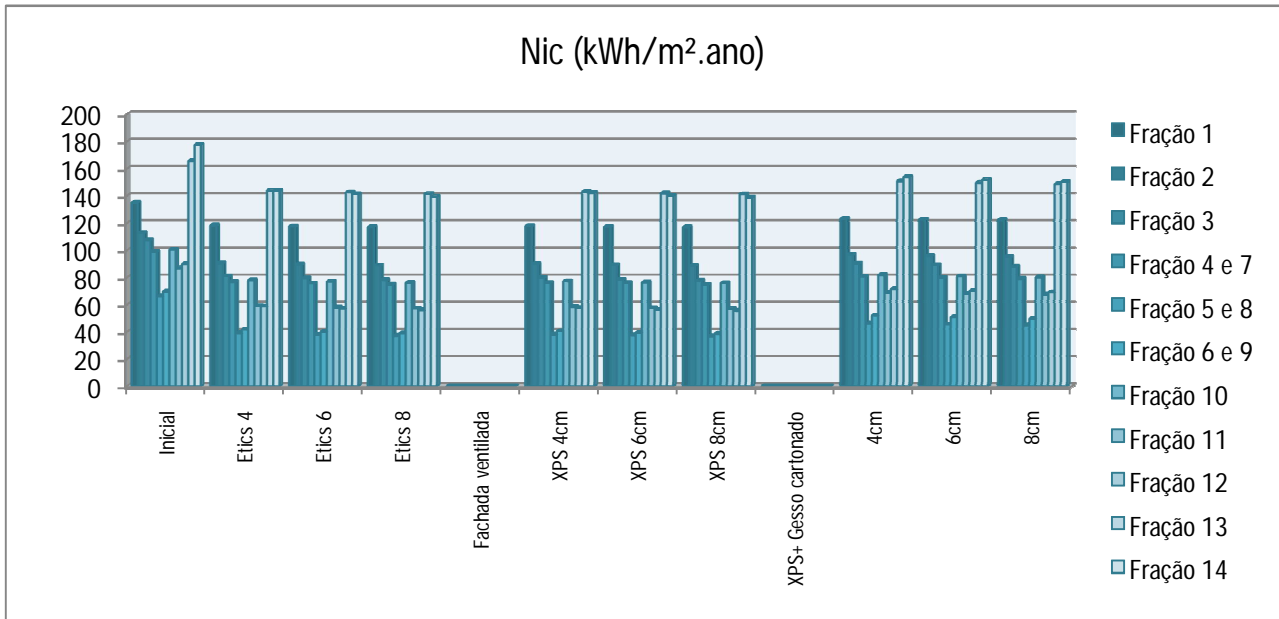


Fig. 135 Impacto das propostas de melhoria para as fachadas nas necessidades energéticas de aquecimento (Nic) das frações 1 a 14.

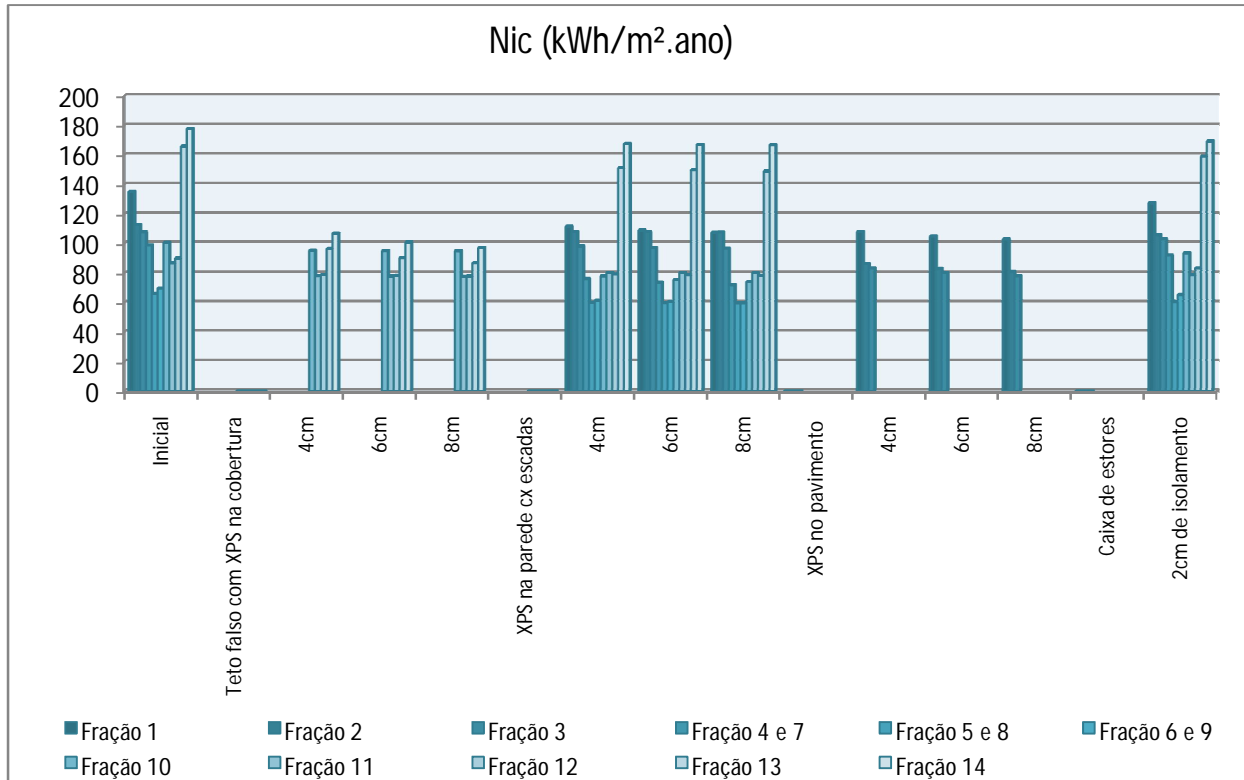


Fig. 136 Impacto das restantes propostas nas necessidades energéticas de aquecimento (Nic) das frações 1 a 14

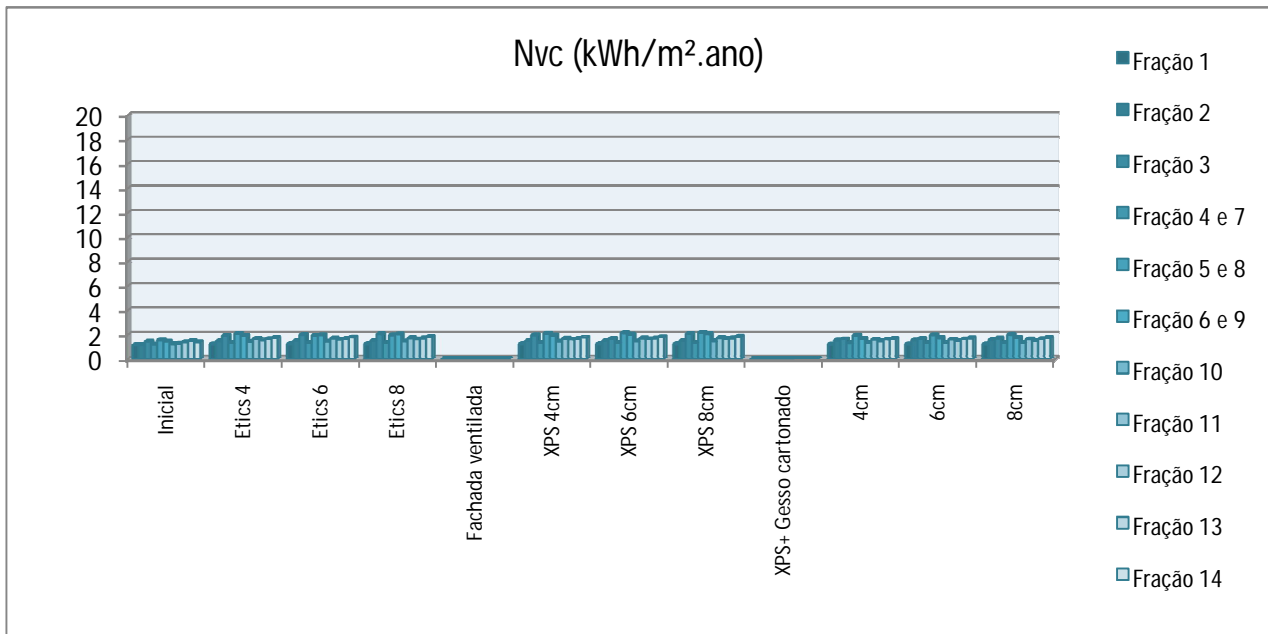


Fig. 137 Impacto das propostas para as fachadas nas necessidades energéticas de arrefecimento (Nvc) das frações 1 a 14

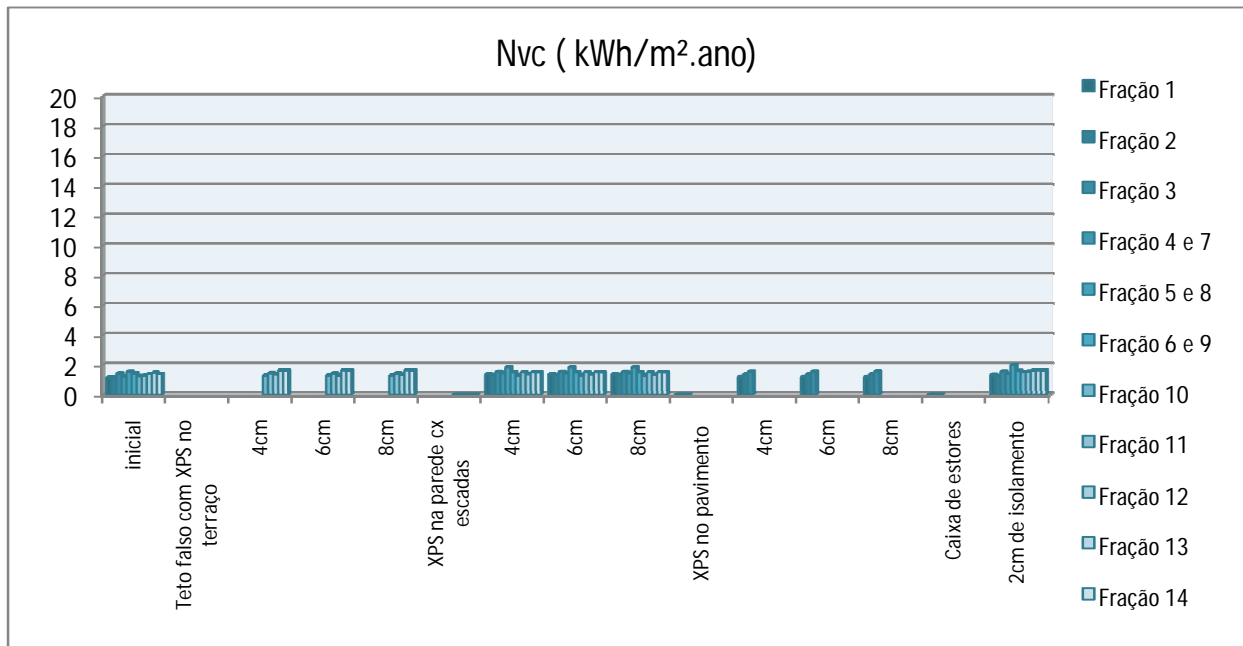


Fig. 138 Impacto das restantes propostas nas necessidades energéticas de arrefecimento das frações 1 a 14

As tabelas que deram origem a estes valores encontram-se no anexo II.

De um modo geral a aplicação de isolamento permite diferentes percentagens de redução consoante a solução e a fração. A tabela que se segue resume estes valores.

Tabela 27 Tabela resumo das percentagens de redução das Nic, paras as propostas de melhoria

Nic	Fraçã o 1	Fraçã o 2	Fraçã o 3	Fração 4 e 7	Fração 5 e 8	Fração 6 e 9	Fração 10	Fração 11	Fração 12	Fração 13	Fração 14
Inicial											
Etics 4	12,38	19,70	24,73	22,43	41,26	40,28	22,47	32,02	34,64	13,10	19,00
Etics 6	12,87	20,59	26,26	23,46	42,78	42,53	23,49	33,18	36,44	13,93	20,40
Etics 8	13,26	21,31	27,49	24,28	43,93	44,32	24,29	34,11	37,88	14,59	21,52
Fachada ventilada											
XPS 4cm	12,72	20,33	25,80	23,15	42,30	41,85	23,18	32,84	35,90	13,68	19,98
XPS 6cm	13,11	21,05	27,03	23,15	43,48	43,66	23,99	33,76	37,33	14,35	21,10
XPS 8cm	13,36	21,49	27,80	24,49	44,22	44,78	24,49	34,34	38,24	14,76	21,80
XPS+ Gesso cartonado											
4cm	8,76	14,29	15,99	18,43	30,09	25,45	18,61	20,81	20,50	8,93	13,31
6cm	9,16	14,98	17,21	19,34	31,24	27,29	19,50	21,70	21,95	9,68	14,48
8cm	9,48	15,52	18,16	20,05	32,13	28,72	20,20	22,39	23,07	10,26	15,39
Teto falso com XPS na cobertura											
4cm							5,24	9,93	12,16	41,78	39,80
6cm							5,37	10,44	12,95	45,51	43,28
8cm							5,44	10,77	13,41	47,60	45,28
XPS na parede cx escadas											
4cm	17,51	4,49	8,79	23,08	9,18	11,94	22,44	7,40	11,70	8,75	5,65
6cm	19,37	4,59	9,68	25,62	9,36	13,28	24,90	7,55	12,59	9,62	5,98
8cm	20,52	4,66	10,21	27,18	9,47	14,14	26,41	7,66	12,95	10,15	6,17
XPS no pavimento											
4cm	20,04	23,54	22,61								
6cm	22,34	26,44	25,53								
8cm	23,87	28,37	27,48								
Caixa de estores											
2cm de isolamento	5,72	6,16	4,41	7,01	8,65	6,50	6,89	9,40	7,36	4,02	4,69

Neste edifício a maioria das frações tem classe C, exceto as frações 13 e 14, que têm classe D. Com estas propostas para envolvente opaca, a maioria, mantém a classe C e as frações referidas anteriormente (13 e 14) aumentam para a classe C.

A nível dos vãos envidraçados algumas das frações já possuem caixilharia dupla, colocada para fins de isolamento acústico e não de térmica. No entanto, acabou por realizar a dupla função. Assim, para estas frações as propostas excluem esta medida, uma vez que já possuem este género de solução. No geral as propostas incluem:

- Colocação de segunda caixilharia pelo exterior das persianas;
- Substituição da caixilharia existente, por novas em alumínio com corte térmico e vidro duplo corrente ou refletante;

- Substituição das caixilharias existentes por novas em PVC com vidro duplo corrente ou refletante.

Os resultados do impacto destas medidas nas necessidades nominais de aquecimento (Nic) de cada uma das frações em análise, permitiu verificar que a medida que obtém melhor desempenho é a substituição das caixilharias por novas em PVC, com vidro duplo corrente, seguindo-se a aplicação de segunda caixilharia com vidro simples pelo exterior da persiana, nos casos que ainda não possuem estas soluções (frações 1,2,4,7,10,11,12,13 e 14). Os resultados desta análise constam nas figuras seguintes. Nestas, para cada fração existem seis barras, que representam o valor de Nic inicial e para as cinco propostas de melhoria. As Nvc, para as duas propostas referidas, apresentam um valor mais elevado que as restantes propostas, para as quais a redução do Nic é menor.

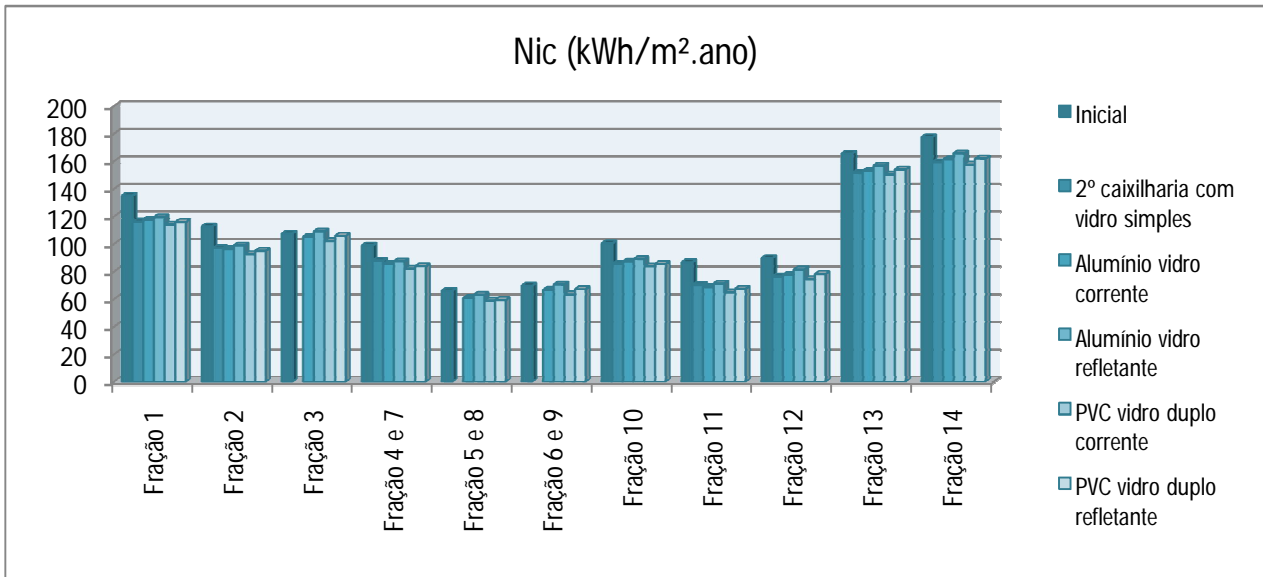
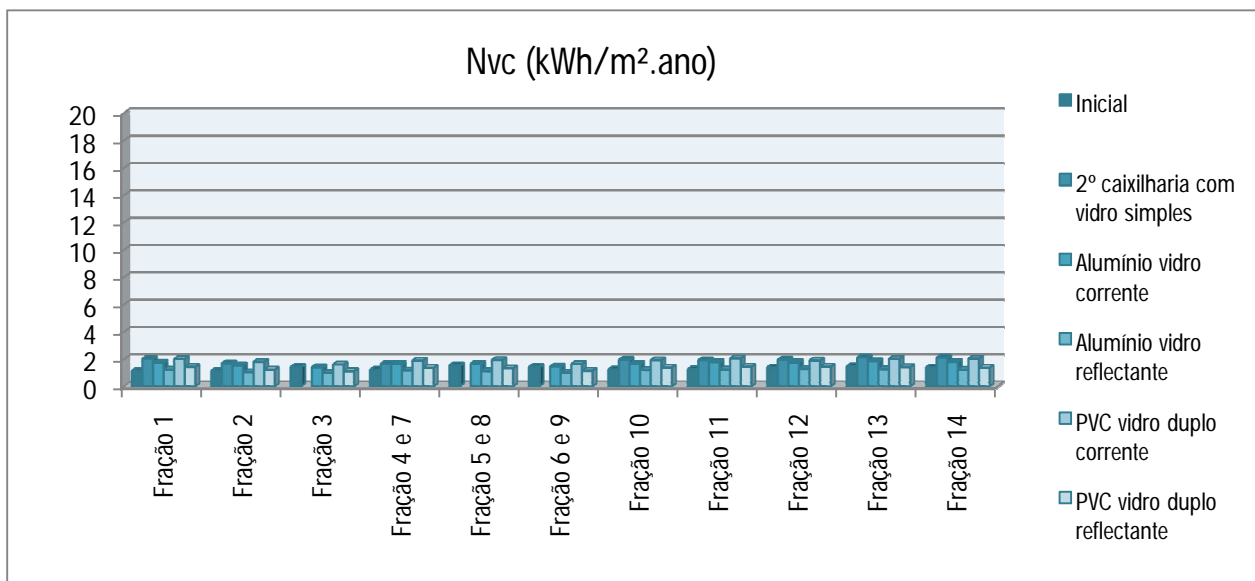


Fig. 139 Impacto nas necessidades energéticas de aquecimento das propostas de melhoria dos vãos envidraçados



Por curiosidade, foi testado em algumas frações o impacto na variação da classe de exposição na aplicação da segunda caixilharia e se for assegurada a classe de exposição de pelo menos 2, estas apresentam um resultado muito próximo do valor das caixilhariadas de PVC. Esta nuance não consta nos gráficos, nem nas tabelas que deram origem aos mesmos por questões de harmonização do raciocínio, aplicado para os restantes casos. As tabelas com os valores destas figuras constam no anexo III.

Os sistemas de preparação de águas quentes sanitárias propostos para avaliação foram semelhantes aos já referidos nos edifícios anteriores. Ou seja:

- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 100mm de espessura de isolamento;
- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 50mm de espessura de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 100mm de espessura de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 50mm de espessura de isolamento;
- Sistema solar com sistema auxiliar composto por soluções supra citadas;
- Bomba de calor com COP3.

A análise destes sistemas permitiu verificar que os mais eficientes, em termos energéticos, são a bomba de calor e o sistema solar com termoacumulador elétrico com pelo menos 100mm de espessura de isolamento e eficiência de conversão de 0,95, como sistema auxiliar. Esta constatação foi realizada com base no valor das necessidades nominais para preparação de águas quentes sanitárias (Nac). Os valores desta análise constam na figura seguinte, onde é apresentado o valor de Nac para cada solução, para cada uma das

frações. Portanto, existem quinze conjuntos de onze barras cada um e cada uma destas barras representa o valor das frações em análise conforme a legenda.

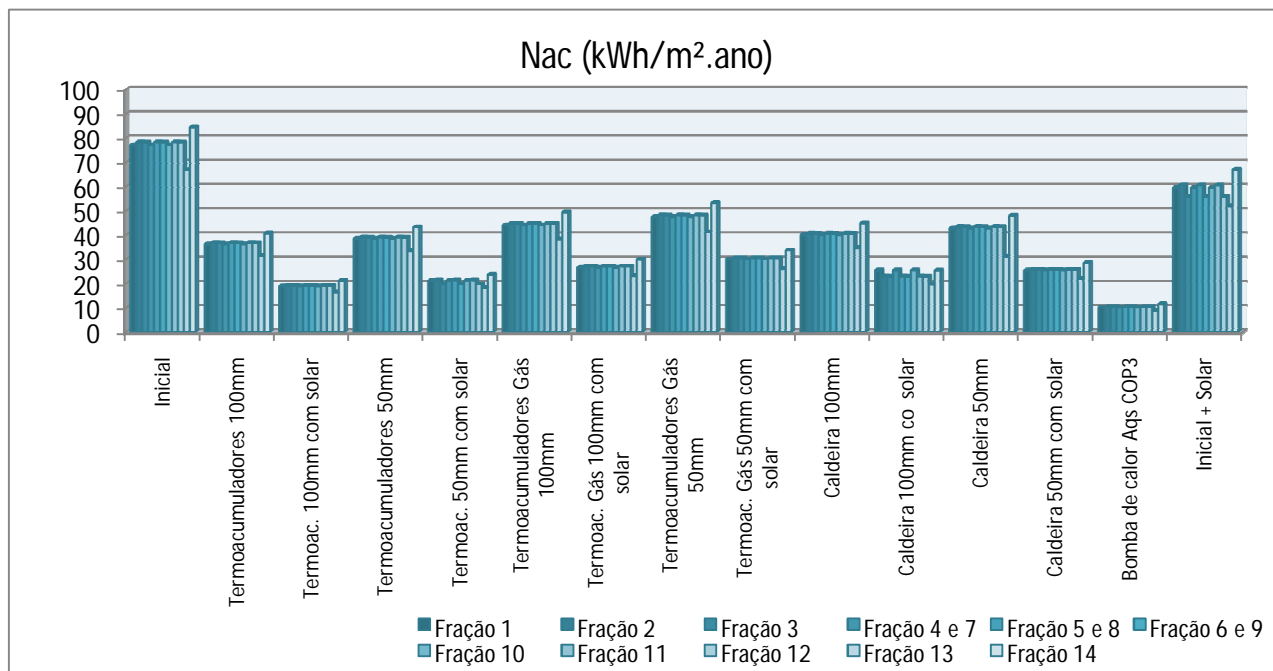


Fig. 141 Impacto das medidas de melhoria nos sistemas de preparação de águas quentes (Nac)

As bombas de calor permitem reduzir até 85% o valor das necessidades nominais de preparação de águas quentes sanitárias (Nac). Os sistemas solares, quando auxiliados por termoacumuladores ou caldeiras, levam a reduções em média de 45%, nas Nac.

Tal como nos outros edifícios, também neste, foi testado o efeito do conjunto das propostas de melhoria da envolvente opaca para os três níveis de isolamento enunciados. Como referido anteriormente esta análise permite conhecer o impacto nas diversas zonas que necessitam de intervenção de reabilitação energética e quais as espessuras que favorecem mais o respetivo desempenho.

Para esta análise e para cada nível de isolamento foram analisadas as seguintes soluções:

- ETICS nas fachadas;
- Isolamento XPS na parte inferior das lajes de pavimento em contacto com os espaços comerciais do R/C;
- Tetos falsos com isolamento XPS nas coberturas em terraço e nas coberturas em desvão do último piso;
- Isolamento XPS nas paredes de separação da caixa de escadas e dos edifícios vizinhos;
- Isolamento na caixa de estores.

Os resultados desta ação conjunta revelam que o desempenho energético mais eficiente acontece para o terceiro nível de isolamento, ou seja, 8cm. O menos efetivo é relativo à espessura de 4cm. Os valores desta análise são apresentados nas figuras seguintes. Nestas, cada conjunto de quatro barras representa o resultado para cada fração e as barras representam a situação inicial e os níveis de isolamento de 4cm, 6cm e 8cm. Em termos de legenda do eixo horizontal, a solução inicial tem a designação da fração.

As Nvc, mais uma vez aumentam consoante aumenta a espessura do isolamento. Na figura onde são resumidos estes valores, o funcionamento é semelhante às Nic. Cada grupo de quatro barras, corresponde a uma fração. A primeira barra é a situação inicial, que neste caso é quase sempre a de menor valor e as três seguintes correspondem aos três níveis de isolamento.

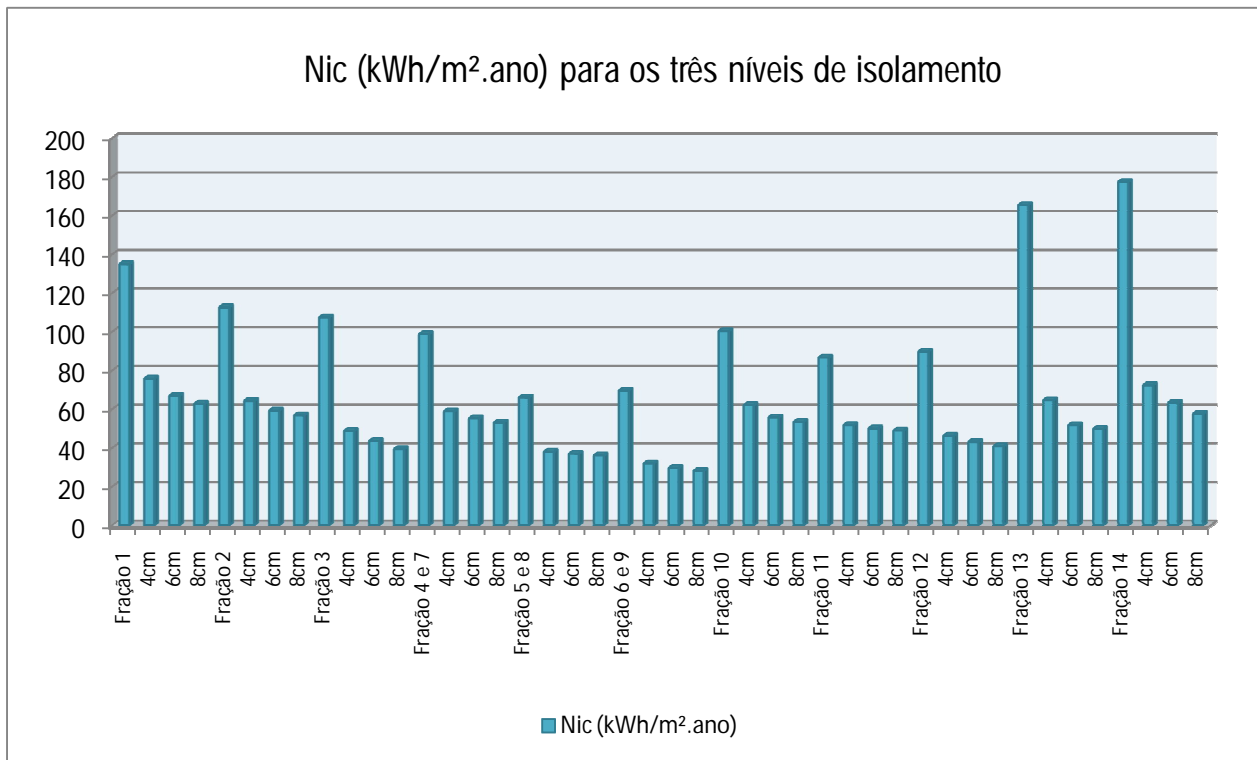


Fig. 142 Necessidades nominais de aquecimento para os níveis de isolamento propostos para as frações 1 a 14

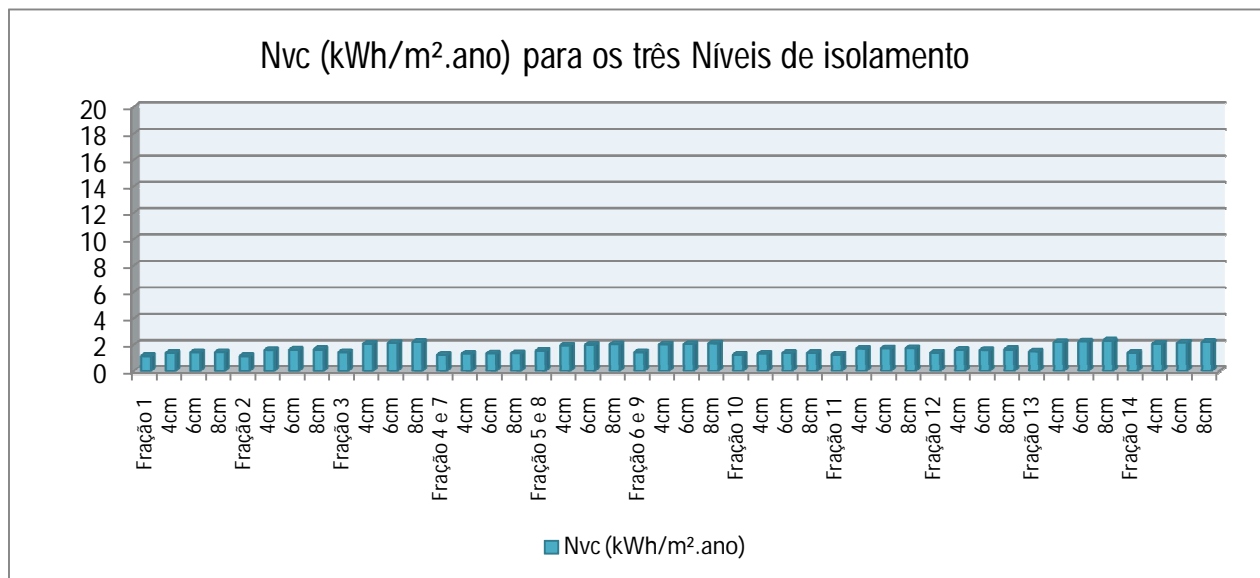


Fig. 143 Necessidades nominais de arrefecimento para os níveis de isolamento propostos para as frações 1 a 14

As percentagens de redução das Nic, para estes níveis de isolamento e para cada fração, são sistematizados na tabela seguinte.

Tabela 28 Tabela resumo das percentagens de redução das Nic, para os três níveis de isolamento

Percentage m de redução nas Nic (%)	Fração 1	Fração 2	Fração 3	Fração 4 e 7	Fração 5 e 8	Fração 6 e 9	Fração 10	Fração 11	Fração 12	Fração 13	Fração 14
4cm	43,79	42,92	54,52	40,28	42,38	53,95	38,14	40,30	48,45	60,97	59,18
6cm	50,40	47,36	59,49	44,02	44,02	57,36	44,36	42,15	51,94	68,75	64,29
8cm	53,46	49,49	63,22	46,18	45,31	59,51	46,73	43,48	54,52	69,85	67,48

Relativamente às classes energéticas, após a introdução das propostas para os três níveis de isolamento, as frações obtêm classe C. Apesar de tudo, não são propostas suficientemente eficazes para permitir que as frações cumpram os mínimos legais para a classe energética.

Assim, para atingirem classes energéticas mais elevadas é necessário melhorar o sistema de preparação de águas quentes sanitárias e é aconselhável melhorar a envolvente envidraçada por questões de conforto.

Para tal, em cada um dos níveis referidos é analisado o impacto da incorporação das seguintes propostas:

- segunda caixilharia pelo exterior com vidro simples;
- bomba de calor para preparação de AQS.

A escolha da segunda melhor solução para as caixilharias, em vez das caixilharias de PVC com vidro duplo corrente, deve-se ao facto de algumas frações já possuírem esta solução e para não descaracterizar as fachadas. Para além disto é possível prolongar a vida das caixilharias existentes, contribuindo para a redução dos desperdícios.

Em termos energéticos e apesar da introdução destas melhorias, a melhor solução para reduzir as Nic, continua a ser para o terceiro nível de isolamento (8cm). Para as Nvc o terceiro nível de isolamento é o que aumenta mais este valor. Já nas Nac, os valores são bastante reduzidos com a introdução da bomba de calor para preparação de AQS.

Estes dados são esquematizados nas figuras seguintes, através de um gráfico de barras, com onze conjuntos de quatro barras, que correspondem a cada uma das frações do edifício, para a situação inicial e para os três níveis de isolamento. O tipo de apresentação das figuras, mantém-se para as Nvc e Nac.

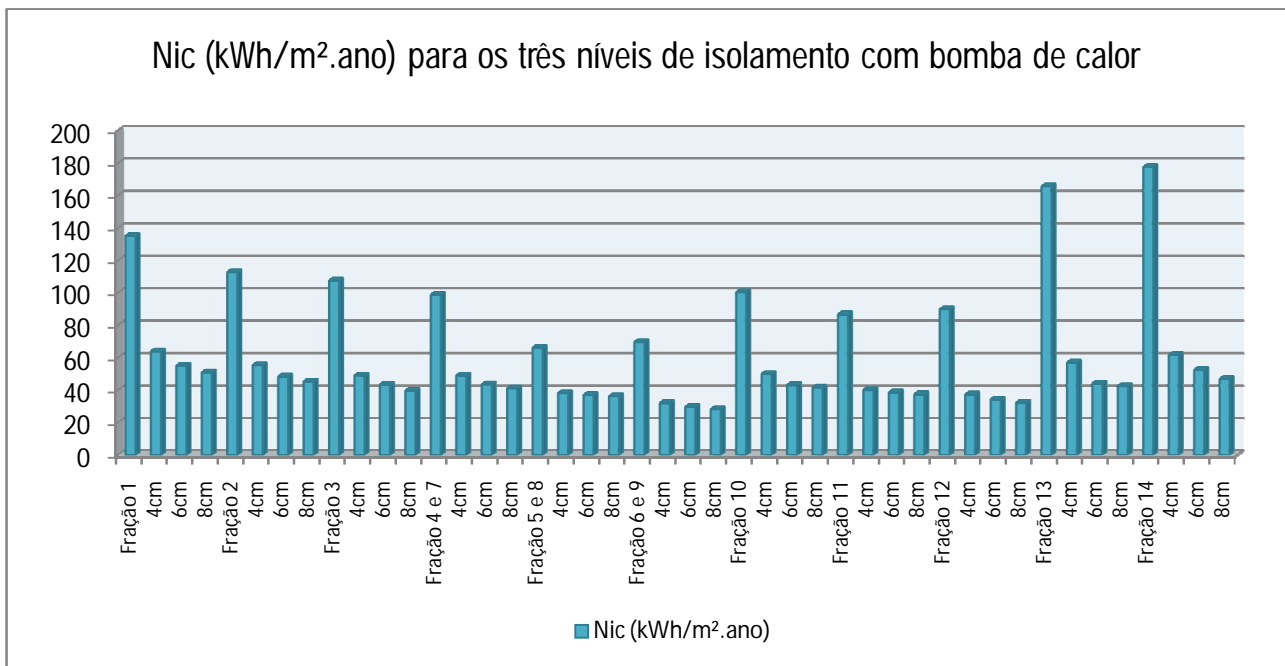


Fig. 144 Necessidades de aquecimento (Nic) para os três níveis de isolamento, com bomba de calor e melhoria de caixilharias

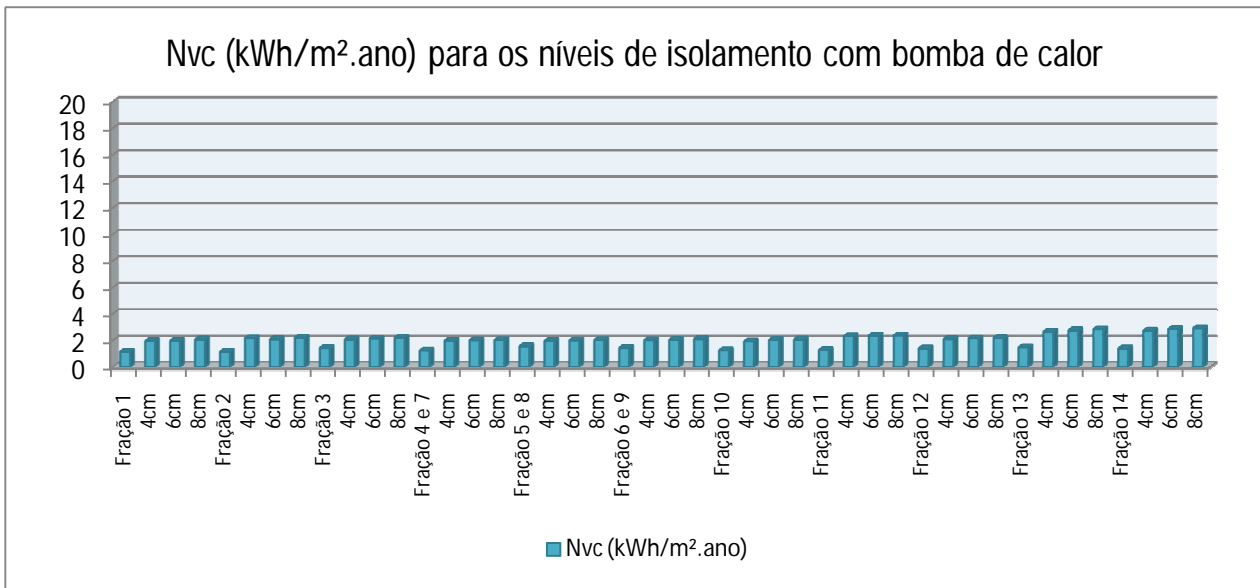


Fig. 145 Necessidades de arrefecimento para os três níveis de isolamento, com bomba de calor e melhoria de caixilharias

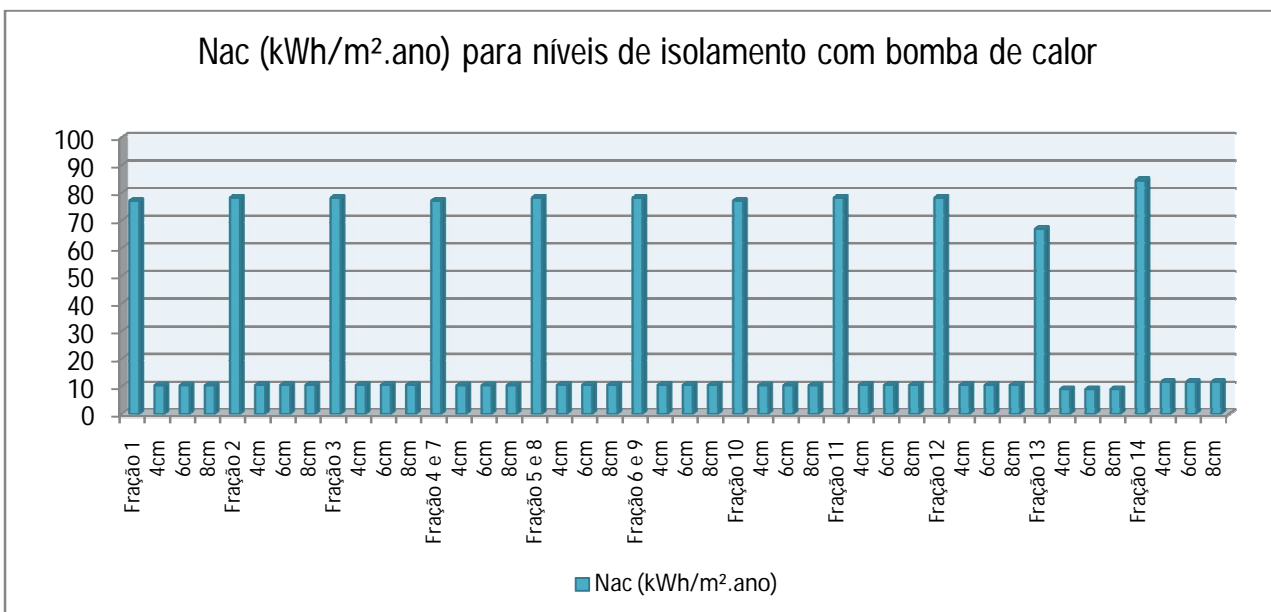


Fig. 146 Necessidades energéticas para preparação de AQS para os três níveis de isolamento, com bomba de calor e melhoria de caixilharias

A melhoria das caixilharias e do sistema de preparação de AQS contribuem para melhorar o desempenho energético, especialmente em termos de classe energética.

A percentagem na redução das necessidades energéticas de aquecimento (Nac), para este conjunto de medidas, é expressa na tabela seguinte consoante a fração em causa.

Tabela 29 Percentagem de redução das Nic, para os três níveis de isolamento com bomba de calor e melhoria de caixilharias

Percentagem de redução (%)	Fração 1	Fração 2	Fração 3	Fração 4 e 7	Fração 5 e 8	Fração 6 e 9	Fração 10	Fração 11	Fração 12	Fração 13	Fração 14
Isolamento 4cm	53	51	55	51	42	54	50	54	59	66	65
Isolamento 6cm	59	57	60	56	44	57	57	56	62	73	70
Isolamento 8cm	62	60	63	58	45	59	59	57	64	74	74

Com este conjunto de medidas, a classe energética das várias frações atinge a classificação A. Tal como referido anteriormente o mesmo acontece se for incorporado o sistema solar. Com outros sistemas de preparação de AQS como caldeiras ou termoacumuladores, a classificação fica no nível B. Mais uma vez estes valores não aparecem nos gráficos para não complicar a leitura, mas foram verificados para comparação.

Em suma, as propostas que mais contribuem para melhorar o desempenho energético deste edifício e tendo em atenção as condicionantes referidas anteriormente, são expressas na tabela seguinte.

Tabela 30 Resumo das melhores propostas em relação ao desempenho energético

Elemento	Resumo das melhores propostas de melhoria estudadas
Envoltente opaca	
Parede exterior	ETICS 8cm
Parede que separa espaço útil de não útil (caixa de escadas, caixa de elevador)	XPS de 8cm revestido por gesso cartonado
Parede que separa edifício vizinho	XPS de 8cm revestido por gesso cartonado
Pavimento sobre espaços não úteis	Teto falso com XPS de 8cm
Coberturas	Teto falso com XPS de 8cm
Caixa de estores	XPS de 2cm
Envoltente envidraçada	Segunda caixilharia pelo exterior com vidro simples
Sistemas de preparação de AQS	Bomba de calor

Neste edifício a aplicação de sistemas centralizados de climatização está limitada pelas condicionantes referidas anteriormente, como a falta de espaço para máquinas e para passagem de infraestruturas. Soluções como máquinas de ar condicionado com cassetes poderiam ser uma hipótese, mas dada a distribuição sinuosa das frações, uma unidade exterior poderia não ser suficiente, obrigando à aplicação de mais do que uma máquina no exterior, causando algum impacto visual. Para além disto, a maioria dos proprietários não tem grandes hábitos de consumo e portanto, argumentam que não iriam dar o devido uso ao equipamento

para obter um rápido retorno do investimento. Posto isto, não foi realizada a análise para sistemas de climatização.

Para além da análise energética, é importante fazer a análise custo/benefício, pois, as medidas que permitem obter melhor desempenho e classificação podem não ser as que permitem obter um retorno mais rápido. A análise custo/benefício é feita no ponto 6.3.2.2.

6.3.2 Análise custo/benefício

6.3.2.1 Edifício de S. Victor

À semelhança do procedimento para os edifícios unifamiliares, nos multifamiliares também foi feita, para as propostas analisadas em termos necessidades energéticas deste edifício, uma análise de custo/benefício pela metodologia explicada no capítulo três.

Esta análise fez-se para as seguintes propostas de melhoria:

- Fachadas: - Sistema ETICS;
 - Fachada ventilada com XPS;
 - Isolamento pelo interior da fachada com XPS revestido a gesso cartonado;
- Isolamento do pavimento em contacto com a garagem pela face inferior da laje com XPS;
- Tetos falsos com XPS nas coberturas;
- Isolamento da caixa de escadas com XPS e gesso cartonado pelo interior das frações;
- Isolamento da caixa de estores.

Para as caixilharias foram analisadas as seguintes soluções:

- Colocação de segunda caixilharia pelo exterior das persianas;
- Substituição da caixilharia existente, por novas em alumínio com corte térmico e vidro duplo corrente ou refletante;
- Substituição de caixilharias por novas em PVC com vidro duplo corrente ou refletante.

Para a preparação de AQS, os sistemas testados foram os sistemas analisados no desempenho energético e consistem em:

- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 100mm de espessura de isolamento;
- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 50mm de espessura de isolamento;

- Caldeira com pelo menos 100mm de espessura de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 50mm de espessura de isolamento;
- Sistema solar com sistema auxiliar composto pelas soluções supra citadas;
- Bomba de calor com COP3.

Tal como na análise energética, nas frações 6 e 8, não foi analisada a hipótese de aplicação de segunda caixilharia pelo exterior, pois estas já as possuem.

Os resultados da relação custo/benefício das medidas referidas anteriormente para este edifício, tendo em conta o preço do kW, permitem verificar que a aplicação de sistema ETICS é a solução com melhor relação custo/benefício para reabilitação das fachadas, em particular com a espessura de 4cm. Para isolamento da cobertura e pavimentos, as medidas com melhor relação custo/benefício são as que incluem isolamento com espessura de 4cm. Em relação ao isolamento das paredes que separam a caixa de escadas da zona útil e as paredes em contacto com edifícios vizinhos, a espessura mais vantajosa é de 6cm. Estes factos contradizem a análise energética, visto que o custo destas espessuras é inferior à de 8cm.

Os valores desta análise são resumidos nas figuras seguintes. Na primeira figura, para cada proposta, são apresentados três conjuntos de oito barras que correspondem às soluções para as fachadas e para os três níveis de isolamento. O mesmo acontece na segunda figura, mas para a restante envolvente.

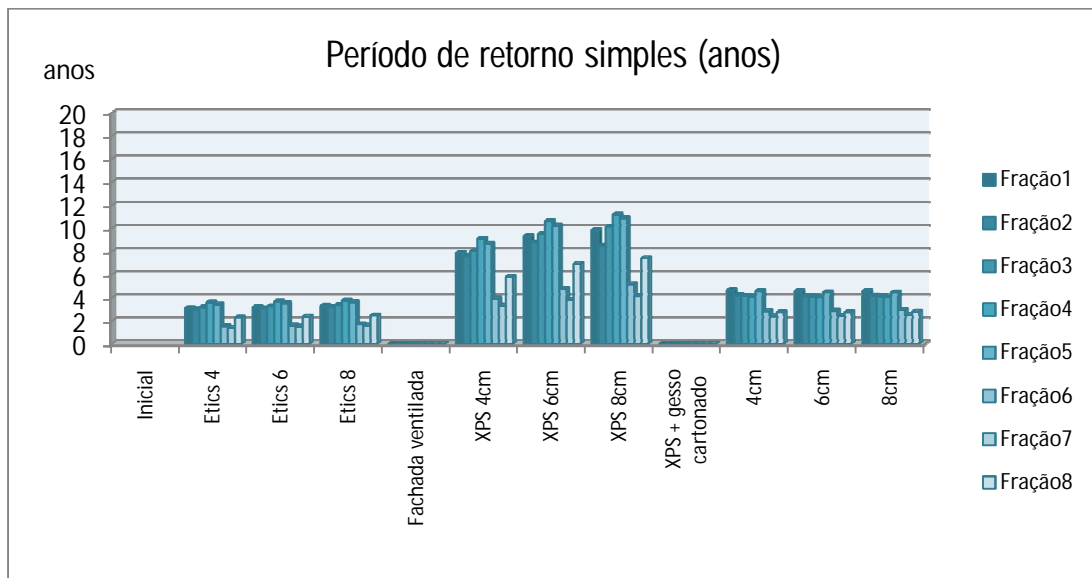


Fig. 147 Tempos de retorno para medidas de melhoria nas fachadas das várias frações

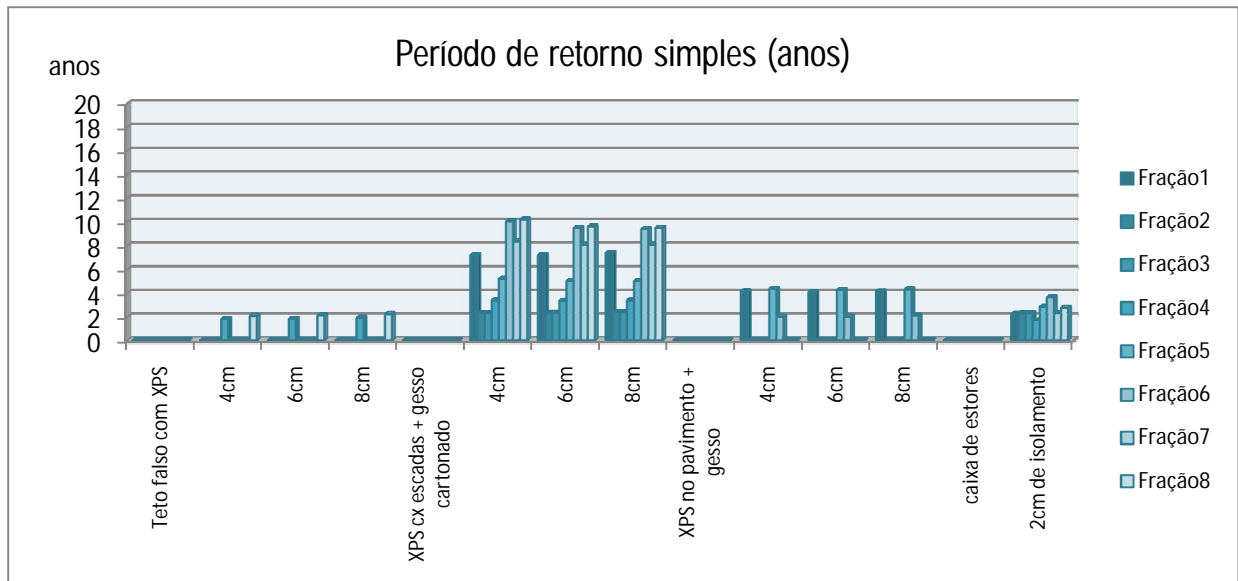


Fig. 148 Tempos de retorno para medidas de melhoria na restante envolvente opaca

Em relação às propostas das caixilharias, nos casos em que existe caixilharia simples com vidro simples, a substituição das caixilharias existentes por novas em alumínio com corte térmico e vidro duplo corrente é a proposta com melhor relação custo/benefício, seguindo-se a aplicação de segunda caixilharia pelo exterior da persiana. Nas frações onde já foi colocada uma segunda caixilharia, a melhor proposta é a substituição da caixilharia existente por novas em PVC com vidro duplo corrente.

A figura seguinte mostra os resultados do período de retorno do investimento, das oito frações, para as cinco propostas de melhoria. Nesta, existem duas frações com valores negativos que correspondem às frações com caixilharia dupla. Isto significa que a proposta aplicada é mais cara, que a proposta com caixilharia em alumínio com corte térmico e vidro duplo corrente. Portanto, existe pelo menos uma proposta com período de retorno melhor, que a aplicada.

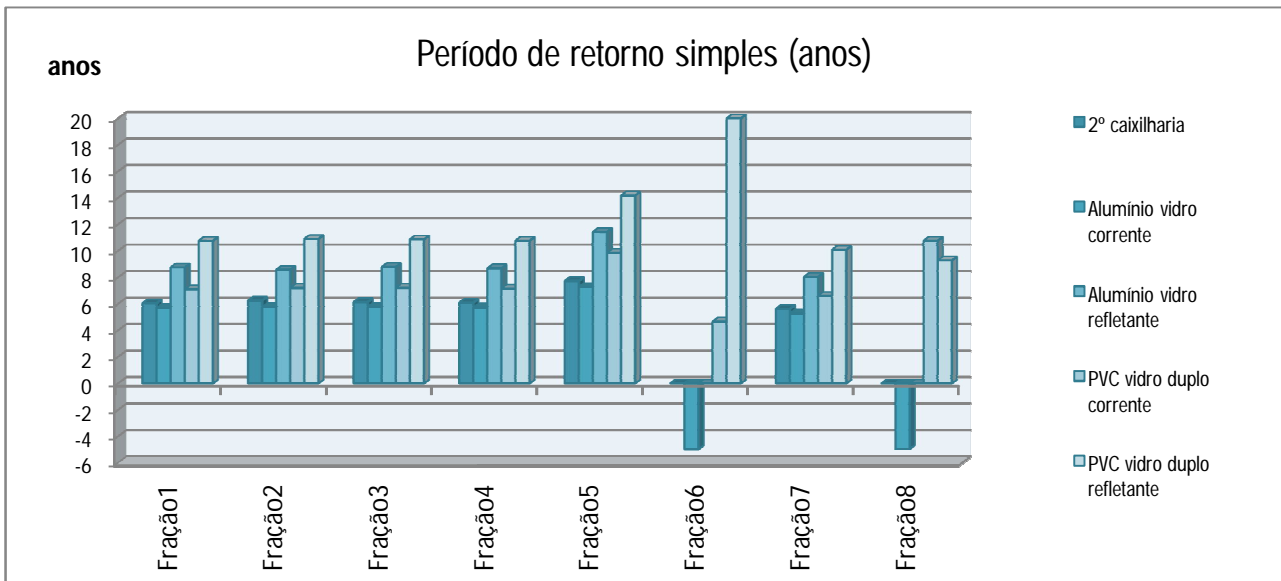


Fig. 149 Tempo de retorno do investimento nas propostas de melhoria dos vãos envidraçados

Relativamente aos sistemas de preparação de águas quentes sanitárias (AQS) o sistema mais vantajoso, em relação ao custo/benefício, é a caldeira a gás com pelo menos 50mm de espessura de isolamento. Nas frações deste edifício, a incorporação de sistema solar mesmo com sistema auxiliar da caldeira supra citada, resulta em tempos de retorno mais elevados, em consequência do investimento no mesmo. O mesmo acontece com a bomba de calor para preparação de AQS. Em termos de relação custo/benefício há uma alteração das propostas, facto que se deve ao seu custo inicial. A figura seguinte expressa estes factos. Para tal apresenta quinze conjuntos de barras, que correspondem a cada uma das propostas de melhoria, com oito barras cada, que representam o período de retorno do investimento nas oito frações.

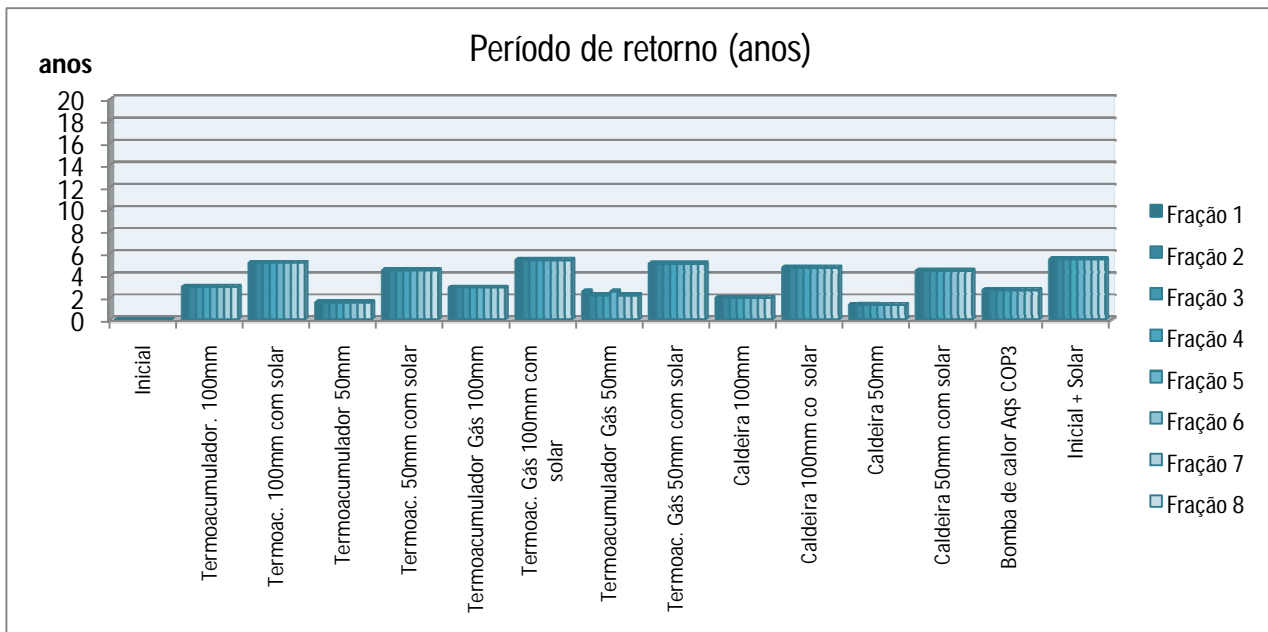


Fig. 150 Tempo de retorno do investimento nas propostas de melhoria para sistemas de preparação de AQS

No que diz respeito à ação conjunta das propostas, para os três níveis de isolamento da envolvente opaca estabelecidos, os tempos de retorno variam consoante a espessura. Para as frações 2,3,4,6 e 7 o pacote de propostas com menor tempo de retorno engloba os isolamentos com 4cm de espessura. Para as frações 1, 5 e 8 as propostas com menor tempo de retorno incluem isolamentos de 6cm, sendo que a diferença para o nível anterior é pequena. Tratando-se de um edifício multifamiliar, para aplicar sistema ETICS, teria que ser em todo o edifício, não poderia ser apenas numa fração. Em termos de condomínio, como existem espessuras diferentes, embora com pequenas diferenças nos tempos de retorno, estas teriam que ser unificadas. Caso contrário existiriam saliências na fachada. Na figura seguinte é apresentada a base destas afirmações. A figura contém oito conjuntos de barras, com três barras cada. Os conjuntos correspondem a cada uma das frações e as barras aos três níveis de isolamento.

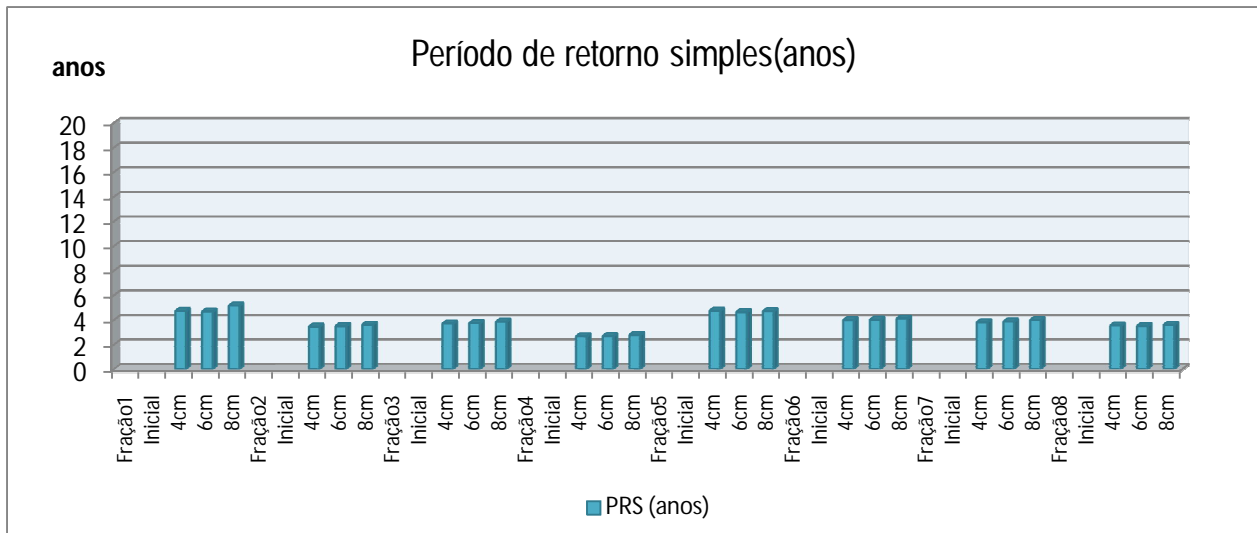


Fig. 151 Período de retorno simples para os três níveis de isolamento para a envolvente opaca das frações

Se ao conjunto de propostas para os níveis de isolamento mais vantajosos para cada fração, for adicionada a caixilharia dupla e a bomba de calor para preparação de AQS, conforme a análise energética, o balanço do custo/benefício mantém-se, em relação aos níveis de isolamentos. Isto significa que para as frações 2,3,4,6 e 7, as espessuras de isolamento mais vantajosas são as 4cm e para as restantes de 6cm.

Por curiosidade foi verificado qual o impacto na relação custo/benefício das frações com a aplicação de uma caldeira a gás com pelo menos 50mm de isolamento, para os dois melhores níveis de isolamento. Os tempos de retorno do investimento, de um modo geral reduzem em relação à aplicação da bomba de calor, com diferenças que rondam um ano.

As figuras seguintes contêm os valores do tempo de retorno para estes dois casos. Nestas, a informação está disposta por frações, com oito conjuntos de barras. As barras de cada conjunto representam o valor do tempo de retorno do investimento para os três níveis de isolamento.

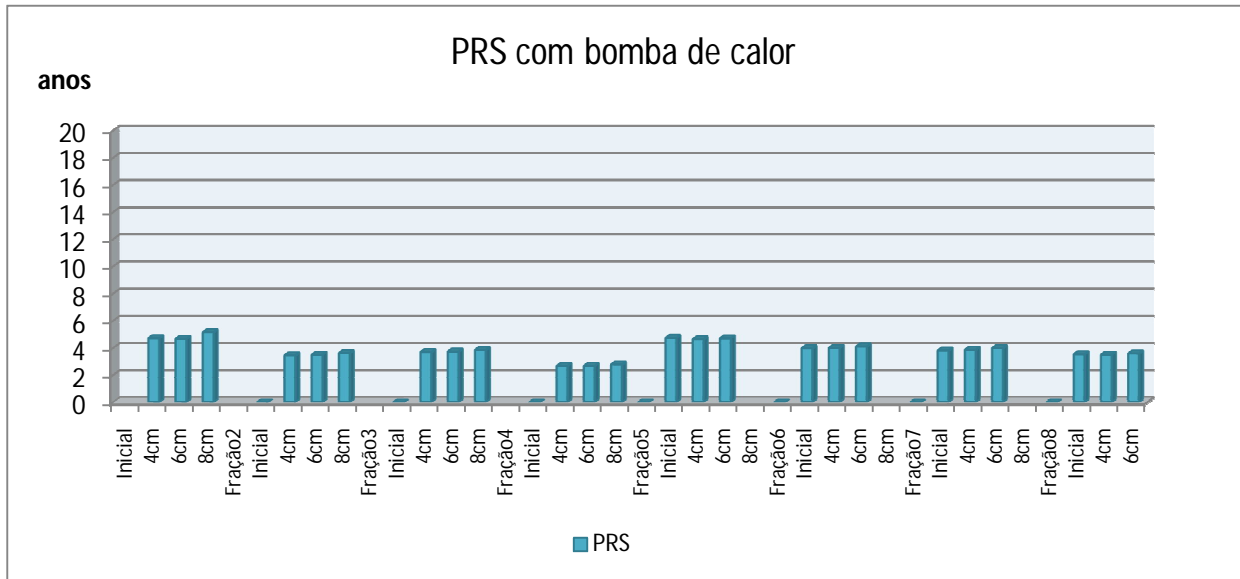


Fig. 152 Período de retorno simples para os três níveis de isolamento com bomba de calor e melhoria nas caixilharias

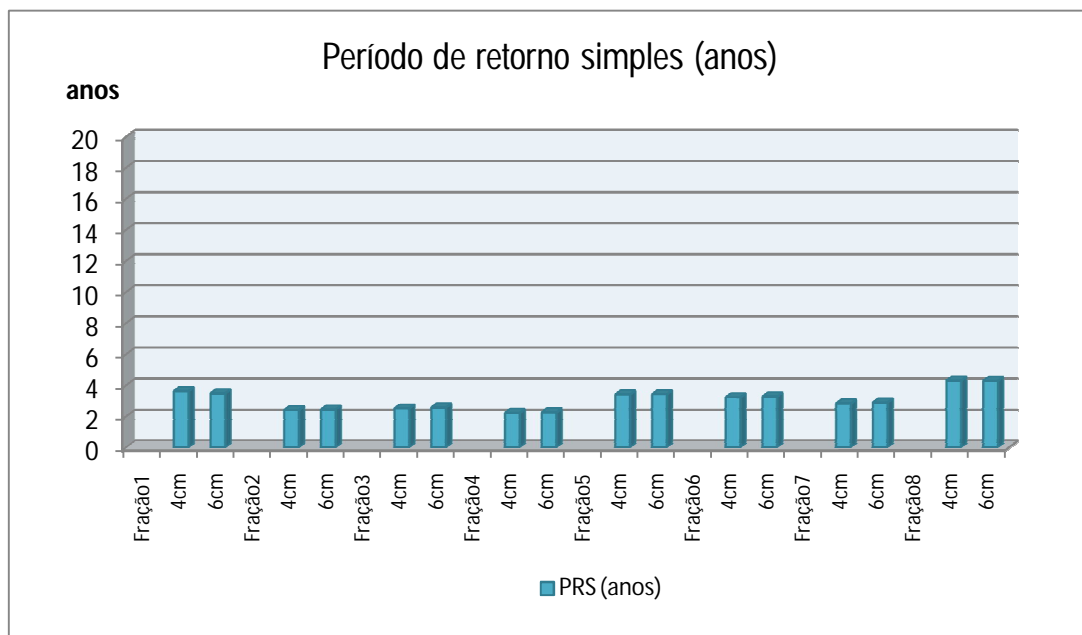


Fig. 153 Impacto dos dois melhores níveis de isolamento, com melhoria das caixilharias e com caldeira de 50mm

Perante estes factos, a maioria das frações tem vantagens, em termos monetários, em aplicar o primeiro nível de isolamento, com caldeira com pelo menos 50mm de espessura de isolamento e eficiência de 0,82. A incorporação das caixilharias não altera de forma significativa o custo/benefício nestas frações.

No caso da aplicação da caldeira, com estes níveis de isolamento a classificação energética passa para classe B, cumprindo assim os mínimos legalmente exigidos. Para obter a classe A, dever-se-ia aplicar sistemas solares ou bombas de calor.

Do ponto de vista da relação custo/benefício, a tabela seguinte faz um resumo das propostas mais vantajosas:

Tabela 31 Resumo das melhores propostas em termos de relação custo/benefício

Elemento	Resumo das melhores proposta relativamente ao custo/benefício
Envolvente opaca	
Parede exterior	ETICS 4cm
Parede que separa espaço útil de não útil (caixa de escadas, caixa de elevador, garagem)	XPS de 4cm revestido por gesso cartonado
Parede que separa edifício vizinho	XPS de 4cm revestido por gesso cartonado
Pavimento sobre espaços não úteis	Teto falso com XPS de 4cm
Coberturas	Teto falso com XPS de 4cm
Caixa de estores	XPS de 2cm
Envolvente envidraçada	Caixilharia em alumínio com corte térmico e com vidro duplo corrente
Sistemas de preparação de AQS	Caldeira a gás com pelo menos 50mm de espessura de isolamento

As tabelas que deram origem a estes valores de PRS, encontram-se em anexo.

6.3.2.2 Edifício de S. Lázaro

Com base na análise energética realizada no ponto 6.3.1.2 do presente trabalho, foi realizado o estudo do custo/benefício dessas medidas.

As propostas para envolvente opaca foram as seguintes:

- Fachadas: - Sistema ETICS;
 - Fachada ventilada com XPS;
 - Isolamento pelo interior da fachada com XPS revestido a gesso cartonado;
- Isolamento do pavimento em contacto com a garagem pela face inferior da laje com XPS;
- Tetos falsos com XPS nas coberturas;
- Isolamento da caixa de escadas e paredes em contacto com os edifícios vizinhos com XPS e gesso cartonado pelo interior das frações;
- Isolamento da caixa de estores.

Para as caixilharias foram analisadas as seguintes soluções:

- Colocação de segunda caixilharia pelo exterior das persianas;

- Substituição da caixilharia existente, por novas em alumínio com corte térmico e vidro duplo corrente ou refletante;
- Substituição de caixilharias por novas em PVC com vidro duplo corrente ou refletante.

Para a preparação de AQS, os sistemas testados foram os mesmos analisados no desempenho energético e consistem em:

- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 100mm de espessura de isolamento;
- Termoacumulador elétrico e a gás com pelo menos 50mm de espessura de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 100mm de espessura de isolamento;
- Caldeira com pelo menos 50mm de espessura de isolamento;
- Sistema solar com sistema auxiliar composto pelas soluções supra citadas;
- Bomba de calor com COP3.

Com o raciocínio utilizado para o outro edifício multifamiliar, foram calculados os tempos de retorno simples. Assim, verificou-se que dos sistemas de reabilitação de fachadas, o sistema ETICS é o que apresenta melhor relação custo/benefício, em particular para a espessura de 4cm. A fachada ventilada é o pior sistema, deste ponto de vista, pois tem um custo inicial mais elevado. Em relação às restantes propostas para as envolventes, para os pavimentos, a espessura mais vantajosa é 6cm, para as coberturas é de 4cm e para a parede da caixa de escadas e elevador a espessura mais vantajosa é de 8cm, apesar de a diferença para a espessura de 6cm, ser mínima. As figuras seguintes mostram os resultados que levaram a estas afirmações. As figuras apresentam grupos de três conjuntos de barras, as quais representam as três espessuras de isolamento para cada proposta de melhoria. Por sua vez, cada espessura de isolamento tem um grupo de onze barras, que representam os valores do tempo de retorno do investimento para cada fração. Na aplicação de XPS na caixa de escadas, as frações 2, 5 e 8, apresentam valores reduzidos, porque a área é pequena e consequentemente o custo inicial também é reduzido. Assim quase não têm expressão na figura.

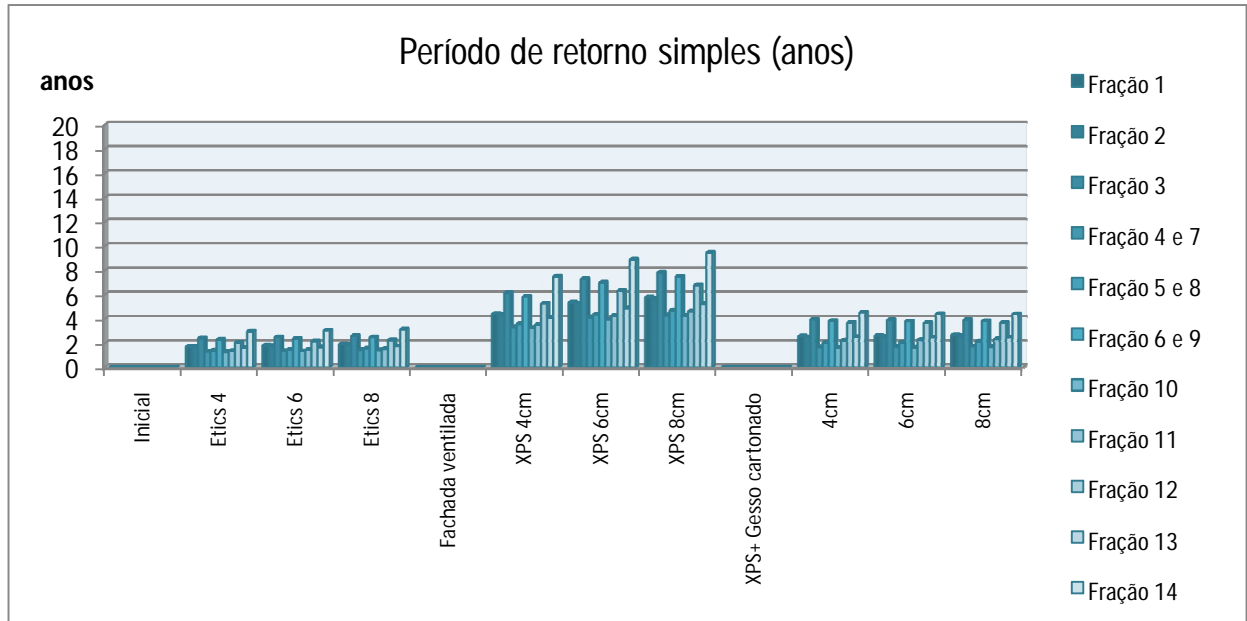


Fig. 154 Tempo de retorno simples para as propostas de melhoria da fachada

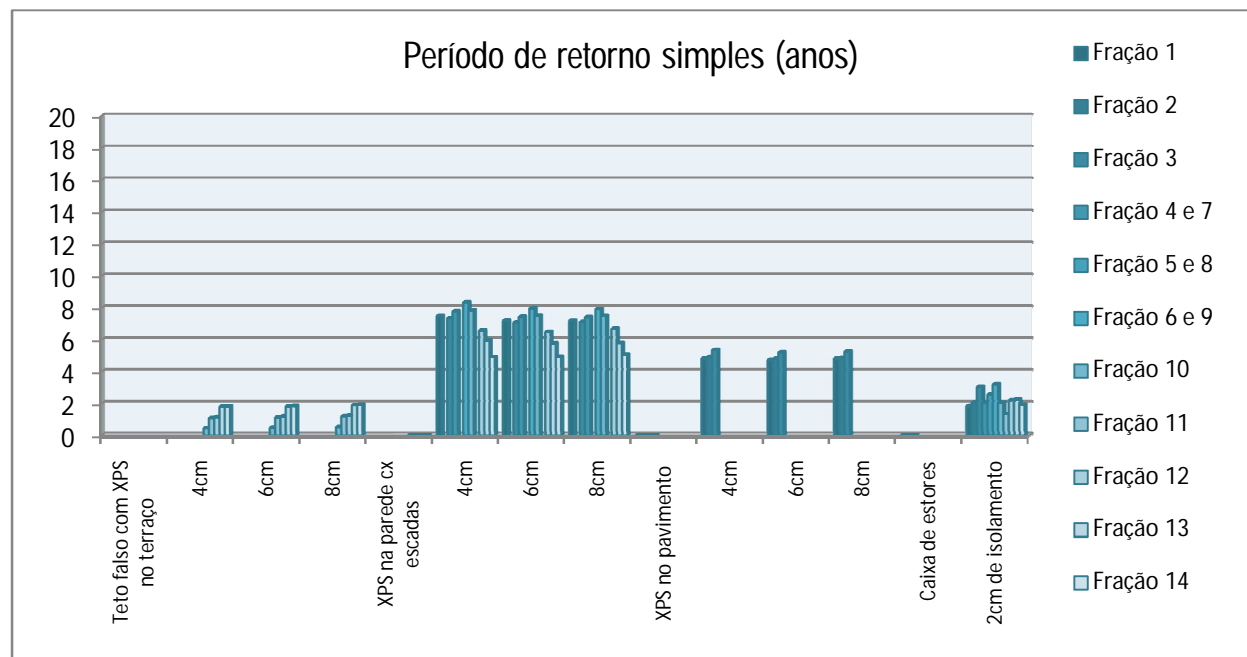


Fig. 155 Tempo de retorno simples para as propostas de melhoria da restante envolvente opaca

A nível das caixilharias as propostas de melhoria em análise são as referidas no início deste parágrafo. A proposta que apresenta melhor relação custo/benefício é substituição das caixilharias existentes por novas em alumínio com corte térmico e com vidro duplo corrente. A análise do custo/benefício das cinco propostas para as catorze frações é apresentado na figura seguinte, através de onze conjuntos de barras, que

representam as frações e cinco barras em cada conjunto, que mostram o valor do tempo de retorno das cinco propostas.

À semelhança do edifício anterior, nesta existem algumas frações que possuem segunda caixilharia. Assim para estas frações a segunda proposta resulta em valores negativos. Este facto traduz a existência de uma proposta mais vantajosa do que a que foi aplicada. Ou seja, os proprietários que a aplicaram, investiram mais com esta solução, do que se tivessem aplicado uma caixilharia com corte térmico e vidro duplo corrente.

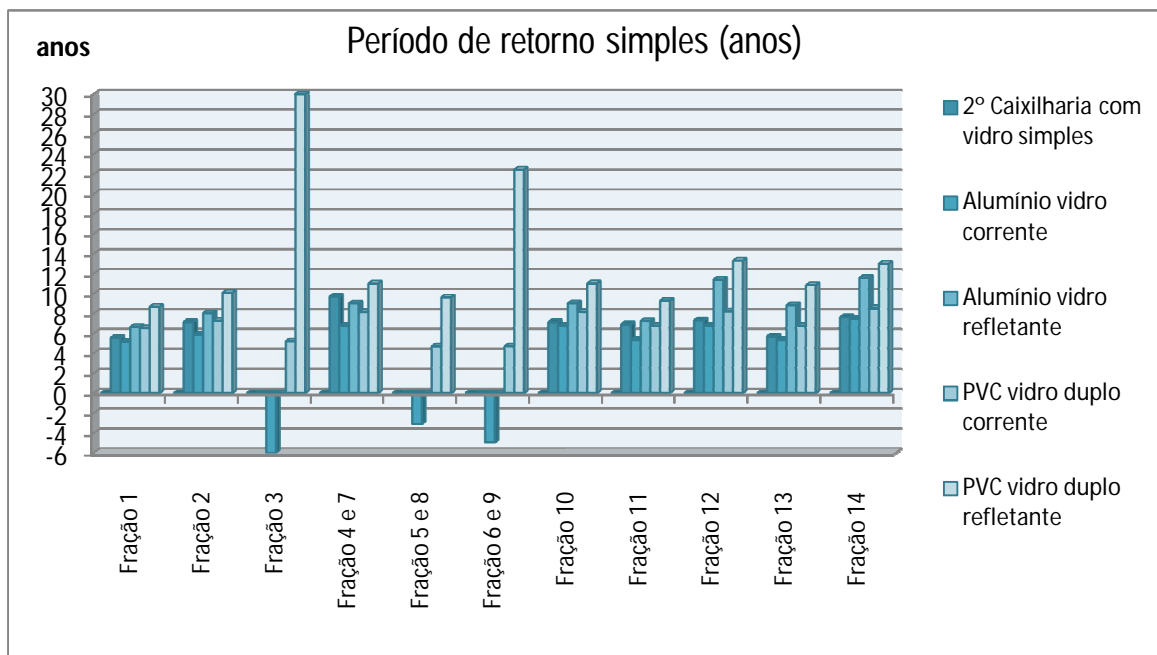


Fig. 156 Tempo de retorno simples para as diversas caixilharias em análise, nas catorze frações

Relativamente aos sistemas de preparação de AQS analisados no capítulo anterior, a análise da relação custo/benefício indica que a melhor proposta é a aplicação de uma caldeira com isolamento com pelo menos 50mm de espessura e eficiência de conversão de 0,82. As propostas com melhor desempenho a nível energético têm relações custo/benefício menos vantajosas. Os valores que permitem fazer estas afirmações são apresentados na figura seguinte. O gráfico da figura tem quinze conjuntos de barras, aos quais correspondem cada uma das propostas de melhoria, que por sua vez têm onze barras, que indicam o tempo de retorno para cada uma das frações.

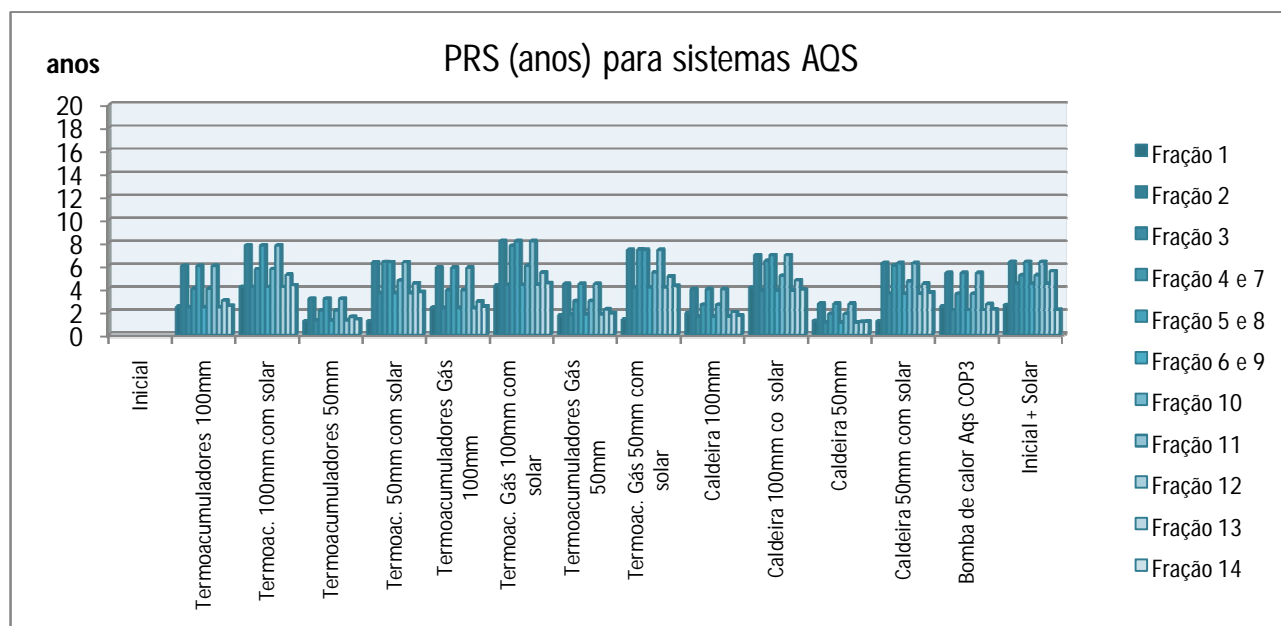


Fig. 157 Tempo de retorno simples para os diversos sistemas para preparação de AQS, nas catorze frações

Nestas, para além dos valores referidos anteriormente pode verificar-se que os sistemas, mais baratos no momento da aquisição, são os que têm melhor relação custo/benefício.

Estes resultados correspondem a intervenções individuais. Para a análise do efeito conjunto das propostas para os três níveis de isolamento, foram utilizadas as propostas da análise do desempenho energético, que são enumeradas a seguir:

- Sistema ETICS na fachada;
- XPS com gesso cartonado nas paredes da caixa de escadas e nas paredes que separam os edifícios vizinhos;
- XPS com gesso cartonado nas coberturas;
- Isolamento com XPS da caixa de estores;
- XPS aplicado na face inferior da laje de pavimento.

A espessura mais vantajosa para o conjunto das intervenções supra citadas, é de 6 cm para as frações 1, 2, 3 (primeiro andar), 4, 7, 10 e 13 (frações com fachadas orientadas a NE e SW). Para as frações 5, 8, 11 (com fachadas a NE) 6, 9, 11, 12 e 14 (com fachadas a NE e NW) a mais vantajosa é a espessura de 4cm.

Os resultados que levaram a esta avaliação são apresentados na figura seguinte, recorrendo a um gráfico com onze conjuntos de três barras cada um, representativas do tempo de retorno do investimento para cada nível de isolamento.

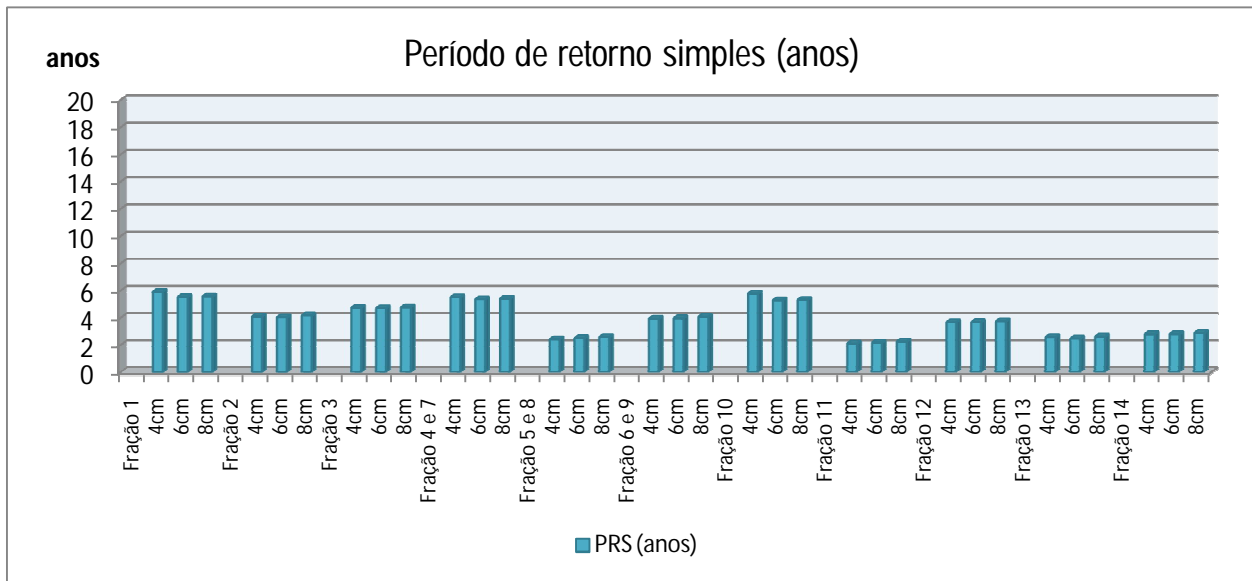


Fig. 158 Tempo de retorno para os três níveis de isolamento, para cada fração

Tal como foi dito na análise energética, estas propostas não são suficientes para aumentar a classe energética, ao ponto de atingir o mínimo previsto por lei. Assim, para além do isolamento da envolvente opaca, deve ser melhorada a envolvente envidraçada, principalmente nas frações que não possuem segunda caixilharia e aplicando também um sistema mais eficiente para preparação de águas quentes sanitárias (AQS).

As soluções a acrescentar são, de acordo com as soluções utilizadas na análise do desempenho energético:

- Segunda caixilharia pelo exterior;
- Bomba de calor.

Com estas duas medidas, para além das outras já avaliadas, a relação custo/benefício revela algumas alterações. Deste modo, para a maioria das frações a espessura mais vantajosa é agora de 6cm, com exceção das frações 2, 3, 6 e 9, onde os melhores conjuntos de propostas são para isolamentos de 8cm, na primeira fração e de 4cm nas restantes. Para esclarecer estes valores, de seguida é apresentada uma figura com os mesmos. O gráfico da figura apresenta um conjunto de três barras para cada fração, correspondentes ao período de retorno do investimento realizado para cada nível de isolamento.

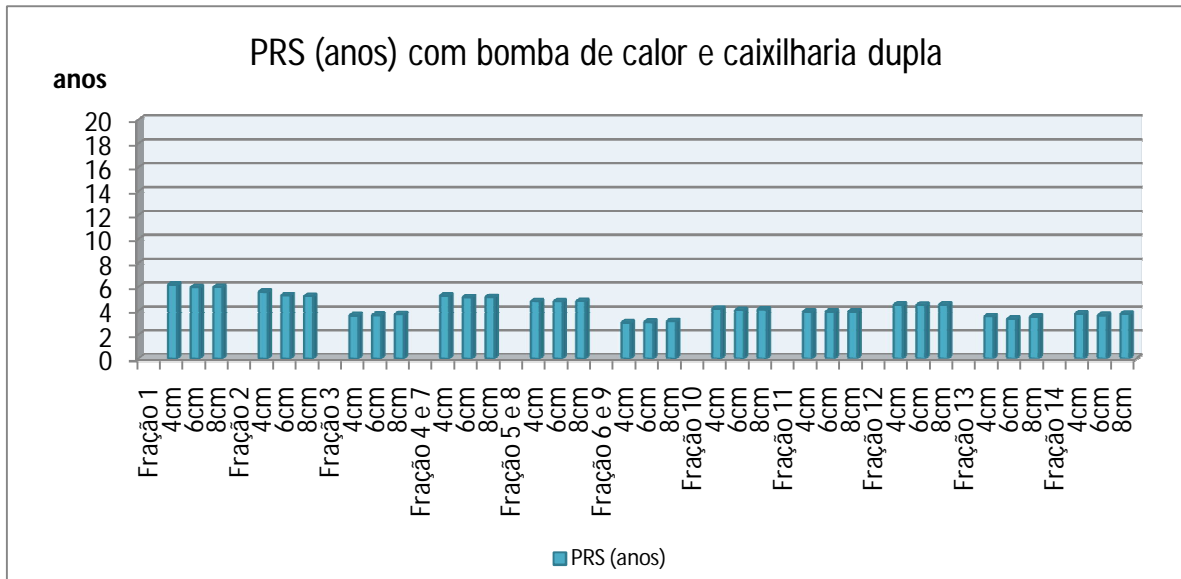


Fig. 159 Tempos de retorno para os três níveis de isolamento, com caixilharia dupla e bomba de calor

Para os dois melhores níveis de isolamento, incluindo a melhoria das caixilharias, foi analisada a relação custo/benefício no caso de se aplicar uma caldeira com 50mm de isolamento e eficiência de 0,82, em vez da bomba de calor. Neste caso, verifica-se que os tempos de retorno são menores para o segundo nível de isolamento, com caldeira e caixilharia dupla, na maioria das frações. As exceções são as frações 3, 6 e 9 (com vertentes a NE e NW, já com segunda caixilharia) e as frações 5, 8 e 11 (com vertente a NE, onde as duas primeiras já têm caixilharia dupla).

Com esta análise verificou-se que os tempos de retorno, de um modo geral, sofrem uma redução, embora em alguns casos seja pequena. A figura seguinte ilustra os valores deste conjunto de medidas.

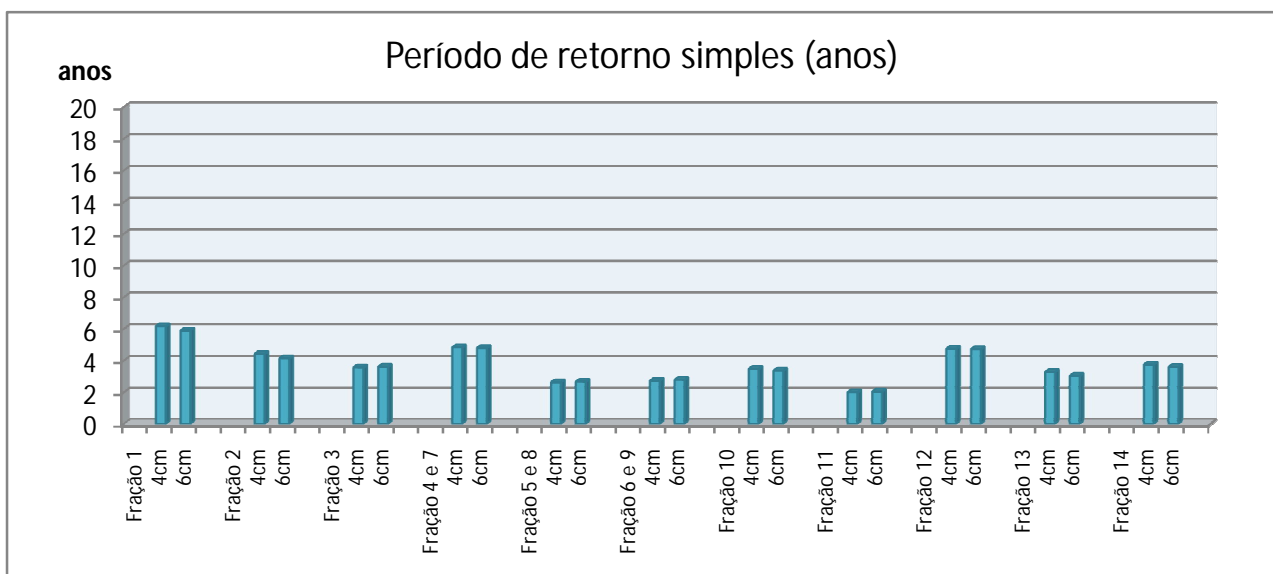


Fig. 160 Tempos de retorno para os dois melhores níveis de isolamento, com caldeira de 50mm e caixilharia dupla

A incorporação de bomba de calor permite obter classe A, ao passo que com a caldeira a classe obtida é B.

Este edifício tem frações com características bastante diferentes entre si, o que dificulta a padronização das intervenções a realizar. De qualquer modo e dado que, por exemplo, a intervenção na fachada teria que ter acordo de todos os condóminos, bem como da câmara, teria que ser homogeneizada para uma espessura que satisfizesse a maioria das frações, para evitar ressaltos na fachada. No último piso até poderia ter uma espessura diferente dos restantes, porque o piso é recuado. Nos outros pisos é mais complexo. Utilizando o critério da maioria, a espessura a utilizar para o ETICS seria de 6cm para vertentes a NE e SW e de 4cm nas vertentes a NW, com prejuízo do custo/benefício em algumas frações.

Resumindo, as propostas de melhoria mais vantajosas, com as condicionantes referidas anteriormente, para este edifício são as apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 32 Resumo das melhores propostas em termos de relação custo/benefício

Elemento	Resumo das melhores proposta relativamente ao custo/benefício
Envolvente opaca	
Parede exterior	ETICS 6cm (nas vertentes NE e SW) ETICS 4cm (na vertente a NW)
Parede que separa espaço útil de não útil (caixa de escadas, caixa de elevador, garagem)	XPS com espessura de 6cm revestido por gesso cartonado
Parede que separa edificio vizinho	XPS com espessura de 6cm revestido por gesso cartonado
Pavimento sobre espaços não úteis	Teto falso com XPS de espessura 6cm
Coberturas	Teto falso com XPS de espessura 6cm
Caixa de estores	XPS com espessura de 2cm
Envolvente envidraçada	Caixilharia em alumínio com corte térmico e com vidro duplo corrente
Sistemas de preparação de AQS	Caldeira a gás com pelo menos 50mm de espessura de isolamento

6.4 Análise dos resultados

Perante os resultados é possível verificar que de um modo geral, com o pacote de medidas com melhor relação custo/benefício enunciado anteriormente, nos edifícios unifamiliares as maiores reduções acontecem nas Nac. Nos edifícios multifamiliares as maiores reduções acontecem nas Nic. Estas informações são esquematizadas nas figuras onde são ilustrados as percentagens de redução das Nic e Nac nas frações dos edifícios em estudo. No edifício de S. Lázaro as Frações 5 e 8, são uma exceção, pois a percentagem de

redução das Nac, é superior à percentagem de redução das Nic. Tal como referido anteriormente, este facto deve-se à reduzida área de envolvente opaca.

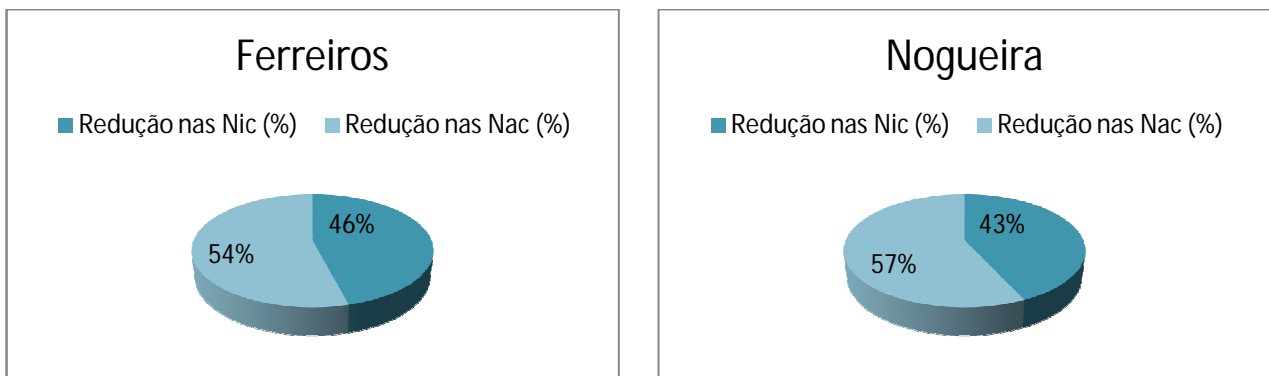


Fig. 161 Percentagem de redução no edifício de Ferreiros e de Nogueira

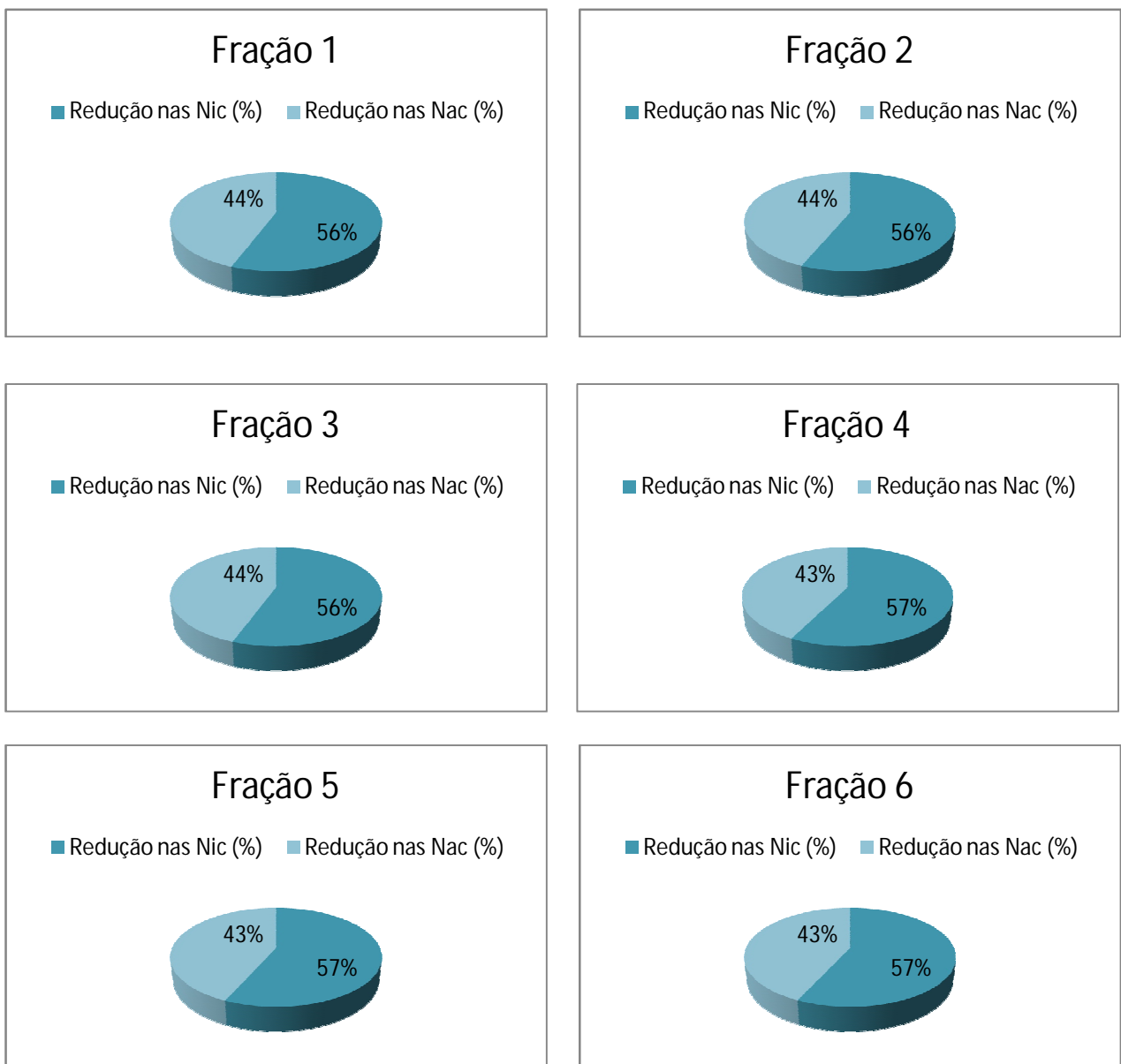


Fig. 162 Percentagem de redução nas necessidades no edifício de s. Victor, nas frações 1 a 6

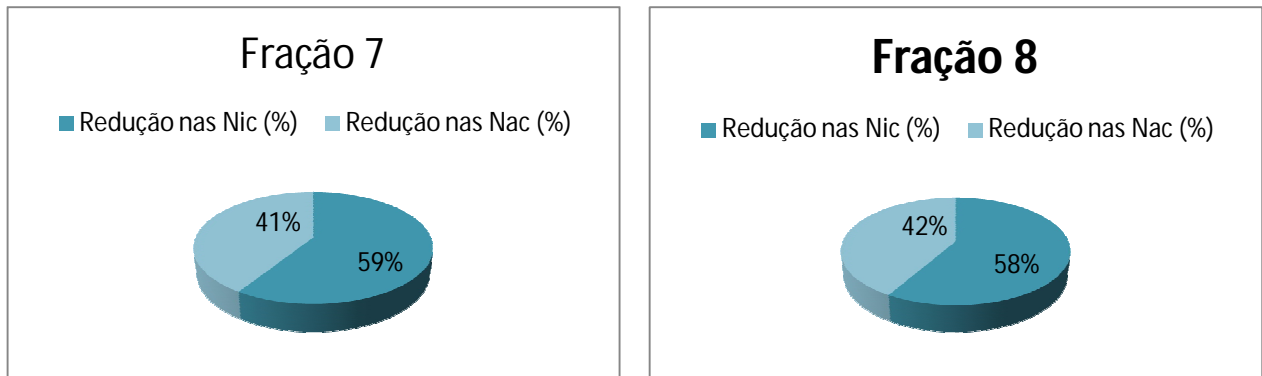


Fig. 163 Percentagem de redução nas frações 7 e 8, do edifício de S. Victor

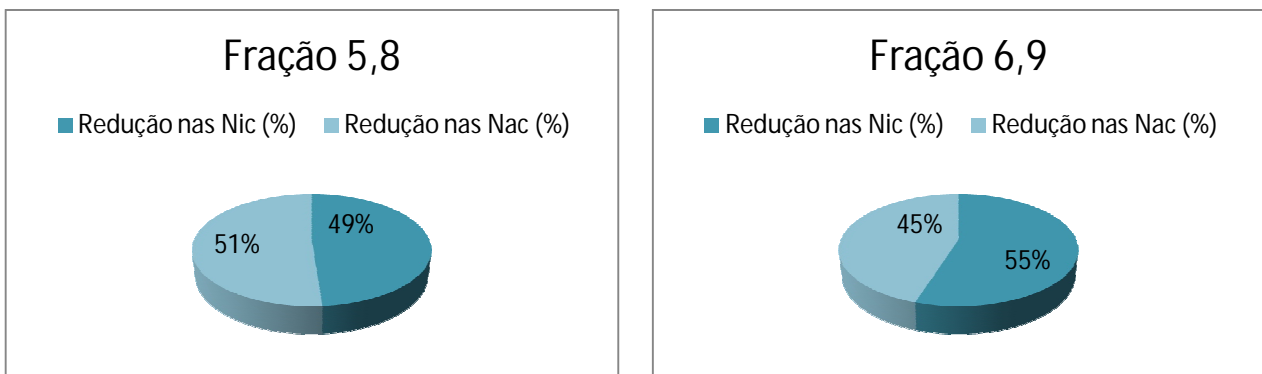
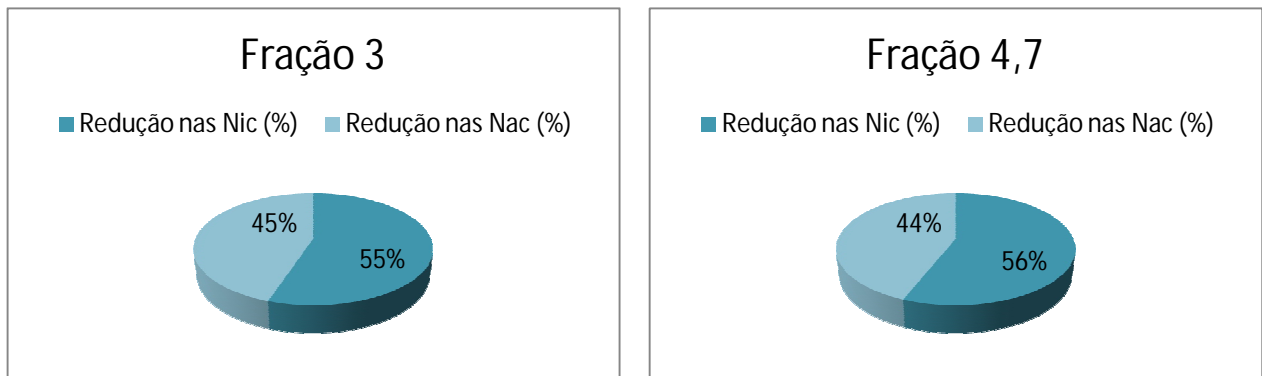
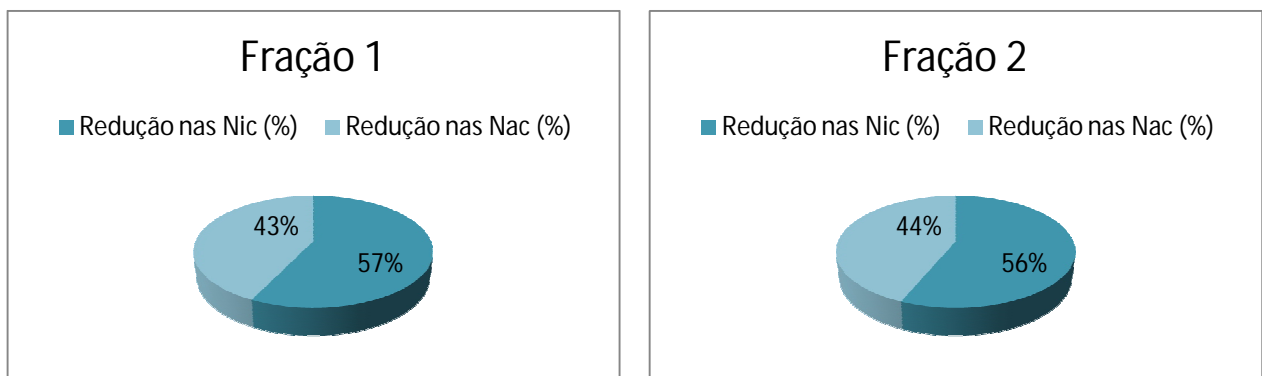


Fig. 164 Percentagem de redução nas frações 1 a 9, do edifício de S. Lázaro

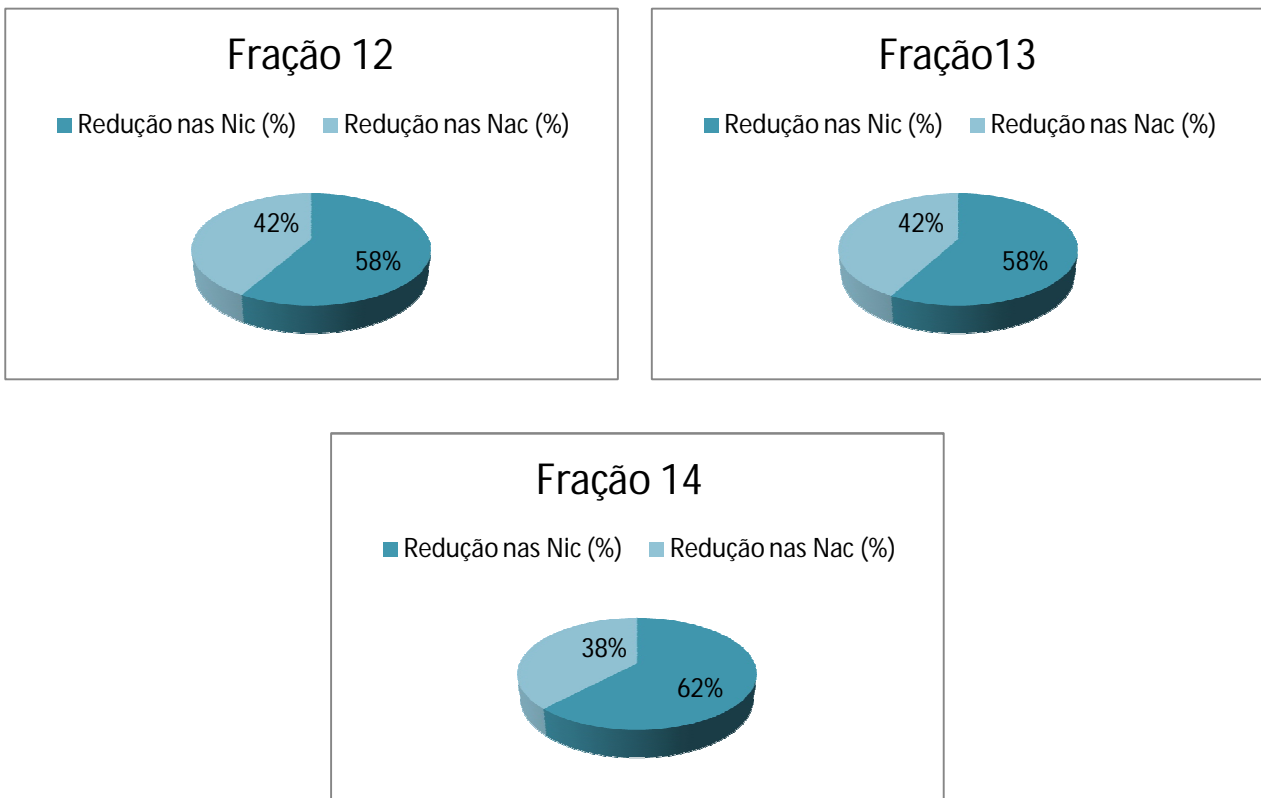


Fig. 165 Percentagem de redução nas frações 12, 13 e 14, do edifício de S. Lázaro

Relativamente aos investimentos necessários para realizar estas intervenções os valores variam consoante o edifício em causa. No entanto, nos edifícios multifamiliares o investimento é inferior pois é dividido por várias frações, ao passo que nos unifamiliares é suportado apenas por uma fração. Para além disto, nos multifamiliares, surgem valores mais elevados nas frações que implicam maior número de intervenções. As áreas também afetam estes valores.

Os valores das melhores propostas em termos de relação custo/benefício, são expressos nas figuras seguintes.

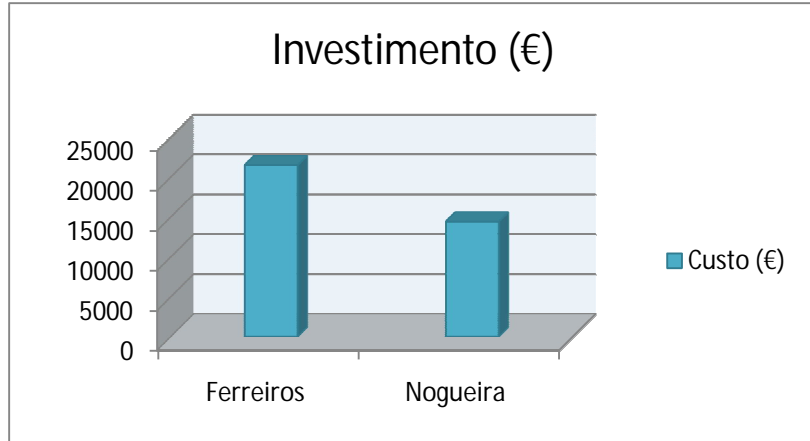


Fig. 166 Investimento necessário para as melhores propostas em termos de custo/benefício, nos edifícios multifamiliares

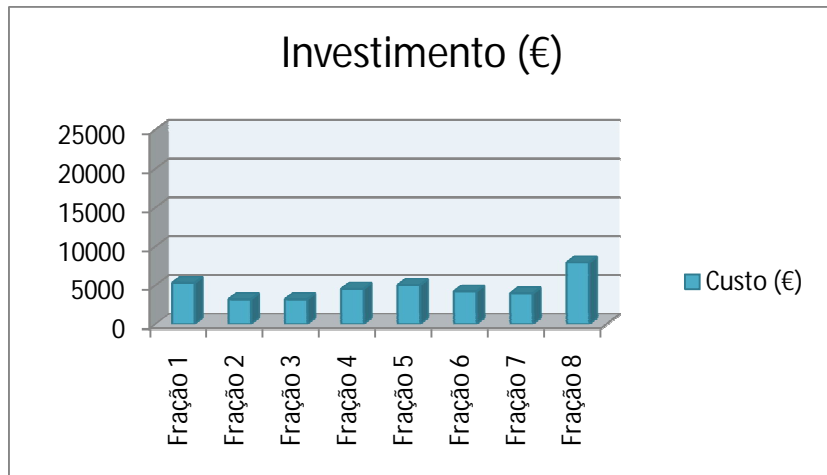


Fig. 167 Investimento necessário para as melhores propostas em termos de custo/benefício, no edifício de S. Victor

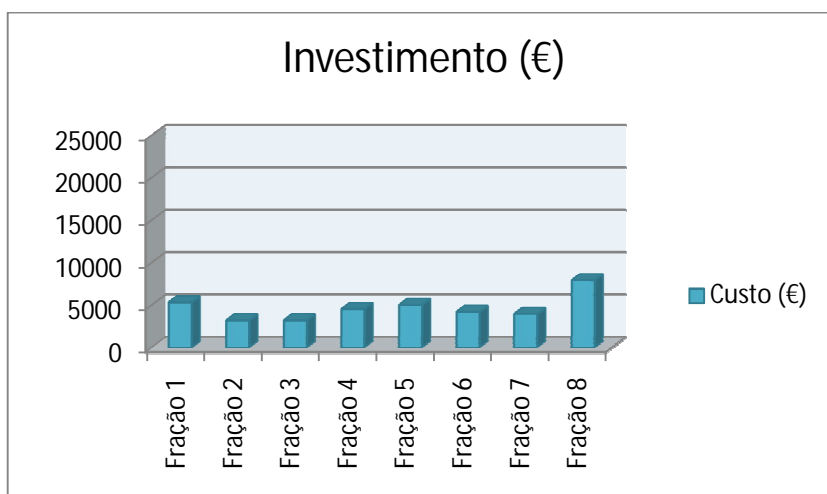


Fig. 168 Investimento necessário para as melhores propostas em termos de custo/benefício, no edifício de S. Lázaro

Com estes custos e os respetivos benefícios, o período de retorno destas intervenções não ultrapassa os seis anos, variando consoante a fração, como se pode constatar nas figuras seguintes.

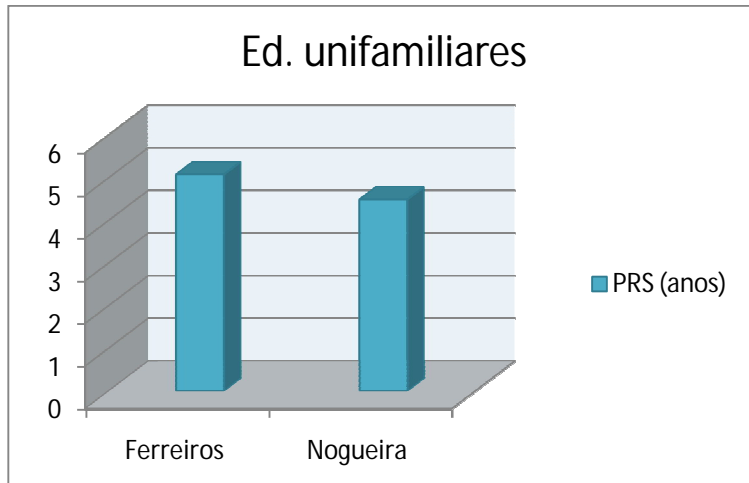


Fig. 169 Período de retorno simples para os edifícios unifamiliares, para as melhores medidas em termos de custo/benefício

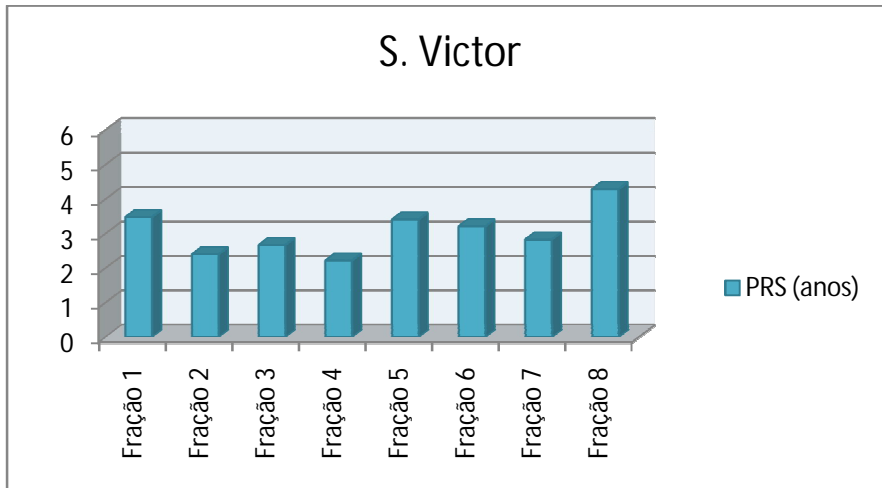


Fig. 170 Período de retorno simples para o edifício de S. Victor, para as melhores medidas em termos de custo/benefício

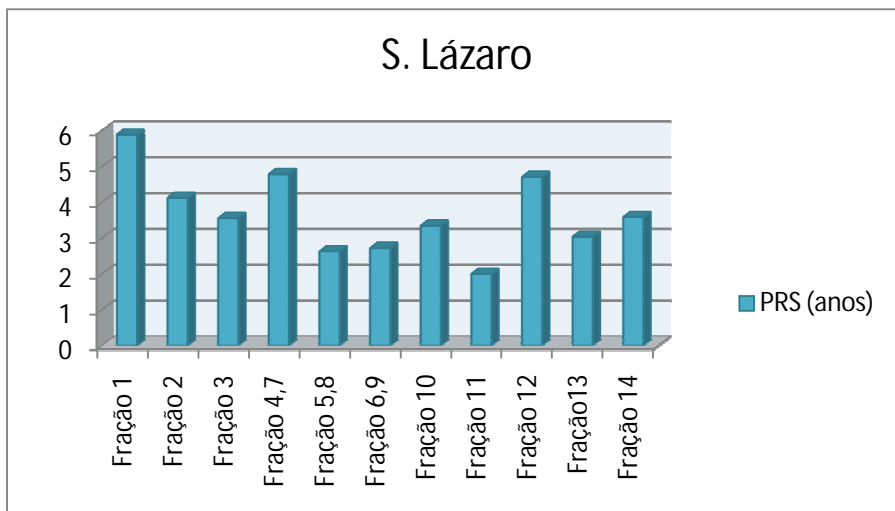


Fig. 171 Período de retorno simples para o edifício de S. Lázaro, para as melhores medidas em termos de custo/benefício

Como se pode verificar nas imagens, os custos no edifício de S. Lázaro varia bastante, o que se justifica com a variedade de tipologias. Outra razão é o facto de que em algumas frações não foi necessário aplicar novas caixilharias, porque já possuíam segunda caixilharia pelo exterior.

Outro dado importante é o das necessidades energéticas com a introdução destes conjuntos de propostas de melhoria em termos de custo/benefício. Ou seja, é importante verificar até que ponto estas cumprem os máximos regulamentares e a posição dos valores face à situação inicial.

Assim e dado que cada edifício/fração tem necessidades próprias, de seguida são apresentadas figuras com estes elementos. Nas figuras a linha laranja representa o máximo regulamentar.

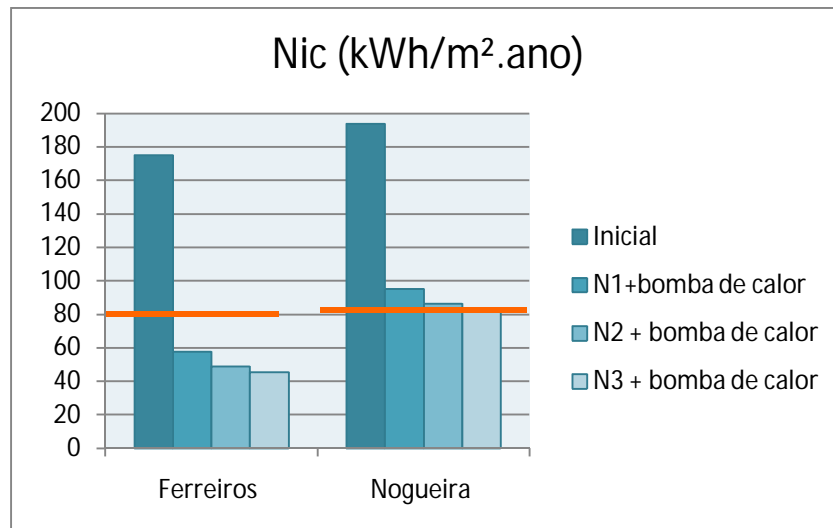


Fig. 172 Necessidades de aquecimento dos edifícios unifamiliares com as melhores propostas em termos de custo/benefício

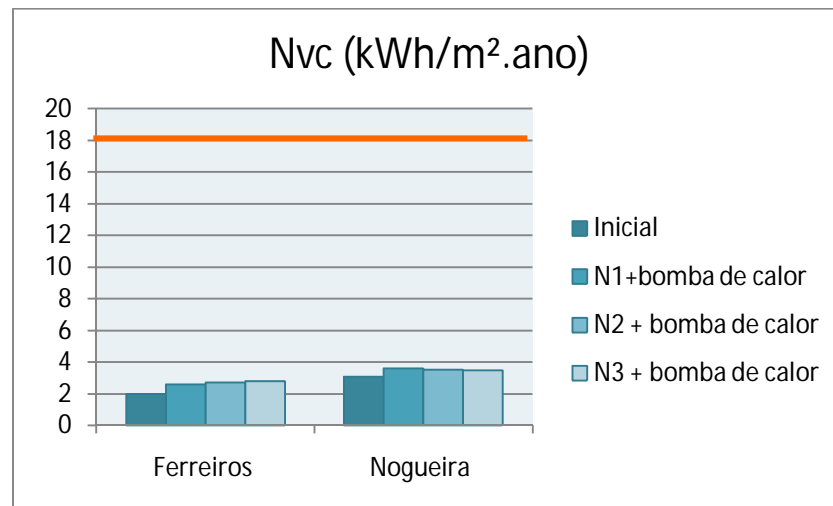


Fig. 173 Necessidades de arrefecimento dos edifícios unifamiliares com as melhores propostas em termos de custo/benefício

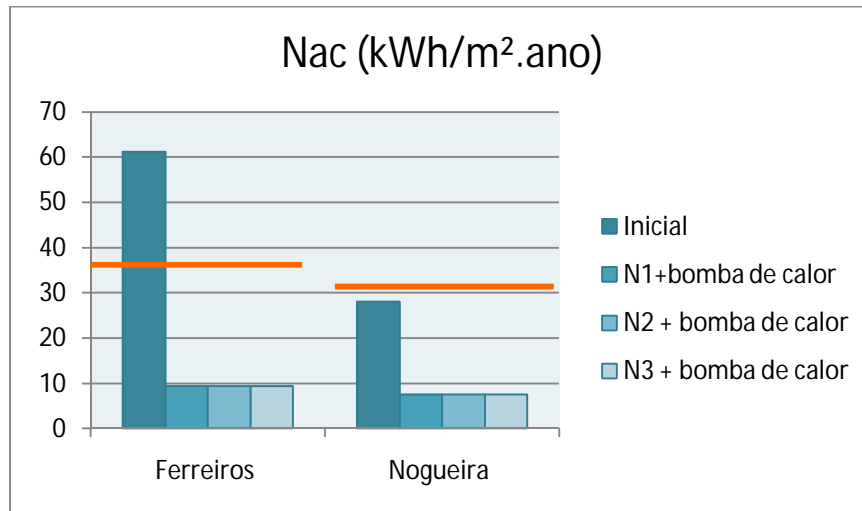


Fig. 174 Necessidades de preparação de águas quentes dos edifícios unifamiliares com as melhores propostas em termos de custo/benefício

Com base nas figuras verifica-se que estes pacotes de medidas respeitam os máximos regulamentares, esquematizados nas figuras pela linha laranja. Porém há uma exceção, para o primeiro nível de isolamento na moradia de Nogueira. Este não cumpre o máximo regulamentar, logo, seria necessário utilizar espessuras de isolamento superiores, para respeitar este valor.

Relativamente aos edifícios multifamiliares, a situação é idêntica ao caso de Ferreiros, conforme se pode verificar nas figuras seguintes. Embora neste, o facto de se optar por um sistema de preparação de AQS menos dispendioso e menos eficiente penalize um pouco o seu desempenho. Assim o valor máximo das Nac, para cada fração é respeitado, mas fica muito próximo deste valor, levando a piores desempenhos energéticos.

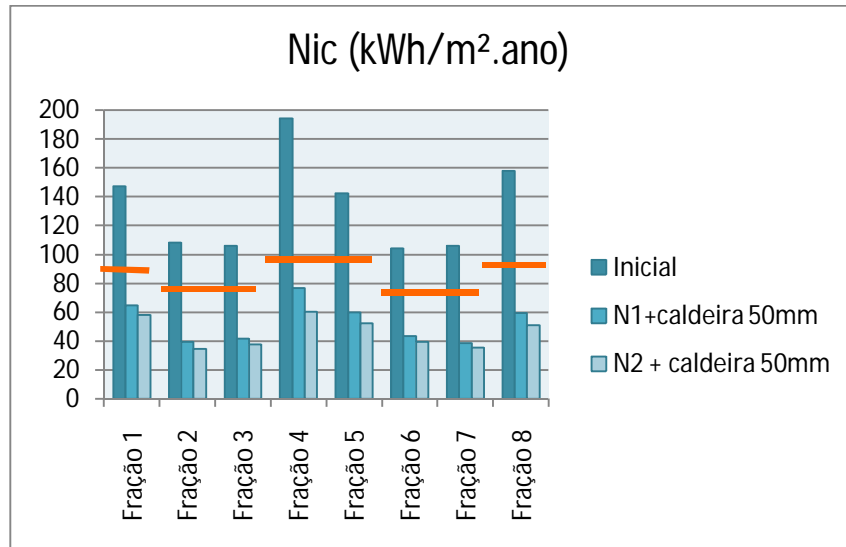


Fig. 175 Necessidades de aquecimento do edifício de S. Victor com as melhores propostas em termos de custo/benefício

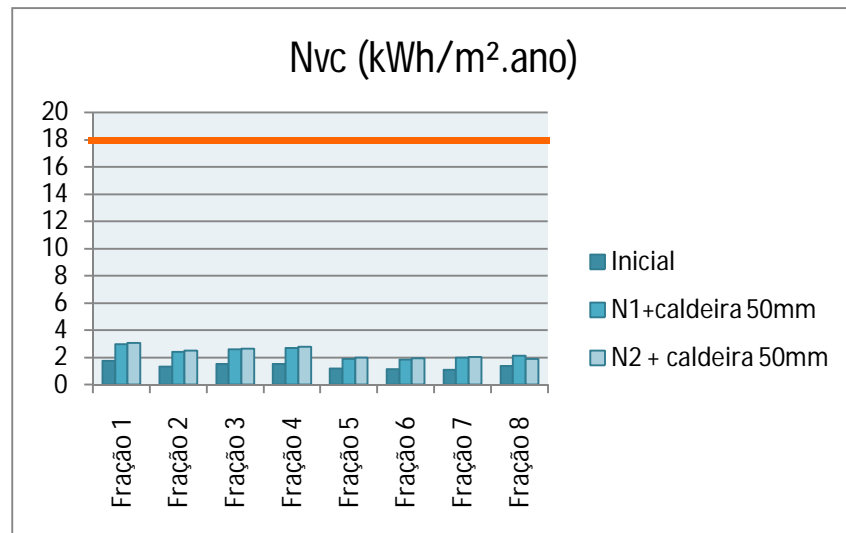


Fig. 176 Necessidades de arrefecimento do edifício de S. Victor com as melhores propostas em termos de custo/benefício

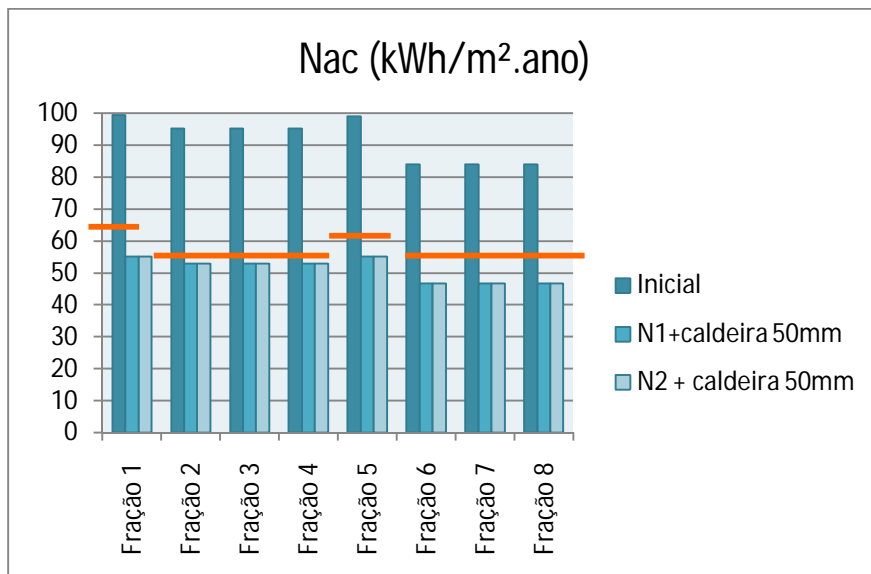


Fig. 177 Necessidades de preparação de águas quentes do edifício de S. Victor com as melhores propostas em termos de custo/benefício

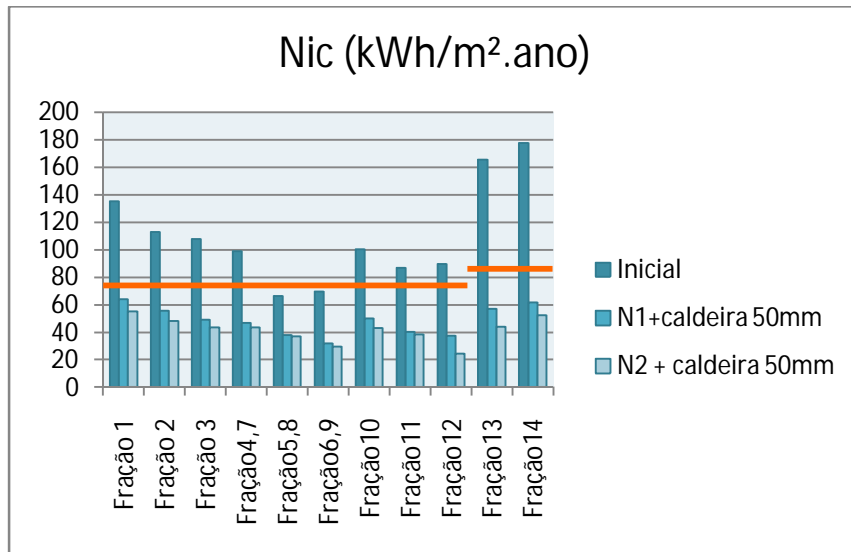


Fig. 178 Necessidades de aquecimento do edifício de S. Lázaro com as melhores propostas em termos de custo/benefício

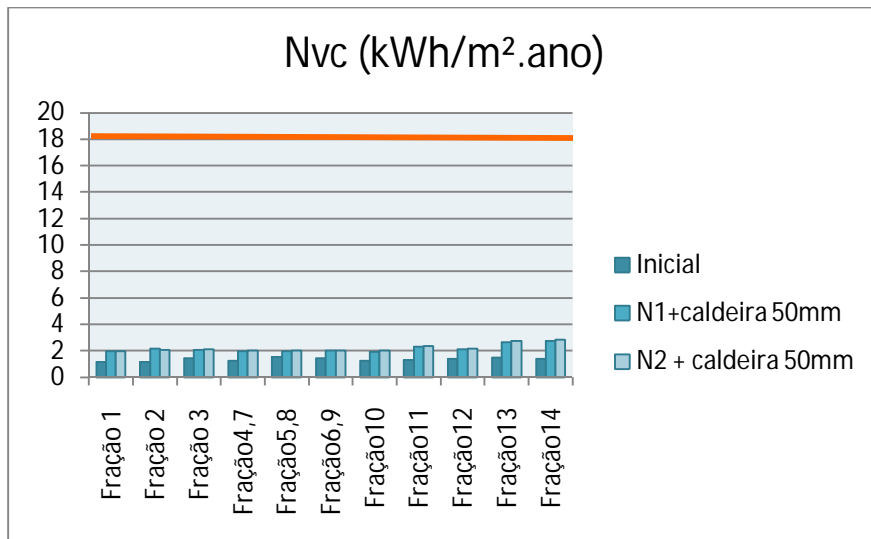


Fig. 179 Necessidades de arrefecimento do edifício de S. Lázaro com as melhores propostas em termos de custo/benefício

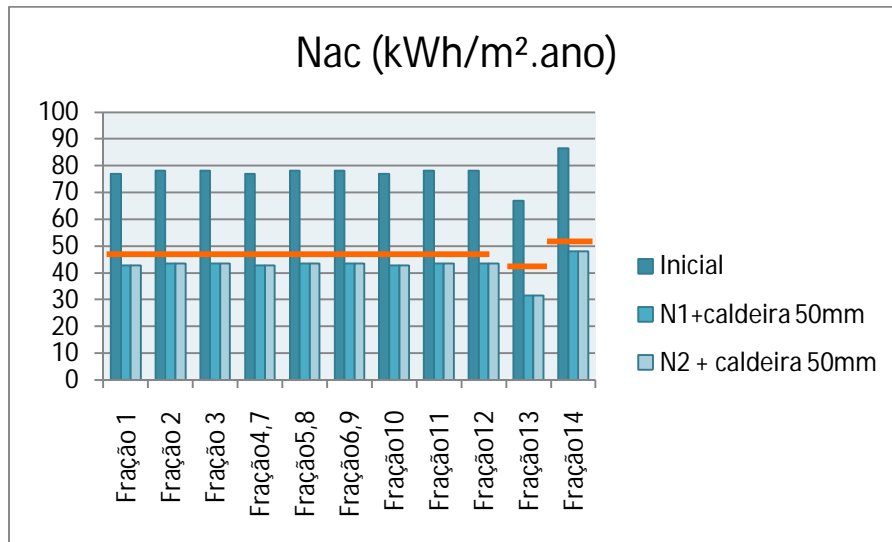


Fig. 180 Necessidades de preparação de águas quentes do edifício de S. Lázaro com as melhores propostas em termos de custo/benefício

Após este breve resumo do impacto das melhores propostas em termos da relação custo/benefício para cada edifício/fração, importa salientar que a menos que se trate de um restauro integral, com modernização da habitação, há parâmetros dos edifícios que não são fáceis de alterar, como o fator de forma, a orientação das fachadas, os sombreamentos por edifícios vizinhos e orientação das coberturas inclinadas, entre outros.

A escolha das soluções de reabilitação centrou-se na mesma gama, uma vez que são as mais simples de aplicar, com menor custo e com maior possibilidade de serem bem executadas, na medida em que já existe mão de obra qualificada para realizar estas intervenções.

Os resultados mostraram que a aplicação do isolamento pelo exterior das fachadas tem melhor desempenho, do que pelo interior.

Isolar os espaços úteis, de espaços não úteis pelo interior ou exterior das frações, é importante para melhorar o desempenho energético e o conforto.

Os níveis de isolamento propostos, não apresentaram resultados iguais para todas as frações, como se pode comprovar pela percentagem de redução nas Nic.

Nos edifícios estudados a melhoria dos vãos envidraçados não surtiu um impacto significativo, pois são áreas pequenas com proteção eficaz e algumas das frações já sofreram intervenções de melhoria nas caixilharias.

Em relação aos sistemas AQS, por vezes, a alteração destes permite melhorar a classe energética, mas para obter boas classificações é importante melhorar as envolventes opaca e envidraçada. Este aspeto influencia em grande parte a perceção do conforto.

Para os sistemas de AQS e de climatização, segundo a literatura disponível, são aconselhados sistemas centralizados. Nos edifícios estudados, a falta de espaço e as condicionantes de ordem estética e prática, para ligação de tubagens às frações, parecem constituir obstáculos significativos à implementação de algumas soluções. A orientação e a área das vertentes das coberturas podem também criar problemas de eficácia nos sistemas solares e dificultar a sua aplicação, causando algum impacto visual desagradável e diminuir a eficácia destes sistemas. A sua aplicação em fachadas, com design antiquado, não deve ser feita aleatoriamente ou com base noutros edifícios, pois cada um tem características distintas, o que pode originar problemas técnicos e estéticos.

Em termos de classificação energética, de um modo geral os edifícios/frações têm classe D e C. Nos edifícios multifamiliares analisados, com as medidas de reabilitação consegue-se uma classificação de pelo menos B, chegando a classe A, com a aplicação de uma bomba de calor para preparação de AQS ou com painéis solares. No caso dos edifícios unifamiliares, os resultados variam mais. Na moradia de Ferreiros, consegue-se classe B, com a melhoria das envolventes e com uma caldeira com pelo menos 50mm de isolamento e classe A, com a incorporação de uma bomba de calor. Na moradia de Nogueira com as medidas referidas para o caso de Ferreiros, é possível obter classificação de B- no primeiro caso e B com a colocação de uma bomba de calor.

Das duas moradias, a de Nogueira, é a mais complexa de intervir dadas as condicionantes de ordem estética.

A análise realizada comprova que as intervenções de reabilitação térmica surtem efeito no desempenho energético e em termos de poupança de energia.

Nas moradias unifamiliares é mais simples tomar decisões quanto à realização de uma intervenção de reabilitação e também em relação às soluções a adotar, pois dependem apenas de um proprietário. Nos edifícios multifamiliares e dado o quadro habitacional do nosso país no qual existem vários proprietários no mesmo edifício, a tomada de decisões é mais complexa e muitas vezes, mesmo intervindo apenas numa fração, há necessidade de contornar as questões de mentalidade e cultura, por parte dos outros proprietários.

CAPÍTULO 7. Conclusões



(Glocalfaro)

7.1 Conclusões

A presente dissertação centrou-se na análise da reabilitação energética de edifícios existentes do setor residencial, em Portugal. A Comunidade Europeia tem exercido alguma pressão no sentido de alertar para a necessidade de melhorar o desempenho energético dos edifícios o que tem contribuído para que este setor, da construção, possa desenvolver-se.

De modo a atingir os objetivos propostos, caracterizar os edifícios existentes para conhecer o modo como funcionam, as principais oportunidades de melhoria, os benefícios da implementação das propostas de melhoria e verificar quais os tempos de retorno inerentes, foi necessário recorrer a casos práticos. Para tal, foram selecionados quatro edifícios, admitindo que possuíam algum potencial para serem reabilitados energeticamente.

Antes de iniciar o estudo dos casos práticos houve necessidade de proceder a uma revisão da bibliografia disponível e verificar os principais desenvolvimentos na área da reabilitação energética. Nesta, foi analisado o potencial energético de edifícios existentes, caracterizando o parque habitacional português, verificando os entraves e incentivos à reabilitação e os meios disponíveis para realizar este género de intervenção.

Para concretizar os objetivos, foram selecionados quatro edifícios para análise. A metodologia para levar a cabo a referida análise compreende a caracterização dos edifícios no estado atual e simulação do desempenho dos mesmos, com propostas de melhoria, baseadas no impacto das mesmas nas necessidades nominais de energia. A base da análise energética foi a metodologia RCCTE. As propostas de melhoria foram analisadas individualmente, seguindo-se uma análise mais abrangente, com várias propostas em simultâneo para reforço do isolamento, com base nos valores das N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} .

A metodologia inclui também uma análise da relação custo/benefício para dar resposta ao último objetivo supra citado. Esta foi realizada para as propostas analisadas em termos de desempenho energético e permite avaliar o tempo de retorno do investimento nas intervenções propostas. Com estes valores, verifica-se em que moldes se pode reabilitar e quais as melhores soluções em termos energéticos e económicos. Estes pontos são importantes para ajudar a desmistificar a reabilitação energética.

Após este exercício, foi possível concluir que o efeito das propostas de melhoria varia de edifício para edifício, em termos de indicadores energéticos (N_{ic} , N_{vc} e N_{ac}) e que as melhores propostas em termos energéticos, geralmente não são as melhores em termos de custo/benefício. Para obter melhores desempenhos energéticos, geralmente, é necessário um investimento acrescido.

A melhoria do conforto dentro das frações, a poupança de energia devido à redução de perdas e ganhos consoante a estação, a redução das emissões de CO₂ resultantes da transformação, produção e utilização da

energia e o retorno do investimento realizado nas intervenções de melhoria, são as principais mais-valias deste género de reabilitação.

Porém, verifica-se que ainda há muitas barreiras que condicionam o mercado da reabilitação energética. A geometria dos edifícios existentes, os espaços comuns com dimensões reduzidas, a ausência de detalhes de projeto, a orientação solar das vertentes inclinadas da cobertura e das próprias fachadas, são um entrave à aplicação de sistemas solares, de certos equipamentos de preparação de AQS e de sistemas de climatização.

Persistem algumas dúvidas quanto à real possibilidade de implementar sistemas solares e bombas de calor nos edifícios multifamiliares estudados, pela impossibilidade da deslocação de um técnico especializado na montagem destes sistemas.

Para além destas barreiras, a falta de soluções de reabilitação das caixilharias e de soluções pré-fabricadas que poupem tempo e mão de obra nas intervenções, reduzindo assim os custos, fazem com que as reabilitações energéticas tenham respostas muito convencionais, o que contribui para a exploração insustentável de matérias-primas e menor controlo de qualidade das intervenções. Se houvesse mais investimento neste setor, os custos das propostas de melhoria poderiam ser reduzidos, levando a soluções mais económicas e igualmente eficientes.

Relativamente às barreiras na vertente social, o custo é preterido ao conforto térmico e existe falta de informação junto da população. Uma breve conversa com alguns destes, permite perceber que desde que não chova dentro de casa, não existam grandes humidades e estejam protegidos por algum tipo de invólucro (paredes, chão e teto), é suficiente para viverem bem. À semelhança do caso Francês, referido na revisão da literatura, a estética parece prevalecer face ao conforto, ou à poupança de energia.

No que diz respeito às medidas propostas pelo governo para incentivar à reabilitação energética de edifícios, a maioria dos proprietários parece desconhecê-las.

O fenómeno recente da aplicação de ar condicionado, não contribui muito para o bom desempenho dos edifícios. Para além disto, se não se isolarem as envolventes, o desempenho destes equipamentos poderá ficar aquém das expectativas.

Adotar um comportamento adequado face à utilização dos edifícios, é também importante para manter a salubridade e algum conforto dos espaços.

As barreiras de cariz económico estão muito ligadas à atual conjuntura económica facto que não impulsiona este setor da construção. O medo do futuro e as desconfianças face à situação financeira faz com que este tipo de problemática não seja uma prioridade.

A falta de planos de manutenção dos edifícios e de leis que obriguem a intervenções periódicas mediante coimas, colaboram na degradação do estado dos edifícios portugueses. Muitos são levados ao limite de vida útil e só intervencionados quando a única solução é a substituição dos materiais.

Com as várias propostas possíveis e com a diversidade de índices energéticos dos edifícios, é aconselhável consultar um técnico especializado antes de proceder a uma intervenção de reabilitação.

Tal como foi referido anteriormente, o nível cultural e de formação dos proprietários, a faixa etária e a classe social parecem influenciar a pré-disposição para pôr em prática as intervenções de reabilitação.

O mercado da reabilitação, em teoria, tem meios para se desenvolver, contudo este, parece adiado pelas questões referidas.

Mas nem tudo são desvantagens. Com o aumento de taxas de juros para obtenção de empréstimos para aquisição de habitação, parece haver sinais de que o mercado do arrendamento está a começar a desenvolver. O aumento do IVA, na eletricidade, parece despertar o interesse dos proprietários pela poupança de energia. Estes factos, talvez contribuam para o início do mercado da reabilitação urbana, na vertente energética.

7.2 Perspetivas de trabalhos futuros

No que concerne a questões de ordem prática, na reabilitação de edifícios existentes, seria bom verificar de que modo a teoria se adequa à prática e de que modo o impacto das medidas de reabilitação é o previsto pelo RCCTE.

Também já foi referido que a pré-fabricação para a reabilitação, em Portugal, não tem grande expressão. Perceber os benefícios desta indústria na reabilitação energética, poderá ser também um ponto de desenvolvimento de mercado, sempre com o custo/benefício no horizonte. A criação de soluções modulares, para dar resposta a algumas intervenções, pode ser uma mais-valia, à semelhança do que sucede nos países Nórdicos.

Com base nisto, o estudo destas questões pode constituir boas linhas para estudos futuros.

Referências Bibliográficas



(Glocalfaro)

ADENE, Agência para a energia, (2010, maio). *Guia da Eficiência energética*, Sem local;

ADENE, Agência para a energia (2010, dezembro). *Certificação Energética e Ar Interior Edifícios Relatório síntese – Certificação e Registo*, Sem local;

ADENE, INETI, SPES e APISOLAR, (2004, abril). *Utilização de colectores solares para Aquecimento de água no Sector Doméstico*, Água Quente Solar para Portugal, Sem Local;

Amici della Terra, (Sem data). *Manuale per il risparmio energetico: Casa, Condominio e Lavoro*, Amici della Terra, Florença, disponível em: www.amicidellaterra.org

Boermans, T., Bettgenhauser, K., De Vos, R., (2010). *Cost Optimality – Discussing methodology and challenges within the recast Energy Performance of Buildings Directive*, BPIE (Buildings Performance Institute Europe);

Brundtland, G., (1987). *Our Common future*, World Commission on Environment and Development (WCED), Sem Local;

CEOE (Confederación Española de Organizaciones Empresariales), (2010, abril). *La reactivación de la economía a través de un cambio en la reforma de viviendas y en la rehabilitación de edificios*, CEOE, Madrid;

Comissão Europeia, (Sem Data). *Energias para o futuro: fontes de energia renováveis - Livro branco para uma estratégia e um plano de acção comunitário*;

DGGE, (2010, maio). *Balanço energético tep*, Sem Local, disponível em www.dgge.pt;

DGGE, Ministério da Economia da Inovação e do Desenvolvimento, (2010, maio). *A factura energética Portuguesa*, Sem Local, disponível em <http://energiaparaportugal.com>

ENEA e Ministero dello Sviluppo Economico, (2010, março). *Una casa evoluta fa bene a te all'economia e all'ambiente*, Sem Local;

ENEA, (2003, setembro). *Sviluppo Sostenibile, Risparmio Energetico nella Casa*, Roma;

ERSE, (2010, novembro). *Plano de promoção da eficiência no consumo de energia eléctrica para 2011-2012*, Sem Local, disponível em www.erse.pt;

Ferreira, F. Antunes, A., Alves, A., Milagre, R., Ramos, S., Delgado, A. e Santos, P., (2007, junho). *Ecocasa, Programa Ecofamílias Relatório Final*; Quercus, Sem Local;

FIEC, (2010, abril). Position on a sustainable energy supply for a new low-carbon economy, *The construction industry as the solution for interconnected, environmentally-friendly, and intelligent energy network*, Sem Local;

IDEA e Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, (2008, abril). *Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios*; Madrid;

IEA, OECD, (2010). *Energy Efficiency Governance*; Paris, disponível em:

<http://www.iea.org/papers/2010/eeg.pdf>

INE, (2001). *Caracterização do Parque habitacional, Censos 2001*, Sem Local, disponível em: www.ine.pt;

ITIC (Instituto técnico para a indústria da construção), (2008, março). *O sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar interior dos Edifícios, Oportunidades para o Sector da construção Segmento Residencial*, Sem Local;

Jardim, M., (2009, dezembro). *Proposta de Intervenção de Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação*, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho;

Maria, D., (2007, abril). *Regulamento das características de Comportamento Térmico dos Edifícios*, Publisher Team, Lisboa;

Martins, B., Vital, C., Adão, D., Neves, F., Martins, L., Ramalho, M., (2009). *O Mercado da Reabilitação – Enquadramento, Relevância e Perspectivas*, AECOPS, Sem Local;

Nucete, E., Rincón M., (2010, dezembro). *Potencial de Ahorro Energético y de Reducción de Emisiones de CO2 dels Parque Residencial existente en España en 2020*, WWF/Adena, Madrid;

Paiva, J. e Vasconcelos, A., (2000, março). *Medidas de reabilitação energética em edifícios, Comunicação apresentada ao workshop “ Reabilitação energética de edifícios em zonas urbanas. O caso da habitação social”*, Lisboa;

Parlamento Europeu,(2008). Desempenho energético dos edifícios (reformulação), *Resolução legislativa do Parlamento Europeu, de 23 de abril de 2009, sobre uma proposta da diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação) COM (2008) 0780 – C6-0413/2008 – 2008/0223 (COD)*; JO C 77 de 28.3.2002. p.1;

Pinto, L., (2010, janeiro). *Mercado da reabilitação vale 200 mil milhões de euros*, jornal Público de 10/10/12, disponível em:

http://www.adurbem.pt/index2.php?option=com_content&task=view&id=783&Itemid

Ruggieri, G. (Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell’Ambiente Costruito dell Politecnico di Milano – BEST), Dall’Ò, G. e Galante, A. (Dipartimento interfacoltà Ambiente-salute-Sicurezza della Università degli studi dell’Insubria), (2007, outubro). *Le barriere all’efficienza energetica nei condomini italiani, analisi e proposte d’intervento*, WWF, Itália;

Stanghellini, S., (2000, setembro). *La riqualificazione urbana fra leggi di mercato ed esigenze sociali*; Sem Local;

U.S. Department of energy, (2009, agosto). *AHORRO DE ENERGÍA, consejos para ahorrar energía y dinero en el hogar*, (versão em espanhol), Washington, disponível em: www.eere.energy.gov

Vouk, J., (2009). *Energy-saving buildings: agreement reached, Press release*, Press Service, Referencia No.: 200911181PR64746, Sem Local;

Waldhober, Dr Marjolein, (2008, agosto). *European project on consumer’s response to energy labels in buildings*, ECN Policy Studies, Intelligent energy, Sem Local, disponível em: www.ideal-epbd.eu

World Business Council for Sustainable Development, (2009). *Transforming the Market – Energy Efficiency in Buildings*, Atar Roto Press S.A., Switzerland;

SITES CONSULTADOS

<http://colunistas.ig.com.br/dicasdaarquitectura/tag/tratamento-acustico/>, 10-10-2011, 12:31;

<http://conservacao.quercusancn.pt/content/view/46/70/>, 2-12-2010, 10:30;

http://ec.europa.eu/clima/policies/eccp/index_en.htm, 14-12-2010, 19:41;

http://pt.wikipedia.org/wiki/Relat%C3%B3rio_Brundtland, 2-12-2010, 00:10;

<http://pt.dreamstime.com/vector-clipart/royalty-free-stock-images-energetic-efficiency-image17100679>, 24-09-2011, 12 :26 ;

<http://qualenergia.it/articoli/20100323-potenziale-e-ostacoli-allo-sfruttamento-dell-efficienza-1>, 16-3-2011, 21:34;

<http://vizeclimada.blogspot.com/2008/05/paineis-solares-circulao-forada.html>, 10-10-2011, 12:52;

http://www.agenda21local.info/index.php?option=com_content&view=article&id=41&Itemid=66, 14-12-2010, 10:17;

http://www.consumoresponsavel.com/wp-content/rncr_fichas/RNCR_Ficha_C.pdf, 2-12-2010, 00:47;

<http://www.deco.proteste.pt/irs/irs-em-2012-novo-aperto-na-classe-media-s635281.htm>, 12-10-2011, 14:22;

<http://www.dqa.pt/002.aspx?dqa=0:0:0:6:0:0:-1:0:0&ct=33>, 11-1-2011, 16:43;

<http://www.dgge.pt/>, 2-12-2010, 01:32;

<http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/o-que-e-a-eficiencia-energetica/no-mundo>, 2-12-2010, 01:44;

<http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/o-que-e-a-eficiencia-energetica/no-mundo/grandes-marcos-das-alteracoes-climaticas>, 2-12-2010, 2:12;

<http://www.eere.energy.gov/consumer/tips/>, 4-2-2010; 15:40

<http://www.fafisol.com>, 6-10-2011, 22:33;

<http://www.forum.aglobal.com>, 19-12-2011, 19:38

<http://www.glocalfaro.blogspot.com/>, 2-11-2011, 20:25

<http://www.greentime.pt>, 6-10-2011, 22:40;

<http://www.iea.com>, 6-10-2011; 22:21;

http://www.ideal-epbd.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=4&lang=pt , 8-4-2011,

11:52;

<http://www.matimex.com>, 6-10-2011, 22:45

<http://www.online24.pt/deducoes-irs-2011/>, 12-10-2011, 14:04;

<http://www.un-documents.net/ocf-01.htm#l>, 2-12-2010, 00:38;

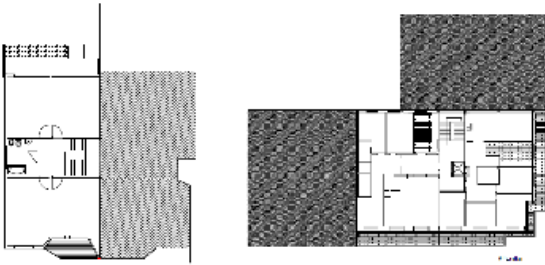
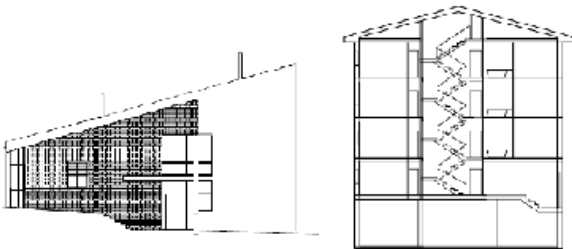
<http://www.vulcano.pt>, 6-10-2011, 22:13;

<http://www.zantia.pt>, 6-10-2011, 22:26;

<http://www.mundoeducacao.com.br/geografia/efeito-estufa.htm>, 10:23, 21-11-2011

http://en.wikipedia.org/wiki/United_Nations_Conference_on_the_Human_Environment, 12:00, 12-01-2011

Anexos



Anexo I Cálculos dos coeficientes de transmissão térmica e do τ dos espaços não úteis

Moradia de Ferreiros

Tabela 33 Valores para os cálculos do U das paredes exteriores

Parede exterior	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,04		
Reboco	0,02	0,02	1900	38
Tijolo furado	0,11	0,27	1100	121
Caixa de ar	0,04	0,18		
Tijolo cerâmico	0,11	0,27	1100	121
Reboco	0,02	0,02	1900	38
Rsi		0,13		
mt				318
msi=mt/2<150kg/m ²				150
U (W/m ² .°C)		1,1		

Tabela 34 Valores para os cálculos do U do pavimento

Pavimento do r/c	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,17		
Cerâmico	0,03	0,03	1800	54
Camada de regularização	0,05	0,03	1200	36
Laje aligeirada	0,25	0,23	1000	250
Reboco	0,02	0,02	1900	38
Rsi		0,17		
mt				378
msi=mt/2<150kg/m ²				189
U (W/m ² .°C)		1,56		

Tabela 35 Valores para os cálculos do U da cobertura em desvão

Cobertura	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rsi		0,10		
Camada de regularização	0,05	0,03	1200,00	60,00
Laje aligeirada	0,25	0,24	1000,00	250,00
Reboco	0,02	0,02	1800,00	38,00
Rsi		0,10		
mt				402,00
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		2,17		

Tabela 36 Valores para os cálculos do U da parede que separa o edifício do edifício vizinho

Parede que separa o edifício vizinho	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rsi		0,13		
Reboco	0,02	0,02	1900	38
Tijolo furado	0,15	0,37	1100	165
Reboco	0,02	0,02	1900	38
mt				241
msi=mt/2<150kg/m ²				120,5
U (W/m ² .°C)		1,90		

Tabela 37 Valores para os cálculos do U da cobertura em terraço

Cobertura em terraço	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,04		
Cerâmico	0,03	0,03	1800	54
Camada de regularização	0,05	0,03	1200	36
Tela	0,05	0,217391	1000	50
Laje aligeirada	0,25	0,23	1000	600
Reboco	0,02	0,015	1900	38
Rsi		0,1		
mt				778
msi=mt/2<150kg/m ²				150
U (W/m ² .°C)		1,52		

Tabela 38 Valores para os cálculos do U do caixa de estores

Caixa de estores	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Ser		0,13		
Betão	0,04	0,02	2400	96
Reboco	0,02	0,02	1900	38
Rsi		0,13		
mt				134
msi=(mt/2)<150kg/m ²				67
U (W/m ² .°C)		3,39		

Tabela 39 Valores do U das caixilharias e do fator solar do vidro

Descrição da caixilharia	
Caixilharia em madeira	
Vidro simples	
Dispositivo de oclusão noturna	
Fator solar do vidro	0,88
U (W/m ² .°C)	3,9

O cálculo do τ é realizado através da divisão de A_i , área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil e A_u , que é a área do elemento que separa o espaço não útil, do ambiente exterior. Com o resultado desta divisão consulta-se a tabela IV.1 do RCCTE e consoante o tipo de espaço não útil é retirado o valor do τ .

Tabela 40 resumo do cálculo do valor do τ da cave e do desvão da cobertura

Espaço	A_i (m ²)	A_u (m ²)	A_i/A_u	τ
Cave	74,40	31,63	2,35	0,70
Desvão da cobertura	80,63	100,03	0,81	0,90



Fig.181 Marcação das envolventes no edifício de Ferreiros

Moradia de Nogueira

Tabela 41 Valores para os cálculos do U das paredes exteriores

Parede exterior	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,04		
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Tijolo furado	0,15	0,37	1100,00	121,00
Caixa de ar	0,04	0,18		
Tijolo maciço	0,07	0,08	1100,00	121,00
Rsi		0,13		
mt				280,00
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		1,23		

Tabela 42 Valores para os cálculos do U das paredes exteriores com tijolo burro

Parede exterior	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,04		
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Tijolo furado	0,11	0,27	1100,00	121,00
Caixa de ar	0,04	0,18		
Tijolo cerâmico	0,11	0,27	1100,00	121,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,13		
mt				318,00
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		1,10		

Tabela 43 Valores para os cálculos do U da laje de cobertura em desvão

Laje de cobertura em desvão	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rsi		0,10		
Camada de regularização	0,03	0,02	1200,00	36,00
Laje aligeirada	0,25	0,23	1000,00	250,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,10		
mt				324,00
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		2,17		

Tabela 44 Valores para os cálculos do U da parede que separa a garagem das restantes zonas

Parede que separa espaço útil de não útil	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,13		
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Tijolo furado	0,11	0,27	1100,00	121,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,13		
mt				197,00
msi=mt/2<150kg/m ²				98,50
U (W/m ² .°C)		1,79		

Tabela 45 Valores para os cálculos do U da cobertura em terraço

Cobertura em terraço	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,04		
Cerâmico	0,03	0,03	1800,00	54,00
Camada de regularização	0,05	0,03	1200,00	60,00
Tela	0,05	0,02	1000,00	50,00
Laje aligeirada	0,25	0,23	1000,00	250,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,10		
mt				452,00
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		2,16		

Tabela 46 Valores do U das caixilharias e do factor solar do vidro

Descrição da caixilharia	
Caixilharia em alumínio	
Vidro duplo	
Dispositivo de oclusão noturna	
Fator solar do vidro	0,75
U (W/m ² .°C)	3,42

O cálculo do τ é realizado através da divisão de A_i , área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil e A_u , que é a área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior. Com o resultado desta divisão consulta-se a tabela IV.1 do RCCTE e consoante o tipo de espaço não útil é retirado o valor do τ .

Tabela 47 Resumo do cálculo do valor do τ da garagem, do desvão da cobertura e debaixo das escadas

Espaço	A_i (m²)	A_u (m²)	A_i/A_u	τ
Garagem	10,69	78,55	0,14	0,80
Desvão da cobertura	67,33	125,63	0,54	0,90
Desvão da cobertura do escritório	10,91	76,69	0,14	0,90
Debaixo das escadas	6,12	4,68	1,31	0,60

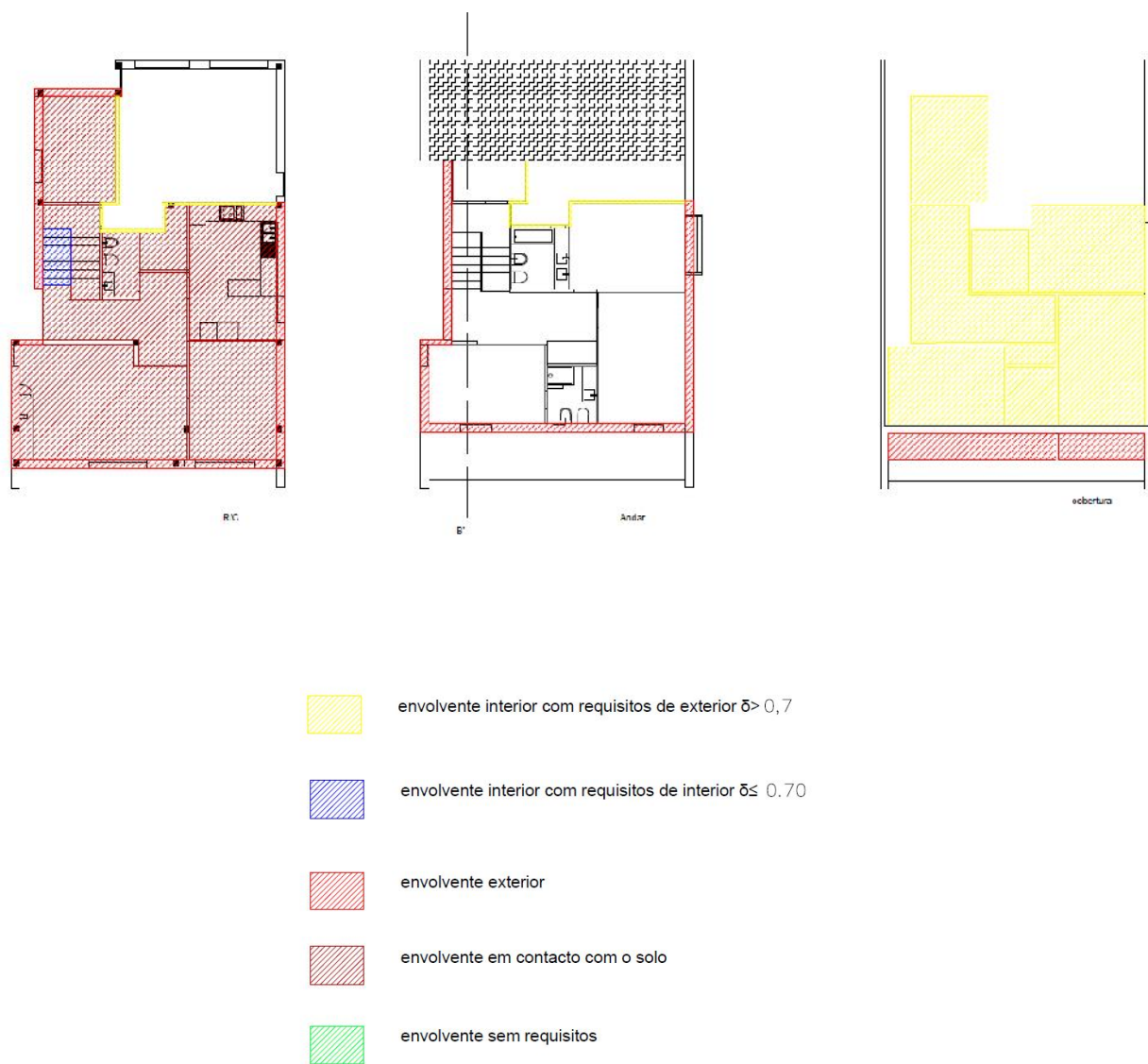


Fig.182 Marcação das envolventes no edifício localizado em Nogueira

Edifícios multifamiliar em S. Victor

Tabela 48 Valores para os cálculos do U das paredes exteriores

Parede exterior	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,04		
Revestimento cerâmico	0,00	0,02	2300,00	4,60
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Tijolo furado	0,15	0,39	1100,00	121,00
Caixa de ar	0,04	0,18		
Tijolo cerâmico	0,11	0,27	1100,00	121,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,13		
mt				322,60
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		0,95		

Tabela 49 Valores para os cálculos do U do pavimento

Pavimento do r/c	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Ser		0,17		
Taco de madeira	0,02	0,07	700,00	10,50
Camada de regularização	0,05	0,03	1200,00	36,00
Laje aligeirada	0,25	0,27	1000,00	250,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,17		
mt				334,50
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		1,39		

Tabela 50 Valores para os cálculos do U da cobertura

Cobertura	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rsi		0,10		
Reboco	0,03	0,02	1800,00	54,00
Camada de regularização	0,05	0,03	1200,00	60,00
Laje aligeirada	0,25	0,24	1000,00	250,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,10		
mt				402,00
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		1,97		

Tabela 51 Valores para os cálculos do U da parede que separa as fracções da caixa de escadas

Parede que separa espaço útil de não útil	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,13		
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Tijolo furado	0,15	0,37	1100,00	165,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,13		
mt				241,00
msi=mt/2<150kg/m ²				120,50
U (W/m ² .°C)		1,52		

Tabela 52 Valores para os cálculos do U para o pavimento da fracção sobre exterior

Pavimento exterior da Fracção 6	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,04		
Taco de madeira	0,02	0,07	700,00	10,50
Camada de regularização	0,05	0,03	1200,00	36,00
Laje aligeirada	0,25	0,27	1000,00	250,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,17		
mt				334,50
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		1,70		

Tabela 53 Valores para os cálculos do U da parede que separa as frações do edifício vizinho

Parede com vizinho	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rsi		0,13		
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Tijolo furado	0,15	0,37	1100,00	165,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
mt				241,00
msi=mt/2<150kg/m ²				120,50
U (W/m ² .°C)		1,90		

Tabela 54 Valores do U das caixilharias e do fator solar do vidro

Descrição da caixilharia	
Caixilharia em alumínio	
Vidro simples	
Dispositivo de oclusão noturna	
Fator solar do vidro	0,88
U (W/m ² .°C)	4,80

O cálculo do τ é realizado através da divisão de A_i , área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil e A_u , que é a área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior. Com o resultado desta divisão consulta-se a tabela IV.1 do RCCTE e consoante o tipo de espaço não útil é retirado o valor do τ . No caso da caixa-de-escadas, o valor é correspondente ao caso em que não existem aberturas permanentes para o exterior.

Tabela 55 Resumo do cálculo do valor do τ da garagem, do desvão da cobertura e da caixa-de-escadas

Espaço	A_i	A_u	A_i/A_u	τ
Cave	77,11	28,32	2,72	0,7
Desvão da cobertura	171,15	205,69	0,83	0,9
Caixa de escadas	170,4	17,32	9,84	0,3



Fig.183 Marcação das envolventes do edifício localizado na freguesia de S. Victor

Edifício multifamiliar em S. Lázaro

Tabela 56 Valores para os cálculos do U das paredes exteriores

Parede exterior	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Ser		0,04		
Revestimento cerâmico	0,002	0,02	2300,00	4,60
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Tijolo furado	0,15	0,39	1100,00	121,00
Caixa de ar	0,04	0,18		
Tijolo cerâmico	0,11	0,27	1100,00	121,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,13		
mt				322,60
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		0,95		

Tabela 57 Valores para os cálculos do U do pavimento

Pavimento do r/c	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,17		
Taco de madeira	0,015	0,07	700,00	10,50
Camada de regularização	0,05	0,03	1200,00	36,00
Laje aligeirada	0,25	0,27	1000,00	250,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,17		
mt				334,50
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		1,39		

Tabela 58 Valores para os cálculos do U da cobertura

Cobertura	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m³)	Massa (kg/m²)
Rsi		0,10		
Reboco	0,03	0,02	1800,00	54,00
Camada de regularização	0,05	0,03	1200,00	60,00
Laje aligeirada	0,25	0,24	1000,00	250,00
Reboco	0,02	0,02	1800,00	38,00
Rsi		0,10		
mt				402,00
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		1,97		

Tabela 59 Valores para os cálculos do U da parede que separa a caixa-de-escadas das frações

Parede que separa espaço útil de não útil	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m³)	Massa (kg/m²)
Rse		0,13		
Reboco	0,02	0,02	1800,00	36,00
Tijolo furado	0,15	0,37	1100,00	165,00
Reboco	0,02	0,02	1800,00	36,00
Rsi		0,13		
mt				237,00
msi=mt/2<150kg/m ²				118,50
U (W/m ² .°C)		1,52		

Tabela 60 Valores para os cálculos do U da parede que separa a caixa do elevador da fração

Parede que separa caixa do elevador	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m³)	Massa (kg/m²)
Rse		0,13		
Reboco	0,02	0,02	1800,00	36,00
Betão	0,15	0,08	2400,00	360,00
Reboco	0,02	0,02	1800,00	36,00
Rsi		0,13		
mt				432,00
msi=mt/2<150kg/m ²				216,00
U (W/m ² .°C)		2,73		

Tabela 61 Valores para os cálculos do U da parede que separa a caixa do elevador da fração

Parede com vizinho	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rsi		0,13		
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Tijolo furado	0,15	0,37	1100,00	165,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
mt				241,00
msi=mt/2<150kg/m ²				120,50
U (W/m ² .°C)		1,90		

Tabela 62 Valores para os cálculos do U da parede que separa a caixa do elevador da fração

Cobertura em terraço	Espessura (m)	Rj	Massa volúmica (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)
Rse		0,04		
Cerâmico	0,03	0,03	1800,00	54,00
Camada de regularização	0,05	0,03	1200,00	60,00
Tela	0,05	0,22	1000,00	50,00
Laje aligeirada	0,25	0,23	1000,00	250,00
Reboco	0,02	0,02	1900,00	38,00
Rsi		0,10		
mt				452,00
msi=mt/2<150kg/m ²				150,00
U (W/m ² .°C)		1,52		

Tabela 63 Valores para os cálculos do U da parede que separa a caixa do elevador da fração

Descrição da caixilharia	
Caixilharia em alumínio	
Vidro simples	
Dispositivo de oclusão noturna	
Fator solar do vidro	0,88
U (W/m ² .°C)	4,80

O cálculo do τ é realizado através da divisão de A_i , área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil e A_u , que é a área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior. Com o

resultado desta divisão consulta-se a tabela IV.1 do RCCTE e consoante o tipo de espaço não útil é retirado o valor do τ . No caso da caixa de escadas, o valor é correspondente ao caso em que não existem aberturas permanentes para o exterior.

Tabela 64 Resumo do cálculo do valor do τ da garagem, do desvão da cobertura e da caixa de escadas

Espaços	Ai	Au	Ai/Au	τ
Lojas comerciais	241,33	134,88	1,78922	0,6
Caixa-de-escadas	230,85	54,54	4,232673	0,3
Caixa de elevador	41,175	4,89	8,420245	0,3
Parede com edifício vizinho				0,6
Desvão da cobertura	236	247,8	0,952381	0,9

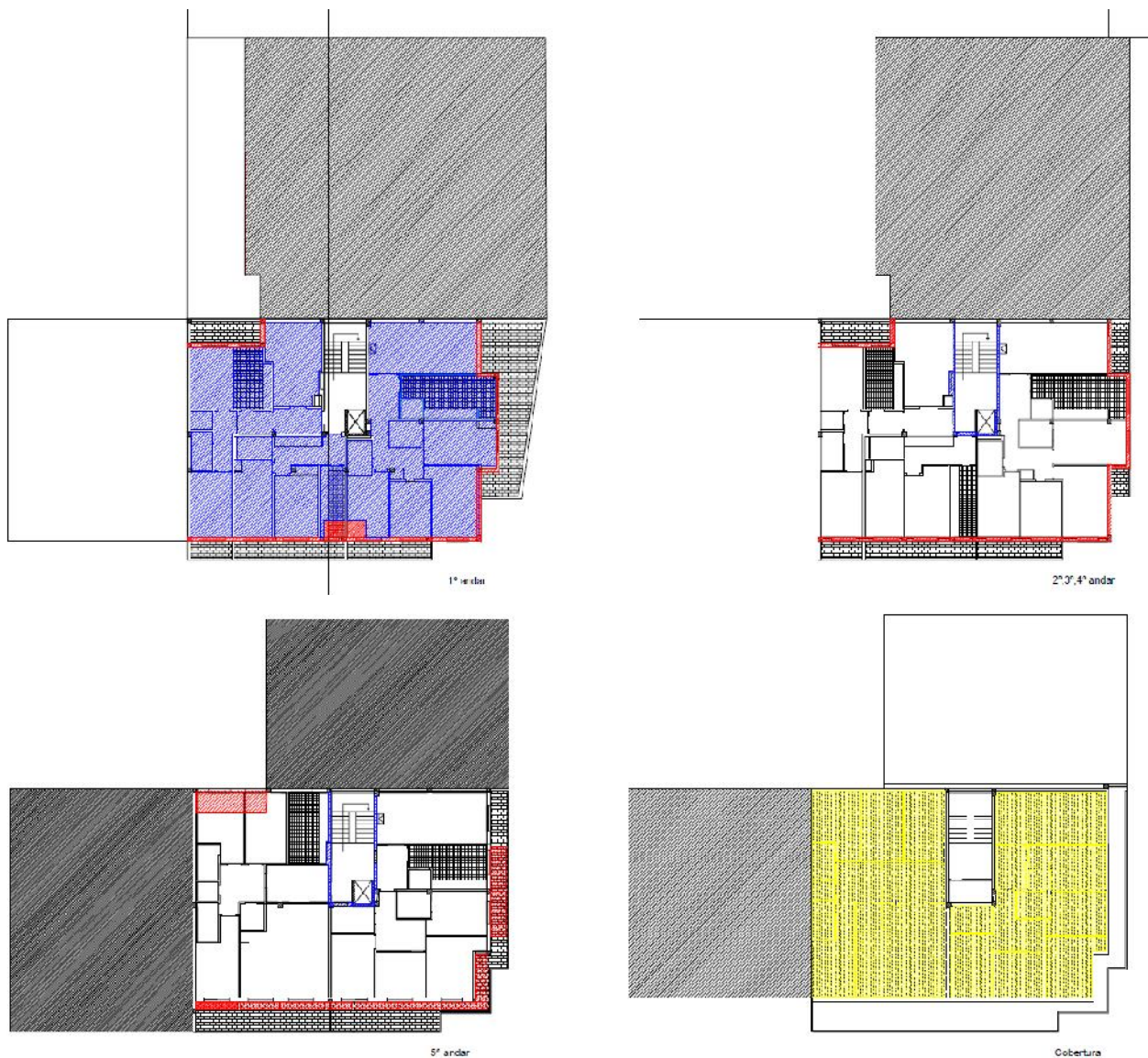


Fig. 184 Marcação das envolventes do edifício localizado na freguesia de S. Lázaro

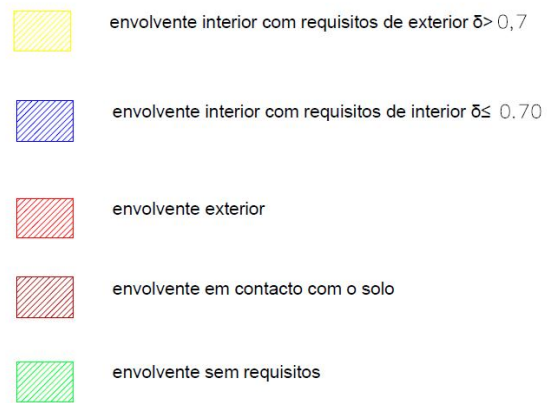


Fig. 185 Legenda das envolturas

Anexo II Tabelas com as soluções da implementação das medidas de melhoria na envolvente opaca

II.1 Edifícios unifamiliares

Tabela 65 - Valores para os cálculos do edifício unifamiliar localizado em Ferreiros

Morada em Ferreiros	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial		174,83	2,00	61,15	174,83	0,67	61,15	0,16	156,20	5.686,62	0,00			
Etics 4	0,52	137,34	2,10	61,15	137,34	0,70	61,15	0,16	156,20	4.739,97	3.448,20	3.448,20	946,65	3,64
Etics 6	0,42	133,85	2,16	61,15	133,85	0,72	61,15	0,16	156,20	4.652,27	3.793,02	3.793,02	1.034,35	3,67
Etics 8	0,35	131,64	2,20	61,15	131,64	0,73	61,15	0,16	156,20	4.596,76	4.137,84	4.137,84	1.089,86	3,80
Fachada ventilada	1,10													
XPS 4cm	0,44	134,49	2,19	61,15	134,49	0,73	61,15	0,16	156,20	4.668,70	9.195,20	9.195,20	1.017,92	9,03
XPS 6cm	0,35	131,64	2,20	61,15	131,64	0,73	61,15	0,16	156,20	4.596,76	11.494,00	11.494,00	1.089,86	10,55
XPS 8cm	0,30	130,06	2,23	61,15	130,06	0,74	61,15	0,16	156,20	4.557,08	12.643,40	12.643,40	1.129,54	11,19
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,49	145,56	2,04	61,15	145,56	0,68	61,15	0,16	156,20	4.947,21	3.678,08	3.678,08	739,41	4,97
6cm	0,39	142,39	2,09	61,15	142,39	0,70	61,15	0,16	156,20	4.867,52	3.907,96	3.907,96	819,10	4,77
8cm	0,32	140,17	2,12	61,15	140,17	0,71	61,15	0,16	156,20	4.811,66	4.137,84	4.137,84	874,96	4,73
Teto falso com XPS	1,97													
4cm	0,50	127,25	1,88	61,15	127,25	0,63	61,15	0,16	156,20	4.483,11	1.806,00	1.806,00	1.203,51	1,50
6cm	0,39	124,89	1,88	61,15	124,89	0,63	61,15	0,16	156,20	4.423,47	1.978,00	1.978,00	1.263,15	1,57
8cm	0,32	123,39	1,88	61,15	123,39	0,63	61,15	0,16	156,20	4.385,56	2.150,00	2.150,00	1.301,06	1,65
Gesso cartonado + XPS na separação do edifício vizinho	1,90													
4cm	0,44	158,92	1,84	61,15	158,92	0,61	61,15	0,16	156,20	5.283,17	2.016,00	2.016,00	403,44	5,00
6cm	0,35	157,97	1,84	61,15	157,97	0,61	61,15	0,16	156,20	5.259,17	2.142,00	2.142,00	427,45	5,01
8cm	0,30	157,47	1,84	61,15	157,47	0,61	61,15	0,16	156,20	5.246,53	2.268,00	2.268,00	440,09	5,15
Gesso + XPS no pavimento	1,56													
4cm	0,45	153,37	1,96	61,15	153,37	0,65	61,15	0,16	156,20	5.143,92	1.596,60	1.596,60	542,70	2,94
6cm	0,35	151,78	1,97	61,15	151,78	0,66	61,15	0,16	156,20	5.103,82	1.756,26	1.756,26	582,80	3,01
8cm	0,30	150,99	1,97	61,15	150,99	0,66	61,15	0,16	156,20	5.083,85	1.915,92	1.915,92	602,76	3,18
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	172,30	2,20	61,15	172,30	0,73	61,15	0,16	156,20	5.624,36	416,00	416,00	62,26	6,68

Tabela 66 - Valores para os cálculos do edifício unifamiliar localizado em Nogueira

Morada em Nogueira	U	Nic (kWh/m ² . ano)	Nvc (kWh/m ² . ano)	Nac (kWh/m ² . ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	1,1/1,23	193,85	3,07	28,13	193,85	1,02	28,13	0,16	155,24	5.601,36				PRS
Etics 4	0,53/0,56	155,01	3,61	28,13	155,01	1,20	28,13	0,16	155,24	4.630,30	3.580,50	3.580,50	971,06	3,69
Etics 6	0,42/0,44	150,41	3,74	28,13	150,41	1,25	28,13	0,16	155,24	4.515,85	3.938,55	3.938,55	1.085,51	3,63
Etics 8	0,35/0,37	147,42	3,86	28,13	147,42	1,29	28,13	0,16	155,24	4.441,75	4.296,60	4.296,60	1.159,61	3,71
Etics 4 parcial	0,53	166,01	3,39	28,13	166,01	1,13	28,13	0,16	155,24	4.904,76	1.600,80	1.600,80	696,60	2,30
Etics 6	0,42	163,33	3,47	28,13	163,33	1,16	28,13	0,16	155,24	4.838,11	1.760,88	1.760,88	763,25	2,31
Etics 8	0,35	161,99	3,54	28,13	161,99	1,18	28,13	0,16	155,24	4.805,04	1.920,96	1.920,96	796,32	2,41
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,46	152,60	3,69	28,13	152,60	1,23	28,13	0,16	155,24	4.570,44	9.548,00	9.548,00	1.030,92	9,26
XPS 6cm	0,37	148,59	3,82	28,13	148,59	1,27	28,13	0,16	155,24	4.470,81	11.935,00	11.935,00	1.130,55	10,56
XPS 8cm	0,31	145,87	3,91	28,13	145,87	1,30	28,13	0,16	155,24	4.403,24	13.128,50	13.128,50	1.198,12	10,96
XPS 4cm parcial	0,46/0,53	164,13	3,45	28,13	164,13	1,15	28,13	0,16	155,24	4.858,04	4.292,80	4.292,80	743,32	5,78
XPS 6cm	0,37/0,41	161,72	3,52	28,13	161,72	1,17	28,13	0,16	155,24	4.798,09	5.366,00	5.366,00	803,27	6,68
XPS 8cm	0,31/0,34	160,12	3,57	28,13	160,12	1,19	28,13	0,16	155,24	4.758,32	5.902,60	5.902,60	843,04	7,00
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,48/0,51	164,06	3,28	28,13	164,06	1,09	28,13	0,16	155,24	4.854,86	3.819,20	3.819,20	746,50	5,12
6cm	0,38/0,40	159,62	3,39	28,13	159,62	1,13	28,13	0,16	155,24	4.744,26	4.057,90	4.057,90	857,10	4,73
8cm	0,32/0,33	156,89	3,47	28,13	156,89	1,16	28,13	0,16	155,24	4.676,35	4.296,60	4.296,60	925,01	4,64
Teto falso com XPS	2,17													
4cm	0,50	154,27	2,79	28,13	154,27	0,93	28,13	0,16	155,24	4.604,85	1.643,04	1.643,04	996,51	1,65
6cm	0,39	152,12	2,79	28,13	152,12	0,93	28,13	0,16	155,24	4.550,85	1.799,52	1.799,52	1.050,51	1,71
8cm	0,32	150,76	2,79	28,13	150,76	0,93	28,13	0,16	155,24	4.516,69	1.956,00	1.956,00	1.084,67	1,80
Gesso cartonado + XPS separação da garagem	1,79													
4cm	0,46	181,55	2,72	28,13	181,55	0,91	28,13	0,16	155,24	5.289,48	1.519,68	1.519,68	311,88	4,87
6cm	0,37	180,60	2,72	28,13	180,60	0,91	28,13	0,16	155,24	5.265,62	1.614,66	1.614,66	335,74	4,81
8cm	0,31	179,97	2,72	28,13	179,97	0,91	28,13	0,16	155,24	5.249,79	1.709,64	1.709,64	351,57	4,86
Gesso cartonado + XPS na cobertura Terraço	2,16													
4cm	0,49	189,04	2,95	28,13	189,04	0,98	28,13	0,16	155,24	5.479,54	816,69	816,69	121,82	6,70
6cm	0,38	188,74	2,94	28,13	188,74	0,98	28,13	0,16	155,24	5.471,92	894,47	894,47	129,44	6,91
8cm	0,32	188,58	2,94	28,13	188,58	0,98	28,13	0,16	155,24	5.467,90	972,25	972,25	133,46	7,28
Caixa de estores 2cm de isolamento	3,39 1,19	192,60	3,10	28,13	192,60	1,03	28,13	0,16	155,24	5.570,21	207,00	207,00	31,15	6,65

II.2 Edifícios multifamiliares

Tabela 67 - Valores para os cálculos da Fração 1 do edifício multifamiliar localizado em S. Victor

Fração 1	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	147,37	1,77	99,37	147,37	0,59	99,37	0,16	76,90	3.077,38				
Etics 4	0,50	108,10	2,21	99,37	108,10	0,74	99,37	0,16	76,90	2.590,59	1.503,90	1.503,90	486,79	3,09
Etics 6	0,40	105,30	2,26	99,37	105,30	0,75	99,37	0,16	76,90	2.555,96	1.654,29	1.654,29	521,42	3,17
Etics 8	0,32	103,06	2,30	99,37	103,06	0,77	99,37	0,16	76,90	2.528,26	1.804,68	1.804,68	549,13	3,29
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	106,14	2,24	99,37	106,14	0,75	99,37	0,16	76,90	2.566,33	4.010,40	4.010,40	511,05	7,85
XPS 6cm	0,35	103,90	2,28	99,37	103,90	0,76	99,37	0,16	76,90	2.538,63	5.013,00	5.013,00	538,76	9,30
XPS 8cm	0,30	102,05	2,31	99,37	102,05	0,77	99,37	0,16	76,90	2.515,73	5.514,30	5.514,30	561,65	9,82
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	119,51	2,15	99,37	119,51	0,72	99,37	0,16	76,90	2.732,31	1.604,16	1.604,16	345,07	4,65
6cm	0,36	117,19	2,18	99,37	117,19	0,73	99,37	0,16	76,90	2.703,57	1.704,42	1.704,42	373,81	4,56
8cm	0,30	115,38	2,21	99,37	115,38	0,74	99,37	0,16	76,90	2.681,18	1.804,68	1.804,68	396,21	4,55
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63													
6cm	0,47													
8cm	0,38													
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56	137,10	2,00	99,37	137,10	0,67	99,37	0,16	76,90	2.950,55	915,84	915,84	126,83	7,22
6cm	0,43	136,47	2,00	99,37	136,47	0,67	99,37	0,16	76,90	2.942,72	973,08	973,08	134,67	7,23
8cm	0,35	136,09	2,00	99,37	136,09	0,67	99,37	0,16	76,90	2.937,99	1.030,32	1.030,32	139,40	7,39
Gesso cartonado + XPS no pavimento														
4cm	0,54	116,09	2,00	99,37	116,09	0,67	99,37	0,16	76,90	2.689,14	1.614,90	1.614,90	388,24	4,16
6cm	0,42	112,48	2,00	99,37	112,48	0,67	99,37	0,16	76,90	2.644,22	1.768,70	1.768,70	433,16	4,08
8cm	0,34	110,08	2,00	99,37	110,08	0,67	99,37	0,16	76,90	2.614,36	1.922,50	1.922,50	463,02	4,15
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	137,50	1,97	99,37	137,50	0,66	99,37	0,16	76,90	2.955,41	273,60	273,60	121,98	2,24

Tabela 68 - Valores para os cálculos da Fração 2 do edifício multifamiliar localizado em S. Victor

Fração 2	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	108,24	1,34	95,25	108,24	0,45	95,25	0,16	80,22	2.411,67				
Etics 4	0,50	63,01	1,69	95,25	63,01	0,56	95,25	0,16	80,22	1.826,12	1.748,10	1.748,10	585,55	2,99
Etics 6	0,40	59,95	1,73	95,25	59,95	0,58	95,25	0,16	80,22	1.786,58	1.922,91	1.922,91	625,10	3,08
Etics 8	0,34	57,51	1,76	95,25	57,51	0,59	95,25	0,16	80,22	1.755,04	2.097,72	2.097,72	656,64	3,19
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,41	60,87	1,72	95,25	60,87	0,57	95,25	0,16	80,22	1.798,47	4.661,60	4.661,60	613,20	7,60
XPS 6cm	0,34	56,90	1,75	95,25	56,90	0,58	95,25	0,16	80,22	1.747,08	5.827,00	5.827,00	664,60	8,77
XPS 8cm	0,29	49,88	1,76	95,25	49,88	0,59	95,25	0,16	80,22	1.656,00	6.409,70	6.409,70	755,67	8,48
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	74,01	1,66	95,25	74,01	0,55	95,25	0,16	80,22	1.968,77	1.864,64	1.864,64	442,91	4,21
6cm	0,36	71,12	1,69	95,25	71,12	0,56	95,25	0,16	80,22	1.931,39	1.981,18	1.981,18	480,29	4,12
8cm	0,30	69,39	1,71	95,25	69,39	0,57	95,25	0,16	80,22	1.909,02	2.097,72	2.097,72	502,66	4,17
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63													
6cm	0,47													
8cm	0,38													
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56	90,32	1,55	95,25	90,32	0,52	95,25	0,16	80,22	2.179,99	537,28	537,28	231,69	2,32
6cm	0,43	89,39	1,55	95,25	89,39	0,52	95,25	0,16	80,22	2.167,92	570,86	570,86	243,76	2,34
8cm	0,35	88,81	1,55	95,25	88,81	0,52	95,25	0,16	80,22	2.160,39	604,44	604,44	251,28	2,41
Gesso cartonado + XPS no pavimento														
4cm	0,54													
6cm	0,42													
8cm	0,34													
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	98,96	1,59	95,25	98,96	0,53	95,25	0,16	80,22	2.292,31	273,60	273,60	119,37	2,29

Tabela 69 - Valores para os cálculos da Fração 3 do edifício multifamiliar localizado em S. Victor

Fração 3	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	105,95	1,52	95,25	105,95	0,51	95,25	0,16	80,22	2.382,73				
Etics 4	0,50	63,15	1,92	95,25	63,15	0,64	95,25	0,16	80,22	1.828,93	1.748,10	1.748,10	553,80	3,16
Etics 6	0,40	60,09	1,96	95,25	60,09	0,65	95,25	0,16	80,22	1.789,39	1.922,91	1.922,91	593,34	3,24
Etics 8	0,34	57,65	2,00	95,25	57,65	0,67	95,25	0,16	80,22	1.757,89	2.097,72	2.097,72	624,84	3,36
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,41	61,00	1,96	95,25	61,00	0,65	95,25	0,16	80,22	1.801,20	4.661,60	4.661,60	581,53	8,02
XPS 6cm	0,34	58,56	1,99	95,25	58,56	0,66	95,25	0,16	80,22	1.769,66	5.827,00	5.827,00	613,07	9,50
XPS 8cm	0,29	57,04	2,01	95,25	57,04	0,67	95,25	0,16	80,22	1.750,02	6.409,70	6.409,70	632,71	10,13
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	71,17	1,91	95,25	71,17	0,64	95,25	0,16	80,22	1.932,99	1.864,64	1.864,64	449,74	4,15
6cm	0,36	68,48	1,94	95,25	68,48	0,65	95,25	0,16	80,22	1.898,20	1.981,18	1.981,18	484,53	4,09
8cm	0,30	66,36	1,97	95,25	66,36	0,66	95,25	0,16	80,22	1.870,81	2.097,72	2.097,72	511,92	4,10
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63													
6cm	0,47													
8cm	0,38													
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56	88,04	1,75	95,25	88,04	0,58	95,25	0,16	80,22	2.151,26	537,28	537,28	231,47	2,32
6cm	0,43	87,11	1,75	95,25	87,11	0,58	95,25	0,16	80,22	2.139,19	570,86	570,86	243,54	2,34
8cm	0,35	86,54	1,75	95,25	86,54	0,58	95,25	0,16	80,22	2.131,79	604,44	604,44	250,94	2,41
Gesso cartonado + XPS no pavimento														
4cm	0,54													
6cm	0,42													
8cm	0,34													
Caixa de estores	3,39	105,95	1,52	95,25	105,95	0,51	95,25	0,16	80,22	2.382,73				
2cm de isolamento	1,19	96,68	1,80	95,25	96,68	0,60	95,25	0,16	80,22	2.263,62	273,60	273,60	119,11	2,30

Tabela 70 - Valores para os cálculos da Fração 4 do edifício multifamiliar localizado em S. Victor

Fração 4	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	194,34	1,50	95,25	194,34	0,50	95,25	0,16	80,22	3.529,91				
Etics 4	0,50	156,64	1,89	95,25	156,64	0,63	95,25	0,16	80,22	3.042,27	1.748,10	1.748,10	487,64	3,58
Etics 6	0,40	153,51	1,94	95,25	153,51	0,65	95,25	0,16	80,22	3.001,86	1.922,91	1.922,91	528,05	3,64
Etics 8	0,34	151,00	1,97	95,25	151,00	0,66	95,25	0,16	80,22	2.969,41	2.097,72	2.097,72	560,50	3,74
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,41	154,76	1,66	95,25	154,76	0,55	95,25	0,16	80,22	3.016,87	4.661,60	4.661,60	513,04	9,09
XPS 6cm	0,34	151,94	1,69	95,25	151,94	0,56	95,25	0,16	80,22	2.980,40	5.827,00	5.827,00	549,51	10,60
XPS 8cm	0,29	150,06	1,72	95,25	150,06	0,57	95,25	0,16	80,22	2.956,12	6.409,70	6.409,70	573,78	11,17
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	158,97	1,91	95,25	158,97	0,64	95,25	0,16	80,22	3.072,60	1.864,64	1.864,64	457,31	4,08
6cm	0,36	156,15	1,95	95,25	156,15	0,65	95,25	0,16	80,22	3.036,17	1.981,18	1.981,18	493,74	4,01
8cm	0,30	153,96	1,98	95,25	153,96	0,66	95,25	0,16	80,22	3.007,87	2.097,72	2.097,72	522,04	4,02
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63	126,55	1,73	95,25	126,55	0,58	95,25	0,16	80,22	2.651,02	1.604,40	1.604,40	878,89	1,83
6cm	0,47	120,35	1,73	95,25	120,35	0,58	95,25	0,16	80,22	2.570,54	1.764,84	1.764,84	959,37	1,84
8cm	0,38	116,86	1,73	95,25	116,86	0,58	95,25	0,16	80,22	2.525,25	1.925,28	1.925,28	1.004,66	1,92
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56	182,13	1,73	95,25	182,13	0,58	95,25	0,16	80,22	3.372,42	537,28	537,28	157,49	3,41
6cm	0,43	181,19	1,73	95,25	181,19	0,58	95,25	0,16	80,22	3.360,22	570,86	570,86	169,69	3,36
8cm	0,35	180,61	1,73	95,25	180,61	0,58	95,25	0,16	80,22	3.352,69	604,44	604,44	177,21	3,41
Gesso cartonado + XPS no pavimento														
4cm	0,54													
6cm	0,42													
8cm	0,34													
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	185,02	1,77	95,25	185,02	0,59	95,25	0,16	80,22	3.410,11	205,20	205,20	119,80	1,71

Tabela 71 – Valores para os cálculos da Fração 5 do edifício multifamiliar localizado em S. Victor

Fração 5	U	Nic (kWh/m ² . ano)	Nvc (kWh/m ² . ano)	Nac (kWh/m ² . ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	142,50	1,20	99,10	142,50	0,40	99,10	0,16	77,11	2.783,93				
Etics 4	0,50	112,14	1,43	99,10	112,14	0,48	99,10	0,16	77,11	2.406,10	1.294,80	1.294,80	377,83	3,43
Etics 6	0,40	109,73	1,46	99,10	109,73	0,49	99,10	0,16	77,11	2.376,16	1.424,28	1.424,28	407,77	3,49
Etics 8	0,34	107,80	1,48	99,10	107,80	0,49	99,10	0,16	77,11	2.352,16	1.553,76	1.553,76	431,77	3,60
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,41	110,45	1,45	99,10	110,45	0,48	99,10	0,16	77,11	2.385,10	3.452,80	3.452,80	398,83	8,66
XPS 6cm	0,34	108,53	1,47	99,10	108,53	0,49	99,10	0,16	77,11	2.361,23	4.316,00	4.316,00	422,70	10,21
XPS 8cm	0,29	107,32	1,49	99,10	107,32	0,50	99,10	0,16	77,11	2.346,21	4.747,60	4.747,60	437,71	10,85
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	118,14	1,50	99,10	118,14	0,50	99,10	0,16	77,11	2.481,25	1.381,12	1.381,12	302,68	4,56
6cm	0,36	116,02	1,52	99,10	116,02	0,51	99,10	0,16	77,11	2.454,88	1.467,44	1.467,44	329,04	4,46
8cm	0,30	114,37	1,55	99,10	114,37	0,52	99,10	0,16	77,11	2.434,42	1.553,76	1.553,76	349,51	4,45
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63													
6cm	0,47													
8cm	0,38													
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56	124,93	1,37	99,10	124,93	0,46	99,10	0,16	77,11	2.565,42	1.139,52	1.139,52	218,50	5,22
6cm	0,43	123,11	1,37	99,10	123,11	0,46	99,10	0,16	77,11	2.542,72	1.210,74	1.210,74	241,21	5,02
8cm	0,35	121,99	1,37	99,10	121,99	0,46	99,10	0,16	77,11	2.528,74	1.281,96	1.281,96	255,18	5,02
Gesso cartonado + XPS no pavimento														
4cm	0,54	112,70	1,37	99,10	112,70	0,46	99,10	0,16	77,11	2.412,84	1.619,31	1.619,31	371,09	4,36
6cm	0,42	109,09	1,37	99,10	109,09	0,46	99,10	0,16	77,11	2.367,80	1.773,53	1.773,53	416,13	4,26
8cm	0,34	106,68	1,37	99,10	106,68	0,46	99,10	0,16	77,11	2.337,73	1.927,75	1.927,75	446,20	4,32
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	133,44	1,42	99,10	133,44	0,47	99,10	0,16	77,11	2.671,81	319,20	319,20	112,12	2,85

Tabela 72 - Valores para os cálculos da Fração 6 do edifício multifamiliar localizado em S. Victor

Fração 6	U	Nic (kWh/m ² . ano)	Nvc (kWh/m ² . ano)	Nac (kWh/m ² . ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	104,43	1,16	84,03	104,43	0,39	84,03	0,16	90,94	2.543,34				
Etics 4	0,50	65,73	1,41	84,03	65,73	0,47	84,03	0,16	90,94	1.975,13	852,00	852,00	568,21	1,50
Etics 6	0,40	64,40	1,43	84,03	64,40	0,48	84,03	0,16	90,94	1.955,66	937,20	937,20	587,68	1,59
Etics 8	0,34	63,33	1,45	84,03	63,33	0,48	84,03	0,16	90,94	1.940,02	1.022,40	1.022,40	603,33	1,69
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,41	64,80	1,43	84,03	64,80	0,48	84,03	0,16	90,94	1.961,55	2.272,00	2.272,00	581,80	3,91
XPS 6cm	0,34	63,73	1,45	84,03	63,73	0,48	84,03	0,16	90,94	1.945,90	2.840,00	2.840,00	597,44	4,75
XPS 8cm	0,29	63,07	1,46	84,03	63,07	0,49	84,03	0,16	90,94	1.936,24	3.124,00	3.124,00	607,10	5,15
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	82,45	1,50	84,03	82,45	0,50	84,03	0,16	90,94	2.221,60	908,80	908,80	321,75	2,82
6cm	0,36	81,34	1,52	84,03	81,34	0,51	84,03	0,16	90,94	2.205,36	965,60	965,60	337,98	2,86
8cm	0,30	80,49	1,53	84,03	80,49	0,51	84,03	0,16	90,94	2.192,90	1.022,40	1.022,40	350,44	2,92
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63													
6cm	0,47													
8cm	0,38													
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56	89,65	1,18	84,03	89,65	0,39	84,03	0,16	90,94	2.325,97	2.186,56	2.186,56	217,38	10,06
6cm	0,43	87,79	1,18	84,03	87,79	0,39	84,03	0,16	90,94	2.298,60	2.323,22	2.323,22	244,74	9,49
8cm	0,35	86,64	1,18	84,03	86,64	0,39	84,03	0,16	90,94	2.281,68	2.459,88	2.459,88	261,67	9,40
Gesso cartonado + XPS no pavimento														
4cm	0,58	97,35	1,50	84,03	97,35	0,50	84,03	0,16	90,94	2.440,84	207,48	207,48	102,51	2,02
6cm	0,44	96,70	1,54	84,03	96,70	0,51	84,03	0,16	90,94	2.431,47	227,24	227,24	111,88	2,03
8cm	0,36	96,32	1,56	84,03	96,32	0,52	84,03	0,16	90,94	2.425,97	247,00	247,00	117,37	2,10
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	98,43	1,29	84,03	98,43	0,43	84,03	0,16	90,94	2.455,70	319,20	319,20	87,65	3,64

Tabela 73 - Valores para os cálculos da Fração 7 do edifício multifamiliar localizado em S. Victor

Fração 7	U	Nic (kWh/m².ano)	Nvc (kWh/m².ano)	Nac (kWh/m².ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	106,10	1,08	84,03	106,10	0,36	84,03	0,16	90,94	2.567,52				
Etics 4	0,50	64,42	1,45	84,03	64,42	0,48	84,03	0,16	90,94	1.956,05	852,00	852,00	611,47	1,39
Etics 6	0,40	63,09	1,47	84,03	63,09	0,49	84,03	0,16	90,94	1.936,58	937,20	937,20	630,94	1,49
Etics 8	0,34	62,30	1,49	84,03	62,30	0,50	84,03	0,16	90,94	1.925,06	1.022,40	1.022,40	642,47	1,59
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,41	59,17	1,74	84,03	59,17	0,58	84,03	0,16	90,94	1.880,23	2.272,00	2.272,00	687,30	3,31
XPS 6cm	0,34	55,02	2,11	84,03	55,02	0,70	84,03	0,16	90,94	1.820,98	2.840,00	2.840,00	746,54	3,80
XPS 8cm	0,29	54,29	2,13	84,03	54,29	0,71	84,03	0,16	90,94	1.810,34	3.124,00	3.124,00	757,19	4,13
Gesso cartonado + XPS				84,03										
4cm	0,46	79,99	1,57	84,03	79,99	0,52	84,03	0,16	90,94	2.185,74	908,80	908,80	381,78	2,38
6cm	0,36	78,89	1,58	84,03	78,89	0,53	84,03	0,16	90,94	2.169,61	965,60	965,60	397,92	2,43
8cm	0,30	78,04	1,60	84,03	78,04	0,53	84,03	0,16	90,94	2.157,20	1.022,40	1.022,40	410,33	2,49
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63													
6cm	0,47													
8cm	0,38													
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56	88,30	1,25	84,03	88,30	0,42	84,03	0,16	90,94	2.306,45	2.186,56	2.186,56	261,08	8,38
6cm	0,43	86,44	1,25	84,03	86,44	0,42	84,03	0,16	90,94	2.279,08	2.323,22	2.323,22	288,45	8,05
8cm	0,35	85,30	1,25	84,03	85,30	0,42	84,03	0,16	90,94	2.262,30	2.459,88	2.459,88	305,22	8,06
Gesso cartonado + XPS no pavimento														
4cm	0,54													
6cm	0,42													
8cm	0,34													
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	97,91	1,44	84,03	97,91	0,48	84,03	0,16	90,94	2.448,78	273,60	273,60	118,74	2,30

Tabela 74 - Valores para os cálculos da Fração 8 do edifício multifamiliar localizado em S. Victor

Fração 8	U	Nic (kWh/m².ano)	Nvc (kWh/m².ano)	Nac (kWh/m².ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	157,91	1,39	84,03	157,91	0,46	84,03	0,16	90,94	3.331,38				
Etics 4	0,50	132,19	1,96	84,03	132,19	0,65	84,03	0,16	90,94	2.955,73	852,00	852,00	375,65	2,27
Etics 6	0,40	130,60	2,01	84,03	130,60	0,67	84,03	0,16	90,94	2.932,58	937,20	937,20	398,80	2,35
Etics 8	0,34	129,33	2,04	84,03	129,33	0,68	84,03	0,16	90,94	2.914,04	1.022,40	1.022,40	417,34	2,45
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,41	131,08	1,99	84,03	131,08	0,66	84,03	0,16	90,94	2.939,54	2.272,00	2.272,00	391,84	5,80
XPS 6cm	0,34	129,81	2,03	84,03	129,81	0,68	84,03	0,16	90,94	2.921,05	2.840,00	2.840,00	410,33	6,92
XPS 8cm	0,29	129,02	2,05	84,03	129,02	0,68	84,03	0,16	90,94	2.909,53	3.124,00	3.124,00	421,85	7,41
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	135,22	1,75	84,03	135,22	0,58	84,03	0,16	90,94	2.999,28	908,80	908,80	332,10	2,74
6cm	0,36	133,73	1,79	84,03	133,73	0,60	84,03	0,16	90,94	2.977,56	965,60	965,60	353,82	2,73
8cm	0,30	132,83	1,81	84,03	132,83	0,60	84,03	0,16	90,94	2.964,41	1.022,40	1.022,40	366,97	2,79
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63	98,28	1,82	84,03	98,28	0,61	84,03	0,16	90,94	2.456,09	1.818,80	1.818,80	875,29	2,08
6cm	0,47	92,77	1,82	85,03	92,77	0,61	85,03	0,16	90,94	2.386,93	2.000,68	2.000,68	944,45	2,12
8cm	0,38	89,68	1,82	86,03	89,68	0,61	86,03	0,16	90,94	2.353,37	2.182,56	2.182,56	978,01	2,23
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56	143,29	1,60	84,03	143,29	0,53	84,03	0,16	90,94	3.117,29	2.186,56	2.186,56	214,09	10,21
6cm	0,43	141,42	1,60	84,03	141,42	0,53	84,03	0,16	90,94	3.089,78	2.323,22	2.323,22	241,61	9,62
8cm	0,35	140,27	1,60	84,03	140,27	0,53	84,03	0,16	90,94	3.072,85	2.459,88	2.459,88	258,53	9,51
Gesso cartonado + XPS no pavimento														
4cm	0,54													
6cm	0,42													
8cm	0,34													
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	152,00	1,55	84,03	152,00	0,52	84,03	0,16	90,94	3.245,21	239,40	239,40	86,18	2,78

Tabela 75 - Valores para os cálculos da Fração 1 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Fração 1	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	134,97	1,14	77,06	134,97	0,38	77,06	0,16	74,37	2.379,43				
Etics 4	0,50	118,26	1,23	77,06	118,26	0,41	77,06	0,16	74,37	2.178,72	340,20	340,20	200,71	1,69
Etics 6	0,40	117,60	1,24	77,06	117,60	0,41	77,06	0,16	74,37	2.170,82	374,22	374,22	208,61	1,79
Etics 8	0,32	117,07	1,24	77,06	117,07	0,41	77,06	0,16	74,37	2.164,44	408,24	408,24	214,99	1,90
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	117,80	1,24	77,06	117,80	0,41	77,06	0,16	74,37	2.173,22	907,20	907,20	206,21	4,40
XPS 6cm	0,35	117,27	1,24	77,06	117,27	0,41	77,06	0,16	74,37	2.166,85	1.134,00	1.134,00	212,58	5,33
XPS 8cm	0,30	116,94	1,24	77,06	116,94	0,41	77,06	0,16	74,37	2.162,88	1.247,40	1.247,40	216,56	5,76
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	123,14	1,22	77,06	123,14	0,41	77,06	0,16	74,37	2.237,40	362,88	362,88	142,03	2,55
6cm	0,37	122,60	1,23	77,06	122,60	0,41	77,06	0,16	74,37	2.230,94	385,56	385,56	148,49	2,60
8cm	0,30	122,18	1,23	77,06	122,18	0,41	77,06	0,16	74,37	2.225,89	408,24	408,24	153,54	2,66
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	111,34	1,36	77,06	111,34	0,45	77,06	0,16	74,37	2.095,97	2.120,96	2.120,96	283,46	7,48
6cm	0,43/0,49	108,83	1,36	77,06	108,83	0,45	77,06	0,16	74,37	2.065,77	2.253,52	2.253,52	313,66	7,18
8cm	0,35/0,39	107,28	1,36	77,06	107,28	0,45	77,06	0,16	74,37	2.047,12	2.386,08	2.386,08	332,31	7,18
Gesso + XPS no pavimento														
4cm	0,54	107,92	1,19	77,06	107,92	0,40	77,06	0,16	74,37	2.054,14	1.561,77	1.561,77	325,29	4,80
6cm	0,42	104,82	1,19	77,06	104,82	0,40	77,06	0,16	74,37	2.016,83	1.710,51	1.710,51	362,60	4,72
8cm	0,34	102,75	1,19	77,06	102,75	0,40	77,06	0,16	74,37	1.991,93	1.859,25	1.859,25	387,50	4,80
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	127,25	1,32	77,06	127,25	0,44	77,06	0,16	74,37	2.287,26	168,00	168,00	92,17	1,82

Tabela 76 - Valores para os cálculos da Fração 2 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Fração 2	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	112,70	1,14	78,20	112,70	0,38	78,20	0,16	48,86	1.394,49				
Etics 4	0,50	90,50	1,45	78,20	90,50	0,48	78,20	0,16	48,86	1.219,80	293,70	293,70	174,69	1,68
Etics 6	0,40	89,49	1,47	78,20	89,49	0,49	78,20	0,16	48,86	1.211,87	323,07	323,07	182,62	1,77
Etics 8	0,32	88,68	1,49	78,20	88,68	0,50	78,20	0,16	48,86	1.205,52	352,44	352,44	188,97	1,87
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	89,79	1,47	78,20	89,79	0,49	78,20	0,16	48,86	1.214,24	783,20	783,20	180,25	4,35
XPS 6cm	0,35	88,98	1,48	78,20	88,98	0,49	78,20	0,16	48,86	1.207,87	979,00	979,00	186,62	5,25
XPS 8cm	0,30	88,48	1,49	78,20	88,48	0,50	78,20	0,16	48,86	1.203,94	1.076,90	1.076,90	190,55	5,65
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	96,59	1,54	78,20	96,59	0,51	78,20	0,16	48,86	1.268,19	313,28	313,28	126,30	2,48
6cm	0,37	95,82	1,55	78,20	95,82	0,52	78,20	0,16	48,86	1.262,13	332,86	332,86	132,37	2,51
8cm	0,30	95,21	1,57	78,20	95,21	0,52	78,20	0,16	48,86	1.257,36	352,44	352,44	137,13	2,57
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	107,64	1,31	78,20	107,64	0,44	78,20	0,16	48,86	1.354,94	126,40	126,40	39,55	3,20
6cm	0,43/0,49	107,53	1,31	78,20	107,53	0,44	78,20	0,16	48,86	1.354,07	134,30	134,30	40,42	3,32
8cm	0,35/0,39	107,45	1,31	78,20	107,45	0,44	78,20	0,16	48,86	1.353,43	142,20	142,20	41,06	3,46
Gesso + XPS no pavimento														
4cm	0,54	86,17	1,35	78,20	86,17	0,45	78,20	0,16	48,86	1.185,31	1.026,06	1.026,06	209,18	4,91
6cm	0,42	82,90	1,36	78,20	82,90	0,45	78,20	0,16	48,86	1.159,49	1.123,78	1.123,78	235,01	4,78
8cm	0,34	80,73	1,36	78,20	80,73	0,45	78,20	0,16	48,86	1.142,33	1.221,50	1.221,50	252,16	4,84
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	105,76	1,23	78,20	105,76	0,41	78,20	0,16	48,86	1.339,86	112,80	112,80	54,63	2,06

Tabela 77 - Valores para os cálculos da Fração 3 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Fração 3	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	107,50	1,43	78,13	107,50	0,48	78,13	0,16	122,25	3.387,02				
Etics 4	0,50	80,91	1,92	78,13	80,91	0,64	78,13	0,16	122,25	2.864,30	1.250,10	1.250,10	522,72	2,39
Etics 6	0,40	79,27	1,98	78,13	79,27	0,66	78,13	0,16	122,25	2.832,25	1.375,11	1.375,11	554,76	2,48
Etics 8	0,32	77,95	2,03	78,13	77,95	0,68	78,13	0,16	122,25	2.806,47	1.500,12	1.500,12	580,54	2,58
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	79,76	1,96	78,13	79,76	0,65	78,13	0,16	122,25	2.841,81	3.333,60	3.333,60	545,20	6,11
XPS 6cm	0,35	78,44	1,66	78,13	78,44	0,55	78,13	0,16	122,25	2.813,72	4.167,00	4.167,00	573,29	7,27
XPS 8cm	0,30	77,62	2,05	78,13	77,62	0,68	78,13	0,16	122,25	2.800,08	4.583,70	4.583,70	586,94	7,81
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	90,31	1,63	78,13	90,31	0,54	78,13	0,16	122,25	3.048,32	1.333,44	1.333,44	338,70	3,94
6cm	0,37	89,00	1,66	78,13	89,00	0,55	78,13	0,16	122,25	3.022,60	1.416,78	1.416,78	364,41	3,89
8cm	0,30	87,98	1,69	78,13	87,98	0,56	78,13	0,16	122,25	3.002,62	1.500,12	1.500,12	384,39	3,90
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	98,05	1,53	78,13	98,05	0,51	78,13	0,16	122,25	3.200,75	1.365,44	1.365,44	186,26	7,33
6cm	0,43/0,49	97,09	1,53	78,13	97,09	0,51	78,13	0,16	122,25	3.181,77	1.450,78	1.450,78	205,25	7,07
8cm	0,35/0,39	96,52	1,53	78,13	96,52	0,51	78,13	0,16	122,25	3.170,49	1.536,12	1.536,12	216,53	7,09
Gesso + XPS no pavimento														
4cm	0,54	83,19	1,55	78,13	83,19	0,52	78,13	0,16	122,25	2.906,95	2.567,25	2.567,25	480,06	5,35
6cm	0,42	80,05	1,55	78,13	80,05	0,52	78,13	0,16	122,25	2.844,85	2.811,75	2.811,75	542,17	5,19
8cm	0,34	77,96	1,56	78,13	77,96	0,52	78,13	0,16	122,25	2.803,57	3.056,25	3.056,25	583,45	5,24
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	102,76	1,55	78,13	102,76	0,52	78,13	0,16	122,25	3.294,05	282,40	282,40	92,97	3,04

Tabela 78 - Valores para os cálculos da Frações 4 e 7 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Frações 4 e 7	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	98,79	1,22	77,06	98,79	0,41	77,06	0,16	74,37	1.944,39				
Etics 4	0,50	76,63	1,31	77,06	76,63	0,44	77,06	0,16	74,37	1.678,10	340,20	340,20	266,29	1,28
Etics 6	0,40	75,61	1,32	77,06	75,61	0,44	77,06	0,16	74,37	1.665,87	374,22	374,22	278,53	1,34
Etics 8	0,32	74,80	1,33	77,06	74,80	0,44	77,06	0,16	74,37	1.656,16	408,24	408,24	288,23	1,42
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	75,92	1,32	77,06	75,92	0,44	77,06	0,16	74,37	1.669,60	907,20	907,20	274,80	3,30
XPS 6cm	0,35	75,92	1,33	77,06	75,92	0,44	77,06	0,16	74,37	1.669,64	1.134,00	1.134,00	274,76	4,13
XPS 8cm	0,30	74,60	1,34	77,06	74,60	0,45	77,06	0,16	74,37	1.653,80	1.247,40	1.247,40	290,60	4,29
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	80,58	1,30	77,06	80,58	0,43	77,06	0,16	74,37	1.725,59	362,88	362,88	218,80	1,66
6cm	0,37	79,68	1,31	77,06	79,68	0,44	77,06	0,16	74,37	1.714,80	385,56	385,56	229,59	1,68
8cm	0,30	78,98	1,32	77,06	78,98	0,44	77,06	0,16	74,37	1.706,42	408,24	408,24	237,97	1,72
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	75,99	1,45	77,06	75,99	0,48	77,06	0,16	74,37	1.670,96	2.120,96	2.120,96	273,43	7,76
6cm	0,43/0,49	73,48	1,45	77,06	73,48	0,48	77,06	0,16	74,37	1.640,76	2.253,52	2.253,52	303,63	7,42
8cm	0,35/0,39	71,94	1,45	77,06	71,94	0,48	77,06	0,16	74,37	1.622,23	2.386,08	2.386,08	322,17	7,41
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	91,86	1,40	77,06	91,86	0,47	77,06	0,16	74,37	1.861,73	168,00	168,00	82,67	2,03

Tabela 79 - Valores para os cálculos da Frações 5 e 8 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Frações 5 e 8	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	66,10	1,55	78,20	66,10	0,52	78,20	0,16	48,86	1.027,17				
Etics 4	0,50	38,83	2,07	78,20	38,83	0,69	78,20	0,16	48,86	812,96	293,70	293,70	214,21	1,37
Etics 6	0,40	37,82	1,93	78,20	37,82	0,64	78,20	0,16	48,86	804,61	323,07	323,07	222,57	1,45
Etics 8	0,32	37,06	1,96	78,20	37,06	0,65	78,20	0,16	48,86	798,68	352,44	352,44	228,50	1,54
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	38,14	2,10	78,20	38,14	0,70	78,20	0,16	48,86	807,58	783,20	783,20	219,59	3,57
XPS 6cm	0,35	37,36	2,13	78,20	37,36	0,71	78,20	0,16	48,86	801,50	979,00	979,00	225,68	4,34
XPS 8cm	0,30	36,87	2,15	78,20	36,87	0,72	78,20	0,16	48,86	797,67	1.076,90	1.076,90	229,50	4,69
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	46,21	1,94	78,20	46,21	0,65	78,20	0,16	48,86	870,96	313,28	313,28	156,21	2,01
6cm	0,37	45,45	1,97	78,20	45,45	0,66	78,20	0,16	48,86	865,03	332,86	332,86	162,14	2,05
8cm	0,30	44,86	1,99	78,20	44,86	0,66	78,20	0,16	48,86	860,42	352,44	352,44	166,75	2,11
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	60,03	1,84	78,20	60,03	0,61	78,20	0,16	48,86	979,95	126,40	126,40	47,22	2,68
6cm	0,43/0,49	59,91	1,84	78,20	59,91	0,61	78,20	0,16	48,86	979,00	134,30	134,30	48,17	2,79
8cm	0,35/0,39	59,84	1,84	78,20	59,84	0,61	78,20	0,16	48,86	978,45	142,20	142,20	48,72	2,92
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	60,38	2,00	78,20	60,38	0,67	78,20	0,16	48,86	983,14	112,80	112,80	44,03	2,56

Tabela 80 - Valores para os cálculos da Frações 6 e 9 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Frações 6 e 9	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	69,67	1,43	78,13	69,67	0,48	78,13	0,16	122,25	2.638,74				
Etics 4	0,50	41,61	1,91	78,13	41,61	0,64	78,13	0,16	122,25	2.086,87	1.250,10	1.250,10	551,86	2,27
Etics 6	0,40	40,04	1,97	78,13	40,04	0,66	78,13	0,16	122,25	2.056,21	1.375,11	1.375,11	582,52	2,36
Etics 8	0,32	38,79	2,02	78,13	38,79	0,67	78,13	0,16	122,25	2.031,82	1.500,12	1.500,12	606,92	2,47
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	40,51	1,95	78,13	40,51	0,65	78,13	0,16	122,25	2.065,38	3.333,60	3.333,60	573,36	5,81
XPS 6cm	0,35	39,25	2,00	78,13	39,25	0,67	78,13	0,16	122,25	2.040,79	4.167,00	4.167,00	597,95	6,97
XPS 8cm	0,30	38,47	2,03	78,13	38,47	0,68	78,13	0,16	122,25	2.025,56	4.583,70	4.583,70	613,18	7,48
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	51,94	1,67	78,13	51,94	0,56	78,13	0,16	122,25	2.289,62	1.333,44	1.333,44	349,12	3,82
6cm	0,37	50,66	1,71	78,13	50,66	0,57	78,13	0,16	122,25	2.264,56	1.416,78	1.416,78	374,17	3,79
8cm	0,30	49,66	1,74	78,13	49,66	0,58	78,13	0,16	122,25	2.244,98	1.500,12	1.500,12	393,75	3,81
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	61,35	1,49	78,13	61,35	0,50	78,13	0,16	122,25	2.474,56	1.365,44	1.365,44	164,17	8,32
6cm	0,43/0,49	60,42	1,49	78,13	60,42	0,50	78,13	0,16	122,25	2.456,17	1.450,78	1.450,78	182,57	7,95
8cm	0,35/0,39	59,82	1,49	78,13	59,82	0,50	78,13	0,16	122,25	2.444,30	1.536,12	1.536,12	194,44	7,90
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	65,14	1,59	78,13	65,14	0,53	78,13	0,16	122,25	2.550,19	282,40	282,40	88,55	3,19

Tabela 81 - Valores para os cálculos da Fração 10 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Fração 10	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	100,40	1,24	77,06	100,40	0,41	77,06	0,16	74,37	1.963,85				
Étics 4	0,50	77,84	1,42	77,06	77,84	0,47	77,06	0,16	74,37	1.693,10	340,20	340,20	270,74	1,26
Étics 6	0,40	76,82	1,43	77,06	76,82	0,48	77,06	0,16	74,37	1.680,87	374,22	374,22	282,98	1,32
Étics 8	0,32	76,01	1,44	77,06	76,01	0,48	77,06	0,16	74,37	1.671,16	408,24	408,24	292,68	1,39
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	77,13	1,43	77,06	77,13	0,48	77,06	0,16	74,37	1.684,60	907,20	907,20	279,25	3,25
XPS 6cm	0,35	76,31	1,44	77,06	76,31	0,48	77,06	0,16	74,37	1.674,77	1.134,00	1.134,00	289,07	3,92
XPS 8cm	0,30	75,81	1,45	77,06	75,81	0,48	77,06	0,16	74,37	1.668,80	1.247,40	1.247,40	295,05	4,23
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	81,72	1,33	77,06	81,72	0,44	77,06	0,16	74,37	1.739,43	362,88	362,88	224,42	1,62
6cm	0,37	80,82	1,34	77,06	80,82	0,45	77,06	0,16	74,37	1.728,64	385,56	385,56	235,21	1,64
8cm	0,30	80,12	1,35	77,06	80,12	0,45	77,06	0,16	74,37	1.720,26	408,24	408,24	243,59	1,68
Tecto falso com XPS no terraço														
4cm	0,63	95,14	1,28	77,06	95,14	0,43	77,06	0,16	74,37	1.900,71	28,00	28,00	63,13	0,44
6cm	0,47	95,01	1,28	77,06	95,01	0,43	77,06	0,16	74,37	1.899,15	30,80	30,80	64,70	0,48
8cm	0,38	94,94	1,28	77,06	94,94	0,43	77,06	0,16	74,37	1.898,31	33,60	33,60	65,54	0,51
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	77,87	1,29	77,06	77,87	0,43	77,06	0,16	74,37	1.692,94	2.120,96	2.120,96	270,90	7,83
6cm	0,43/0,49	75,40	1,29	77,06	75,40	0,43	77,06	0,16	74,37	1.663,22	2.253,52	2.253,52	300,63	7,50
8cm	0,35/0,39	73,88	1,29	77,06	73,88	0,43	77,06	0,16	74,37	1.644,93	2.386,08	2.386,08	318,92	7,48
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	93,48	1,50	77,06	93,48	0,50	77,06	0,16	74,37	1.881,62	168,00	168,00	82,23	2,04

Tabela 82 - Valores para os cálculos da Fração 11 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Fração 11	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	86,70	1,26	78,20	86,70	0,42	78,20	0,16	48,86	1.189,26				
Étics 4	0,50	58,94	1,67	78,20	58,94	0,56	78,20	0,16	48,86	970,89	293,70	293,70	218,38	1,34
Étics 6	0,40	57,93	1,69	78,20	57,93	0,56	78,20	0,16	48,86	962,95	323,07	323,07	226,31	1,43
Étics 8	0,32	57,13	1,71	78,20	57,13	0,57	78,20	0,16	48,86	956,68	352,44	352,44	232,58	1,52
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	58,23	1,68	78,20	58,23	0,56	78,20	0,16	48,86	965,30	783,20	783,20	223,96	3,50
XPS 6cm	0,35	57,43	1,70	78,20	57,43	0,57	78,20	0,16	48,86	959,03	979,00	979,00	230,24	4,25
XPS 8cm	0,30	56,93	1,72	78,20	56,93	0,57	78,20	0,16	48,86	955,13	1.076,90	1.076,90	234,14	4,60
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	68,66	1,59	78,20	68,66	0,53	78,20	0,16	48,86	1.047,52	313,28	313,28	141,75	2,21
6cm	0,37	67,89	1,60	78,20	67,89	0,53	78,20	0,16	48,86	1.041,46	332,86	332,86	147,81	2,25
8cm	0,30	67,29	1,62	78,20	67,29	0,54	78,20	0,16	48,86	1.036,76	352,44	352,44	152,50	2,31
Tecto falso com XPS no terraço														
4cm	0,63	78,09	1,44	78,20	78,09	0,48	78,20	0,16	48,86	1.121,67	72,40	72,40	67,59	1,07
6cm	0,47	77,65	1,43	78,20	77,65	0,48	78,20	0,16	48,86	1.118,17	79,64	79,64	71,10	1,12
8cm	0,38	77,36	1,43	78,20	77,36	0,48	78,20	0,16	48,86	1.115,87	86,88	86,88	73,39	1,18
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	80,28	1,50	78,20	80,28	0,50	78,20	0,16	48,86	1.139,14	126,40	126,40	50,12	2,52
6cm	0,43/0,49	80,15	1,50	78,20	80,15	0,50	78,20	0,16	48,86	1.138,11	134,30	134,30	51,15	2,63
8cm	0,35/0,39	80,06	1,50	78,20	80,06	0,50	78,20	0,16	48,86	1.137,40	142,20	142,20	51,86	2,74
Caixa de estores	3,39											0,00		
2cm de isolamento	1,19	78,55	1,55	78,20	78,55	0,52	78,20	0,16	48,86	1.125,60	84,60	84,60	63,67	1,33

Tabela 83 - Valores para os cálculos da Fração 12 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Fração 12	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	89,81	1,39	78,13	89,81	0,46	78,13	0,16	122,25	3.036,84				
Etics 4	0,50	58,70	1,55	78,13	58,70	0,52	78,13	0,16	122,25	2.422,54	1.250,10	1.250,10	614,30	2,03
Etics 6	0,40	57,08	1,59	78,13	57,08	0,53	78,13	0,16	122,25	2.390,76	1.375,11	1.375,11	646,08	2,13
Etics 8	0,32	55,79	1,62	78,13	55,79	0,54	78,13	0,16	122,25	2.365,44	1.500,12	1.500,12	671,40	2,23
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	57,57	1,61	78,13	57,57	0,54	78,13	0,16	122,25	2.400,59	3.333,60	3.333,60	636,26	5,24
XPS 6cm	0,35	56,28	1,64	78,13	56,28	0,55	78,13	0,16	122,25	2.375,27	4.167,00	4.167,00	661,58	6,30
XPS 8cm	0,30	55,47	1,66	78,13	55,47	0,55	78,13	0,16	122,25	2.359,38	4.583,70	4.583,70	677,47	6,77
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	71,40	1,45	78,13	71,40	0,48	78,13	0,16	122,25	2.673,09	1.333,44	1.333,44	363,76	3,67
6cm	0,37	70,10	1,48	78,13	70,10	0,49	78,13	0,16	122,25	2.647,57	1.416,78	1.416,78	389,27	3,64
8cm	0,30	69,09	1,50	78,13	69,09	0,50	78,13	0,16	122,25	2.627,73	1.500,12	1.500,12	409,12	3,67
Tecto falso com XPS no terraço														
4cm	0,63	78,89	1,36	78,13	78,89	0,45	78,13	0,16	122,25	2.820,65	246,40	246,40	216,20	1,14
6cm	0,47	78,18	1,30	78,13	78,18	0,43	78,13	0,16	122,25	2.806,21	271,04	271,04	230,64	1,18
8cm	0,38	77,77	1,34	78,13	77,77	0,45	78,13	0,16	122,25	2.798,36	295,68	295,68	238,48	1,24
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	79,30	1,37	78,13	79,30	0,46	78,13	0,16	122,25	2.828,82	1.365,44	1.365,44	208,02	6,56
6cm	0,43/0,49	78,50	1,35	78,13	78,50	0,45	78,13	0,16	122,25	2.812,87	1.450,78	1.450,78	223,98	6,48
8cm	0,35/0,39	78,18	1,34	78,13	78,18	0,45	78,13	0,16	122,25	2.806,47	1.536,12	1.536,12	230,37	6,67
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	83,20	1,62	78,13	83,20	0,54	78,13	0,16	122,25	2.907,61	282,40	282,40	129,23	2,19

Tabela 84 - Valores para os cálculos da Fração 13 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Fração 13	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	165,56	1,47	66,90	165,56	0,49	66,90	0,16	114,22	4.069,75				
Etics 4	0,50	143,87	1,65	66,90	143,87	0,55	66,90	0,16	114,22	3.670,01	639,90	639,90	399,74	1,60
Etics 6	0,40	142,50	1,67	66,90	142,50	0,56	66,90	0,16	114,22	3.644,81	703,89	703,89	424,94	1,66
Etics 8	0,32	141,40	1,70	66,90	141,40	0,57	66,90	0,16	114,22	3.624,67	767,88	767,88	445,08	1,73
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	142,91	1,67	66,90	142,91	0,56	66,90	0,16	114,22	3.652,39	1.706,40	1.706,40	417,36	4,09
XPS 6cm	0,35	141,81	1,69	66,90	141,81	0,56	66,90	0,16	114,22	3.632,19	2.133,00	2.133,00	437,56	4,87
XPS 8cm	0,30	141,12	1,70	66,90	141,12	0,57	66,90	0,16	114,22	3.619,50	2.346,30	2.346,30	450,25	5,21
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	150,78	1,61	66,90	150,78	0,54	66,90	0,16	114,22	3.797,47	682,56	682,56	272,28	2,51
6cm	0,37	149,54	1,63	66,90	149,54	0,54	66,90	0,16	114,22	3.774,67	725,22	725,22	295,08	2,46
8cm	0,30	148,58	1,65	66,90	148,58	0,55	66,90	0,16	114,22	3.757,05	767,88	767,88	312,70	2,46
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63	96,39	1,63	66,90	96,39	0,54	66,90	0,16	114,22	2.792,42	2.284,40	2.284,40	1.277,33	1,79
6cm	0,47	90,22	1,65	66,90	90,22	0,55	66,90	0,16	114,22	2.678,51	2.512,84	2.512,84	1.391,23	1,81
8cm	0,38	86,75	1,65	66,90	86,75	0,55	66,90	0,16	114,22	2.614,39	2.741,28	2.741,28	1.455,36	1,88
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	151,08	1,50	66,90	151,08	0,50	66,90	0,16	114,22	3.802,33	1.590,40	1.590,40	267,42	5,95
6cm	0,43/0,49	149,64	1,50	66,90	149,64	0,50	66,90	0,16	114,22	3.775,72	1.689,80	1.689,80	294,03	5,75
8cm	0,35/0,39	148,75	1,50	66,90	148,75	0,50	66,90	0,16	114,22	3.759,27	1.789,20	1.789,20	310,48	5,76
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	158,91	1,65	66,90	158,91	0,55	66,90	0,16	114,22	3.947,96	273,60	273,60	121,79	2,25

Tabela 85 - Valores para os cálculos da Fração 14 do edifício multifamiliar localizado em S. Lázaro

Fração 14	U	Nic (kWh/m ² . ano)	Nvc (kWh/m ² . ano)	Nac (kWh/m ² . ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,95	177,47	1,39	84,47	177,47	0,463333	84,47	0,1618	110,46	4402,404				
Etics 4	0,5	143,75	1,73	84,47	143,75	0,576667	84,47	0,1618	110,46	3801,771	1773,3	1773,3	600,6327	2,952387
Etics 6	0,4	141,27	1,78	84,47	141,27	0,593333	84,47	0,1618	110,46	3757,745	1950,63	1950,63	644,6585	3,025835
Etics 8	0,32	139,28	1,82	84,47	139,28	0,606667	84,47	0,1618	110,46	3722,417	2127,96	2127,96	679,9863	3,129416
Fachada ventilada														
XPS 4cm	0,43	142,01	1,76	84,47	142,01	0,586667	84,47	0,1618	110,46	3770,852	4728,8	4728,8	631,552	7,487586
XPS 6cm	0,35	140,03	1,81	84,47	140,03	0,603333	84,47	0,1618	110,46	3735,762	5911	5911	666,6416	8,866834
XPS 8cm	0,3	138,78	1,83	84,47	138,78	0,61	84,47	0,1618	110,46	3713,541	6502,1	6502,1	688,8629	9,438888
Gesso cartonado + XPS														
4cm	0,46	153,84	1,66	84,47	153,84	0,553333	84,47	0,1618	110,46	3981,687	1891,52	1891,52	420,717	4,495944
6cm	0,37	151,77	1,7	84,47	151,77	0,566667	84,47	0,1618	110,46	3944,929	2009,74	2009,74	457,4746	4,393118
8cm	0,3	150,15	1,73	84,47	150,15	0,576667	84,47	0,1618	110,46	3916,154	2127,96	2127,96	486,2492	4,376275
Tecto falso com XPS														
4cm	0,63	106,84	1,62	84,47	106,84	0,54	84,47	0,1618	110,46	3141,444	2284,4	2284,4	1260,959	1,811636
6cm	0,47	100,66	1,62	84,47	100,66	0,54	84,47	0,1618	110,46	3030,993	2512,84	2512,84	1371,411	1,832303
8cm	0,38	97,11	1,62	84,47	97,11	0,54	84,47	0,1618	110,46	2967,545	2741,28	2741,28	1434,858	1,910489
Gesso cartonado + XPS cx/escadas														
4cm	0,56/0,67	167,44	1,49	84,47	167,44	0,496667	84,47	0,1618	110,46	4223,739	875,52	875,52	178,6647	4,900352
6cm	0,43/0,49	166,86	1,49	84,47	166,86	0,496667	84,47	0,1618	110,46	4213,373	930,24	930,24	189,0307	4,921105
8cm	0,35/0,39	166,52	1,49	84,47	166,52	0,496667	84,47	0,1618	110,46	4207,296	984,96	984,96	195,1073	5,048298
Caixa de estores	3,39													
2cm de isolamento	1,19	169,14	1,63	84,47	169,14	0,543333	84,47	0,1618	110,46	4254,956	282,4	282,4	147,4475	1,915258

Anexo III Tabelas com as soluções da implementação das medidas de melhoria na envolvente envidraçada

III.1 Edifícios unifamiliares

Tabela 86 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na moradia localizada em Ferreiros

Moradia em Ferreiros	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	3,90	174,83	2,00	61,15	174,83	0,67	61,15	0,16	156,20	5.686,62	2.644,00			
2º caixilharia com vidro simples	2,60	163,46	2,33	61,15	163,46	0,78	61,15	0,16	156,20	5.402,04	5.288,00	2.644,00	284,58	9,29
Alumínio vidro duplo corrente	2,80	164,51	1,87	61,15	164,51	0,62	61,15	0,16	156,20	5.424,70	4.891,40	2.247,40	261,91	8,58
Alumínio vidro duplo refletante	2,80	169,85	1,45	61,15	169,85	0,48	61,15	0,16	156,20	5.556,13	5.288,00	2.644,00	130,49	20,26
PVC vidro duplo corrente	2,30	160,89	2,26	61,15	160,89	0,75	61,15	0,16	156,20	5.336,50	6.081,20	3.437,20	350,12	9,82
Pvc vidro duplo refletante	2,30	166,20	1,62	61,15	166,20	0,54	61,15	0,16	156,20	5.465,31	6.874,40	4.230,40	221,31	19,12

Tabela 87 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na moradia localizada em Nogueira

Moradia em Nogueira	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	3,42/3,66	193,85	3,07	28,13	193,85	1,02	28,13	0,16	155,24	5.601,36	6.056,90			
Alumínio vidro refletante	2,92/3,06	189,24	2,86	28,13	189,24	0,95	28,13	0,16	155,24	5.483,81	6.548,00	491,10	117,55	4,18
PVC vidro duplo corrente	2,30/2,50	176,63	4,36	28,13	176,63	1,45	28,13	0,16	155,24	5.179,63	7.530,20	1.473,30	421,73	3,49
Pvc vidro duplo refletante	2,3/2,50	184,23	3,16	28,13	184,23	1,05	28,13	0,16	155,24	5.360,48	8.512,40	2.455,50	240,88	10,19

III.2 Edifícios multifamiliares

Tabela 88 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 1 do edifício localizado em S. Victor

Fração 1	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	147,37	1,77	99,37	147,37	0,59	99,37	0,16	76,90	3.077,38	1.436,00			
2º janela	2,60	127,99	2,61	99,37	127,99	0,87	99,37	0,16	76,90	2.839,73	2.872,00	1.436,00	237,65	6,04
Alumínio vidro corrente	2,80	129,99	2,23	99,37	129,99	0,74	99,37	0,16	76,90	2.863,04	2.656,60	1.220,60	214,34	5,69
Alumínio vidro reflectante	2,80	134,27	1,50	99,37	134,27	0,50	99,37	0,16	76,90	2.913,27	2.872,00	1.436,00	164,12	8,75
PVC vidro duplo corrente	2,30	125,95	2,51	99,37	125,95	0,84	99,37	0,16	76,90	2.813,94	3.302,80	1.866,80	263,45	7,09
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	130,23	1,70	99,37	130,23	0,57	99,37	0,16	76,90	2.863,83	3.733,60	2.297,60	213,55	10,76

Tabela 89 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 2 do edifício localizado em S. Victor

Fração 2	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	108,24	1,34	95,25	108,24	0,45	95,25	0,16	80,22	2.411,67	1.436,00			
2º janela	2,60	90,31	2,01	95,25	90,31	0,67	95,25	0,16	80,22	2.181,85	2.872,00	1.436,00	229,83	6,25
Alumínio vidro corrente	2,80	91,80	1,74	95,25	91,80	0,58	95,25	0,16	80,22	2.200,02	2.656,60	1.220,60	211,65	5,77
Alumínio vidro reflectante	2,80	95,37	1,23	95,25	95,37	0,41	95,25	0,16	80,22	2.244,15	2.872,00	1.436,00	167,52	8,57
PVC vidro duplo corrente	2,30	88,06	1,95	95,25	88,06	0,65	95,25	0,16	80,22	2.152,39	3.302,80	1.866,80	259,29	7,20
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	91,98	1,39	95,25	91,98	0,46	95,25	0,16	80,22	2.200,84	3.733,60	2.297,60	210,83	10,90

Tabela 90 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 3 do edifício localizado em S. Victor

Fração 3	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	105,95	1,52	95,25	105,95	0,51	95,25	0,16	80,22	2.382,73	1.436,00			
2º janela	2,60	87,66	2,26	95,25	87,66	0,75	95,25	0,16	80,22	2.148,53	2.872,00	1.436,00	234,20	6,13
Alumínio vidro corrente	2,80	89,51	1,95	95,25	89,51	0,65	95,25	0,16	80,22	2.171,21	2.656,60	1.220,60	211,52	5,77
Alumínio vidro reflectante	2,80	93,41	1,35	95,25	93,41	0,45	95,25	0,16	80,22	2.219,23	2.872,00	1.436,00	163,50	8,78
PVC vidro duplo corrente	2,30	85,77	2,18	95,25	85,77	0,73	95,25	0,16	80,22	2.123,66	3.302,80	1.866,80	259,07	7,21
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	89,66	1,52	95,25	89,66	0,51	95,25	0,16	80,22	2.171,29	3.733,60	2.297,60	211,44	10,87

Tabela 91 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 4 do edifício localizado em S. Victor

Fração 4	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	194,34	1,50	95,25	194,34	0,50	95,25	0,16	80,22	3.529,91	1.436,00			
2º janela	2,60	175,92	2,23	95,25	175,92	0,74	95,25	0,16	80,22	3.293,98	2.872,00	1.436,00	235,93	6,09
Alumínio vidro corrente	2,80	177,78	1,92	95,25	177,78	0,64	95,25	0,16	80,22	3.316,78	2.656,60	1.220,60	213,12	5,73
Alumínio vidro reflectante	2,80	181,66	1,33	95,25	181,66	0,44	95,25	0,16	80,22	3.364,59	2.872,00	1.436,00	165,32	8,69
PVC vidro duplo corrente	2,30	174,01	2,16	95,25	174,01	0,72	95,25	0,16	80,22	3.268,89	3.302,80	1.866,80	261,02	7,15
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	177,89	1,51	95,25	177,89	0,50	95,25	0,16	80,22	3.316,44	3.733,60	2.297,60	213,47	10,76

Tabela 92 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 5 do edifício localizado em S. Victor

Fração 5	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	142,50	1,20	99,10	142,50	0,40	99,10	0,16	77,11	2.783,93	1.436,00			
2º janela	2,60	127,41	1,79	99,10	127,41	0,60	99,10	0,16	77,11	2.598,11	2.872,00	1.436,00	185,82	7,73
Alumínio vidro corrente	2,80	128,92	1,58	99,10	128,92	0,53	99,10	0,16	77,11	2.616,08	2.656,60	1.220,60	167,85	7,27
Alumínio vidro reflectante	2,80	132,43	1,17	99,10	132,43	0,39	99,10	0,16	77,11	2.658,16	2.872,00	1.436,00	125,76	11,42
PVC vidro duplo corrente	2,30	125,95	1,75	99,10	125,95	0,58	99,10	0,16	77,11	2.579,73	3.446,40	2.010,40	204,20	9,85
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	129,47	1,31	99,10	129,47	0,44	99,10	0,16	77,11	2.621,82	3.733,60	2.297,60	162,11	14,17

Tabela 93 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 6 do edifício localizado em S. Victor

Fração 6	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	2,60	104,43	1,16	84,03	104,43	0,39	84,03	0,16	90,94	2.543,34	2.440,00			
2º janela	2,80	101,93	1,16	84,03	101,93	0,39	84,03	0,16	90,94	2.506,56	2.257,00	-183,00	36,79	-4,97
Alumínio vidro corrente	2,80	105,14	0,83	84,03	105,14	0,28	84,03	0,16	90,94	2.552,17	2.440,00	0,00	-8,83	0,00
Alumínio vidro reflectante	2,30	99,04	1,30	84,03	99,04	0,43	84,03	0,16	90,94	2.464,72	2.806,00	366,00	78,62	4,66
PVC vidro duplo corrente	2,30	102,25	0,93	84,03	102,25	0,31	84,03	0,16	90,94	2.510,14	3.172,00	732,00	33,20	22,05
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	102,25	0,93	84,03	102,25	0,31	84,03	0,16	90,94	2.510,14	3.172,00	732,00	33,20	22,05

Tabela 94 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 7 do edifício localizado em S. Victor

Fração 7	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	106,10	1,08	84,03	106,10	0,36	84,03	0,16	90,94	2.567,52	1.220,00			
2º janela	2,60	91,18	1,67	84,03	91,18	0,56	84,03	0,16	90,94	2.350,88	2.440,00	1.220,00	216,64	5,63
Alumínio vidro corrente	2,80	92,63	1,46	84,03	92,63	0,49	84,03	0,16	90,94	2.371,19	2.257,00	1.037,00	196,34	5,28
Alumínio vidro reflectante	2,80	95,80	1,07	84,03	95,80	0,36	84,03	0,16	90,94	2.415,92	2.440,00	1.220,00	151,60	8,05
PVC vidro duplo corrente	2,30	89,74	1,20	84,03	89,74	0,40	84,03	0,16	90,94	2.327,39	2.806,00	1.586,00	240,13	6,60
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	92,91	1,20	84,03	92,91	0,40	84,03	0,16	90,94	2.374,03	3.172,00	1.952,00	193,49	10,09

Tabela 95 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 8 do edifício localizado em S. Victor

Fração 8	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	2,60	157,91	1,39	84,03	157,91	0,46	84,03	0,16	90,94	3.331,38	2.440,00			
2º janela	2,60	157,91	1,39	84,03	157,91	0,46	84,03	0,16	90,94	3.331,38	2.440,00			
Alumínio vidro corrente	2,80	155,39	1,42	84,03	155,39	0,47	84,03	0,16	90,94	3.294,45	2.257,00	-183,00	36,93	-4,96
Alumínio vidro reflectante	2,80	158,56	1,05	84,03	158,56	0,35	84,03	0,16	90,94	3.339,28	2.440,00	0,00	-7,90	0,00
PVC vidro duplo corrente	2,30	155,67	1,18	84,03	155,67	0,39	84,03	0,16	90,94	3.297,39	2.806,00	366,00	33,99	10,77
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	152,49	1,58	84,03	152,49	0,53	84,03	0,16	90,94	3.252,56	3.172,00	732,00	78,82	9,29

Tabela 96 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 1 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 1	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	134,97	1,14	77,06	134,97	0,38	77,06	0,16	74,37	2.379,43	1.240,00			
2º janela	2,60	116,11	2,02	77,06	116,11	0,67	77,06	0,16	74,37	2.156,02	2.480,00	1.240,00	223,41	5,55
Alumínio vidro corrente	2,80	117,71	1,73	77,06	117,71	0,58	77,06	0,16	74,37	2.174,11	2.294,00	1.054,00	205,32	5,13
Alumínio vidro reflectante	2,80	119,43	1,22	77,06	119,43	0,41	77,06	0,16	74,37	2.192,76	2.480,00	1.240,00	186,67	6,64
PVC vidro duplo corrente	2,30	114,11	2,01	77,06	114,11	0,67	77,06	0,16	74,37	2.131,91	2.852,00	1.612,00	247,52	6,51
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	115,83	1,43	77,06	115,83	0,48	77,06	0,16	74,37	2.150,28	3.224,00	1.984,00	229,15	8,66

Tabela 97 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 2 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 2	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	112,70	1,14	78,20	112,70	0,38	78,20	0,16	48,86	1.394,49	880,00			
2º janela	2,60	96,90	1,69	78,20	96,90	0,56	78,20	0,16	48,86	1.271,03	1.760,00	880,00	123,46	7,13
Alumínio vidro corrente	2,80	96,38	1,55	78,20	96,38	0,52	78,20	0,16	48,86	1.266,55	1.628,00	748,00	127,94	5,85
Alumínio vidro reflectante	2,80	98,86	1,04	78,20	98,86	0,35	78,20	0,16	48,86	1.284,81	1.760,00	880,00	109,68	8,02
PVC vidro duplo corrente	2,30	92,51	1,80	78,20	92,51	0,60	78,20	0,16	48,86	1.236,62	2.024,00	1.144,00	157,87	7,25
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	94,98	1,22	78,20	94,98	0,41	78,20	0,16	48,86	1.254,62	2.288,00	1.408,00	139,88	10,07

Tabela 98 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 3 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 3	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	107,50	1,43	78,13	107,50	0,48	78,13	0,16	122,25	3.387,02	3.802,00			
2º janela	2,60	105,24	1,41	78,13	105,24	0,47	78,13	0,16	122,25	3.342,18	3.516,85	-285,15	44,83	-6,36
Alumínio vidro corrente	2,80	105,24	1,41	78,13	105,24	0,47	78,13	0,16	122,25	3.342,18	3.516,85	-285,15	44,83	-6,36
Alumínio vidro reflectante	2,80	109,13	0,98	78,13	109,13	0,33	78,13	0,16	122,25	3.416,29	3.802,00	0,00	-29,27	0,00
PVC vidro duplo corrente	2,30	101,90	1,60	78,13	101,90	0,53	78,13	0,16	122,25	3.277,37	4.372,30	570,30	109,65	5,20
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	105,78	1,12	78,13	105,78	0,37	78,13	0,16	122,25	3.350,95	4.942,60	1.140,60	36,07	31,63

Tabela 99 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada nas Frações 4 e 7 do edifício localizado em S. Lázaro

Frações 4 e 7	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	98,79	1,22	77,06	98,79	0,41	77,06	0,16	74,37	1.944,39	1.240,00			
2º janela	2,60	88,01	1,64	77,06	88,01	0,55	77,06	0,16	74,37	1.816,36	2.480,00	1.240,00	128,03	9,69
Alumínio vidro corrente	2,80	85,64	1,64	77,06	85,64	0,55	77,06	0,16	74,37	1.787,84	2.294,00	1.054,00	156,55	6,73
Alumínio vidro reflectante	2,80	87,35	1,17	77,06	87,35	0,39	77,06	0,16	74,37	1.806,54	2.480,00	1.240,00	137,86	8,99
PVC vidro duplo corrente	2,30	82,05	1,90	77,06	82,05	0,63	77,06	0,16	74,37	1.745,69	2.852,00	1.612,00	198,71	8,11
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	83,75	1,36	77,06	83,75	0,45	77,06	0,16	74,37	1.763,98	3.224,00	1.984,00	180,42	11,00

Tabela 100 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada nas Frações 5 e 8 do edifício localizado em S. Lázaro

Frações 5 e 8	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	66,10	1,55	78,20	66,10	0,52	78,20	0,16	48,86	1.027,17	1.760,00			
2ª janela	2,60													
Alumínio vidro corrente	2,80	60,67	1,67	78,20	60,67	0,56	78,20	0,16	48,86	984,56	1.628,00	-132,00	42,61	-3,10
Alumínio vidro reflectante	2,80	63,08	1,13	78,20	63,08	0,38	78,20	0,16	48,86	1.002,19	1.760,00	0,00	24,98	0,00
PVC vidro duplo corrente	2,30	58,83	1,94	78,20	58,83	0,65	78,20	0,16	48,86	970,73	2.024,00	264,00	56,45	4,68
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	59,23	1,32	78,20	59,23	0,44	78,20	0,16	48,86	972,26	2.288,00	528,00	54,92	9,61

Tabela 101 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada nas Frações 6 e 9 do edifício localizado em S. Lázaro

Frações 6 e 9	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	69,67	1,43	78,13	69,67	0,48	78,13	0,16	122,25	2.638,74	3.802,00			
2ª janela	2,60													
Alumínio vidro corrente	2,80	66,75	1,45	78,13	66,75	0,48	78,13	0,16	122,25	2.581,11	3.516,85	-285,15	57,63	-4,95
Alumínio vidro reflectante	2,80	70,51	1,01	78,13	70,51	0,34	78,13	0,16	122,25	2.652,58	3.802,00	0,00	-13,85	0,00
PVC vidro duplo corrente	2,30	63,45	1,64	78,13	63,45	0,55	78,13	0,16	122,25	2.517,09	4.372,30	570,30	121,65	4,69
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	67,19	1,15	78,13	67,19	0,38	78,13	0,16	122,25	2.587,84	4.942,60	1.140,60	50,90	22,41

Tabela 102 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 10 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 10	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	100,40	1,24	77,06	100,40	0,41	77,06	0,16	74,37	1.963,85	1.240,00			
2ª janela	2,60	85,67	1,96	77,06	85,67	0,65	77,06	0,16	74,37	1.789,49	2.480,00	1.240,00	174,36	7,11
Alumínio vidro corrente	2,80	87,26	1,67	77,06	87,26	0,56	77,06	0,16	74,37	1.807,46	2.294,00	1.054,00	156,39	6,74
Alumínio vidro reflectante	2,80	88,96	1,20	77,06	88,96	0,40	77,06	0,16	74,37	1.826,03	2.480,00	1.240,00	137,82	9,00
PVC vidro duplo corrente	2,30	83,67	1,93	77,06	83,67	0,64	77,06	0,16	74,37	1.765,30	2.852,00	1.612,00	198,55	8,12
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	85,37	1,39	77,06	85,37	0,46	77,06	0,16	74,37	1.783,59	3.224,00	1.984,00	180,26	11,01

Tabela 103 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 11 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 11	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	86,70	1,26	78,20	86,70	0,42	78,20	0,16	48,86	1.189,26	880,00			
2ª janela	2,60	70,36	1,93	78,20	70,36	0,64	78,20	0,16	48,86	1.061,85	1.760,00	880,00	127,41	6,91
Alumínio vidro corrente	2,80	68,85	1,79	78,20	68,85	0,60	78,20	0,16	48,86	1.049,55	1.628,00	748,00	139,72	5,35
Alumínio vidro reflectante	2,80	71,29	1,24	78,20	71,29	0,41	78,20	0,16	48,86	1.067,39	1.760,00	880,00	121,88	7,22
PVC vidro duplo corrente	2,30	65,00	2,06	78,20	65,00	0,69	78,20	0,16	48,86	1.019,82	2.024,00	1.144,00	169,44	6,75
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	67,43	1,44	78,20	67,43	0,48	78,20	0,16	48,86	1.037,40	2.288,00	1.408,00	151,87	9,27

Tabela 104 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 12 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 12	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	89,81	1,39	78,13	89,81	0,46	78,13	0,16	122,25	3.036,84	1.901,00			
2º janela	2,60	76,48	1,96	78,13	76,48	0,65	78,13	0,16	122,25	2.776,93	3.802,00	1.901,00	259,91	7,31
Alumínio vidro corrente	2,80	77,58	1,77	78,13	77,58	0,59	78,13	0,16	122,25	2.797,44	3.516,85	1.615,85	239,40	6,75
Alumínio vidro reflectante	2,80	81,40	1,29	78,13	81,40	0,43	78,13	0,16	122,25	2.869,83	3.802,00	1.901,00	167,01	11,38
PVC vidro duplo corrente	2,30	74,42	1,91	78,13	74,42	0,64	78,13	0,16	122,25	2.735,86	4.372,30	2.471,30	300,99	8,21
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	78,22	1,44	78,13	78,22	0,48	78,13	0,16	122,25	2.807,92	4.942,60	3.041,60	228,92	13,29

Tabela 105 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 13 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 13	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	165,56	1,47	66,90	165,56	0,49	66,90	0,16	114,22	4.069,75	1.440,00			
2º janela	2,60	151,65	2,12	66,90	151,65	0,71	66,90	0,16	114,22	3.816,69	2.880,00	1.440,00	253,06	5,69
Alumínio vidro corrente	2,80	153,07	1,84	66,90	153,07	0,61	66,90	0,16	114,22	3.841,20	2.664,00	1.224,00	228,55	5,36
Alumínio vidro reflectante	2,80	156,78	1,27	66,90	156,78	0,42	66,90	0,16	114,22	3.906,26	2.880,00	1.440,00	163,49	8,81
PVC vidro duplo corrente	2,30	150,35	2,03	66,90	150,35	0,68	66,90	0,16	114,22	3.792,11	3.312,00	1.872,00	277,64	6,74
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	154,06	1,42	66,90	154,06	0,47	66,90	0,16	114,22	3.856,91	3.744,00	2.304,00	212,84	10,83

Tabela 106 - Resultados do impacto das propostas de melhoria para a envolvente envidraçada na Fração 14 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 14	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	4,80	177,47	1,39	84,47	177,47	0,46	84,47	0,16	110,46	4.402,40	1.935,00			
2º janela	2,60	159,34	2,11	84,47	159,34	0,70	84,47	0,16	110,46	4.082,67	3.870,00	2.430,00	319,74	7,60
Alumínio vidro corrente	2,80	161,26	1,80	84,47	161,26	0,60	84,47	0,16	110,46	4.115,13	3.579,75	2.139,75	287,27	7,45
Alumínio vidro reflectante	2,80	165,77	1,21	84,47	165,77	0,40	84,47	0,16	110,46	4.192,22	3.870,00	2.430,00	210,18	11,56
PVC vidro duplo corrente	2,30	157,48	2,04	84,47	157,48	0,68	84,47	0,16	110,46	4.049,01	4.450,50	3.010,50	353,40	8,52
Pvc vidro duplo reflectante	2,30	161,98	1,37	84,47	161,98	0,46	84,47	0,16	110,46	4.125,44	5.031,00	3.591,00	276,96	12,97

Anexo IV Tabelas com as soluções da implementação das medidas de melhoria nos sistemas de preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

IV.1 Edifícios unifamiliares

Tabela 107 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na moradia de Ferreiros

Moradia em Ferreiros	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	174,83	2,00	61,15	174,83	0,67	61,15	0,16	156,20	5.980,81	350,00			
Termoacumulador 100mm	0,95	174,83	2,00	28,78	174,83	0,67	28,78	0,16	156,20	5.162,72	1.200,00	850,00	818,09	1,04
Termoac. 100mm com solar	0,95	174,83	2,00	15,01	174,83	0,67	15,01	0,16	156,20	4.814,59	4.500,00	4.150,00	1.166,22	3,56
Termoacumulador 50mm	0,80	174,83	2,00	30,57	174,83	0,67	30,57	0,16	156,20	5.207,96	950,00	600,00	772,85	0,78
Termoac. 50mm com solar	0,80	174,83	2,00	16,80	174,83	0,67	21,17	0,16	156,20	4.970,44	4.250,00	3.900,00	1.010,37	3,86
Termoacumulador Gás 100mm	0,80	174,83	2,00	34,94	174,83	0,67	34,94	0,16	156,20	5.150,30	1.200,00	850,00	830,50	1,02
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	174,83	2,00	21,17	174,83	0,67	21,17	0,16	156,20	4.868,58	4.500,00	4.150,00	1.112,23	3,73
Termoacumulador Gás 50mm	0,75	174,83	2,00	37,63	174,83	0,67	37,63	0,16	156,20	5.205,35	950,00	600,00	775,46	0,77
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	174,83	2,00	23,86	174,83	0,67	23,86	0,16	156,20	4.923,58	4.250,00	3.900,00	1.057,23	3,69
Caldeira 100mm	0,87	174,83	2,00	31,77	174,83	0,67	31,77	0,16	156,20	5.085,44	1.300,00	950,00	895,37	1,06
Caldeira 100mm co solar	0,87	174,83	2,00	18,00	174,83	0,67	18,00	0,16	156,20	4.803,58	4.600,00	4.250,00	1.177,23	3,61
Caldeira 50mm	0,82	174,83	2,00	33,97	174,83	0,67	33,97	0,16	156,20	5.130,46	950,00	600,00	850,35	0,71
Caldeira 50mm com solar	0,82	174,83	2,00	20,20	174,83	0,67	20,20	0,16	156,20	4.848,72	4.250,00	3.900,00	1.132,09	3,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	174,83	2,00	8,15	174,83	0,67	8,15	0,16	156,20	4.641,33	2.588,80	2.238,80	1.339,48	1,67
Solar	0,50	174,83	2,00	47,38	174,83	0,67	47,38	0,16	156,20	5.404,83	3.300,00	2.950,00	575,98	5,12

Tabela 108 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na moradia de Nogueira

Moradia em Nogueira	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	193,85	3,07	28,13	193,85	1,02	28,13	0,16	155,24	5.601,36	750,00			
Termoacumulador 100mm	0,95	193,85	3,07	23,16	193,85	1,02	23,16	0,16	155,24	5.476,52	1.600,00	850,00	124,84	6,81
Termoac. 100mm com solar	0,95	193,85	3,07	13,02	193,85	1,02	10,58	0,16	155,24	5.160,52	4.300,00	3.550,00	440,84	8,05
Termoacumulador 50mm	0,80	193,85	3,07	24,61	193,85	1,02	24,61	0,16	155,24	5.512,95	950,00	200,00	88,41	2,26
Termoac. 50mm com solar	0,80	193,85	3,07	14,47	193,85	1,02	14,46	0,16	155,24	5.258,12	3.650,00	2.900,00	343,24	8,45
Termoacumulador Gás 100mm	0,80	193,85	3,07	28,13	193,85	1,02	28,13	0,16	155,24	5.466,86	1.600,00	850,00	134,50	6,32
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	193,85	3,07	17,94	193,85	1,02	14,46	0,16	155,24	5.188,96	4.300,00	3.550,00	412,40	8,61
Termoacumulador Gás 50mm	0,75	193,85	3,07	30,29	193,85	1,02	30,29	0,16	155,24	5.510,79	1.200,00	450,00	90,57	4,97
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	193,85	3,07	20,15	193,85	1,02	16,11	0,16	155,24	5.222,33	3.900,00	3.150,00	379,03	8,31
Caldeira 100mm	0,87	193,85	3,07	25,57	193,85	1,02	25,57	0,16	155,24	5.414,80	1.300,00	550,00	186,56	2,95
Caldeira 100mm co solar	0,87	193,85	3,07	15,42	193,85	1,02	12,48	0,16	155,24	5.148,69	4.000,00	3.250,00	452,67	7,18
Caldeira 50mm	0,82	193,85	3,07	27,35	193,85	1,02	27,35	0,16	155,24	5.451,00	950,00	200,00	150,36	1,33
Caldeira 50mm com solar	0,82	193,85	3,07	17,20	193,85	1,02	13,86	0,16	155,24	5.176,75	3.650,00	2.900,00	424,61	6,83
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	193,85	3,07	6,56	193,85	1,02	6,56	0,16	155,24	5.059,57	2.588,80	1.838,80	541,79	3,39
Solar	0,70	193,85	3,07	22,67	193,85	1,02	17,98	0,16	155,24	5.346,43	2.700,00	1.950,00	254,93	7,65

IV.2 Edifícios multifamiliares

Tabela 109 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 1 do edifício localizado em S. Victor

Fração 1	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,40	147,37	1,77	99,37	147,37	0,59	99,37	0,16	76,90	2.842,02	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	147,37	1,77	46,76	147,37	0,59	46,76	0,16	76,90	2.422,79	1.600,00	1.250,00	419,24	2,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	147,37	1,77	23,89	147,37	0,59	18,96	0,16	76,90	2.076,93	4.300,00	3.950,00	765,09	5,16
Termoac. 50mm	0,90	147,37	1,77	49,68	147,37	0,59	49,68	0,16	76,90	2.459,12	950,00	600,00	382,90	1,57
Termoac. 50mm com solar	0,90	147,37	1,77	26,81	147,37	0,59	21,29	0,16	76,90	2.105,85	3.650,00	3.300,00	736,17	4,48
Termoac. Gás 100mm	0,80	147,37	1,77	56,78	147,37	0,59	56,78	0,16	76,90	2.412,98	1.600,00	1.250,00	429,05	2,91
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	147,37	1,77	33,91	147,37	0,59	26,81	0,16	76,90	2.111,04	4.300,00	3.950,00	730,98	5,40
Termoac. Gás 50mm	0,75	147,37	1,77	61,15	147,37	0,59	61,15	0,16	76,90	2.457,00	1.200,00	850,00	385,02	2,21
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	147,37	1,77	38,27	147,37	0,59	30,12	0,16	76,90	2.144,41	3.900,00	3.550,00	697,62	5,09
Caldeira 100mm	0,87	147,37	1,77	51,62	147,37	0,59	51,62	0,16	76,90	2.361,00	1.300,00	950,00	481,03	1,97
Caldeira 100mm co solar	0,87	147,37	1,77	28,75	147,37	0,59	22,81	0,16	76,90	2.070,77	4.000,00	3.650,00	771,25	4,73
Caldeira 50mm	0,82	147,37	1,77	55,20	147,37	0,59	55,20	0,16	76,90	2.397,06	950,00	600,00	444,96	1,35
Caldeira 50mm com solar	0,82	147,37	1,77	32,33	147,37	0,59	25,60	0,16	76,90	2.098,83	3.650,00	3.300,00	743,19	4,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	147,37	1,77	13,25	147,37	0,59	13,25	0,16	76,90	2.005,84	2.588,80	2.238,80	836,18	2,68
Solar	0,50	147,37	1,77	76,49	147,37	0,59	56,62	0,16	76,90	2.411,34	2.700,00	2.350,00	430,68	5,46

Tabela 110 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 2 do edifício localizado em S. Victor

Fração 2	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	108,24	1,34	95,25	108,24	0,45	95,25	0,16	80,22	2.411,67	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	108,24	1,34	44,83	108,24	0,45	44,83	0,16	80,22	1.992,58	1.600,00	1.250,00	419,09	2,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	108,24	1,34	22,90	108,24	0,45	18,18	0,16	80,22	1.646,66	4.300,00	3.950,00	765,02	5,16
Termoac. 50mm	0,90	108,24	1,34	47,63	108,24	0,45	47,63	0,16	80,22	2.028,93	950,00	600,00	382,75	1,57
Termoac. 50mm com solar	0,90	108,24	1,34	25,70	108,24	0,45	20,41	0,16	80,22	1.675,58	3.650,00	3.300,00	736,09	4,48
Termoac. Gás 100mm	0,80	108,24	1,34	54,43	108,24	0,45	54,43	0,16	80,22	1.982,70	1.600,00	1.250,00	428,97	2,91
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	108,24	1,34	32,50	108,24	0,45	25,70	0,16	80,22	1.680,77	4.300,00	3.950,00	730,90	5,40
Termoac. Gás 50mm	0,75	108,24	1,34	58,62	108,24	0,45	58,62	0,16	80,22	2.026,74	1.200,00	850,00	384,94	2,21
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	108,24	1,34	36,69	108,24	0,45	28,87	0,16	80,22	1.714,14	3.900,00	3.550,00	697,54	5,09
Caldeira 100mm	0,87	108,24	1,34	49,48	108,24	0,45	49,48	0,16	80,22	1.930,69	1.300,00	950,00	480,99	1,98
Caldeira 100mm co solar	0,87	108,24	1,34	27,56	108,24	0,45	21,87	0,16	80,22	1.640,50	4.000,00	3.650,00	771,17	4,73
Caldeira 50mm	0,82	108,24	1,34	52,92	108,24	0,45	52,92	0,16	80,22	1.966,84	950,00	600,00	444,84	1,35
Caldeira 50mm com solar	0,82	108,24	1,34	30,99	108,24	0,45	24,54	0,16	80,22	1.668,56	3.650,00	3.300,00	743,11	4,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	108,24	1,34	12,70	108,24	0,45	12,70	0,16	80,22	1.575,55	2.588,80	2.238,80	836,12	2,68
Solar	0,50	108,24	1,34	73,33	108,24	0,45	54,27	0,16	80,22	1.981,07	2.700,00	2.350,00	430,60	5,46

Tabela 111 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 3 do edifício localizado em S. Victor

Fração 3	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	105,95	1,52	95,25	105,95	0,51	95,25	0,16	80,22	2.382,73	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	105,95	1,52	44,83	105,95	0,51	44,83	0,16	80,22	1.963,64	1.600,00	1.250,00	419,09	2,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	105,95	1,52	22,90	105,95	0,51	18,18	0,16	80,22	1.617,71	4.300,00	3.950,00	765,02	5,16
Termoac. 50mm	0,90	105,95	1,52	47,63	105,95	0,51	47,63	0,16	80,22	1.999,98	950,00	600,00	382,75	1,57
Termoac. 50mm com solar	0,90	105,95	1,52	25,70	105,95	0,51	20,41	0,16	80,22	1.646,63	3.650,00	3.300,00	736,09	4,48
Termoac. Gás 100mm	0,80	105,95	1,52	54,43	105,95	0,51	54,43	0,16	80,22	1.953,76	1.600,00	1.250,00	428,97	2,91
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	105,95	1,52	32,50	105,95	0,51	25,70	0,16	80,22	1.651,83	4.300,00	3.950,00	730,90	5,40
Termoac. Gás 50mm	0,75	105,95	1,52	58,62	105,95	0,51	58,62	0,16	80,22	1.997,79	1.200,00	850,00	384,94	2,21
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	105,95	1,52	36,69	105,95	0,51	28,87	0,16	80,22	1.685,19	3.900,00	3.550,00	697,54	5,09
Caldeira 100mm	0,87	105,95	1,52	49,48	105,95	0,51	49,48	0,16	80,22	1.901,74	1.300,00	950,00	480,99	1,98
Caldeira 100mm co solar	0,87	105,95	1,52	27,56	105,95	0,51	21,87	0,16	80,22	1.611,56	4.000,00	3.650,00	771,17	4,73
Caldeira 50mm	0,82	105,95	1,52	52,92	105,95	0,51	52,92	0,16	80,22	1.937,89	950,00	600,00	444,84	1,35
Caldeira 50mm com solar	0,82	105,95	1,52	30,99	105,95	0,51	24,54	0,16	80,22	1.639,62	3.650,00	3.300,00	743,11	4,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	105,95	1,52	12,70	105,95	0,51	12,70	0,16	80,22	1.546,61	2.588,80	2.238,80	836,12	2,68
Solar	0,50	105,95	1,52	73,33	105,95	0,51	54,27	0,16	80,22	1.952,13	2.700,00	2.350,00	430,60	5,46

Tabela 112 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 4 do edifício localizado em S. Victor

Fração 4	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	194,34	1,50	95,25	194,34	0,50	95,25	0,16	80,22	3.529,91	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	194,34	1,50	44,83	194,34	0,50	44,83	0,16	80,22	3.110,82	1.600,00	1.250,00	419,09	2,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	194,34	1,50	22,90	194,34	0,50	18,18	0,16	80,22	2.764,89	4.300,00	3.950,00	765,02	5,16
Termoac. 50mm	0,90	194,34	1,50	47,63	194,34	0,50	47,63	0,16	80,22	3.147,16	950,00	600,00	382,75	1,57
Termoac. 50mm com solar	0,90	194,34	1,50	25,70	194,34	0,50	20,41	0,16	80,22	2.793,81	3.650,00	3.300,00	736,09	4,48
Termoac. Gás 100mm	0,80	194,34	1,50	54,43	194,34	0,50	54,43	0,16	80,22	3.100,94	1.600,00	1.250,00	428,97	2,91
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	194,34	1,50	32,50	194,34	0,50	25,70	0,16	80,22	2.799,01	4.300,00	3.950,00	730,90	5,40
Termoac. Gás 50mm	0,75	194,34	1,50	58,62	194,34	0,50	58,62	0,16	80,22	3.144,97	1.200,00	850,00	384,94	2,21
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	194,34	1,50	36,69	194,34	0,50	28,87	0,16	80,22	2.832,37	3.900,00	3.550,00	697,54	5,09
Caldeira 100mm	0,87	194,34	1,50	49,48	194,34	0,50	49,48	0,16	80,22	3.048,92	1.300,00	950,00	480,99	1,98
Caldeira 100mm co solar	0,87	194,34	1,50	27,56	194,34	0,50	21,87	0,16	80,22	2.758,74	4.000,00	3.650,00	771,17	4,73
Caldeira 50mm	0,82	194,34	1,50	52,92	194,34	0,50	52,92	0,16	80,22	3.085,07	950,00	600,00	444,84	1,35
Caldeira 50mm com solar	0,82	194,34	1,50	30,99	194,34	0,50	24,54	0,16	80,22	2.786,80	3.650,00	3.300,00	743,11	4,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	194,34	1,50	12,70	194,34	0,50	12,70	0,16	80,22	2.693,79	2.588,80	2.238,80	836,12	2,68
Solar	0,50	194,34	1,50	73,33	194,34	0,50	54,27	0,16	80,22	3.099,31	2.700,00	2.350,00	430,60	5,46

Tabela 113 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 5 do edifício localizado em S. Victor

Fração 5	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,40	142,50	1,20	99,10	142,50	0,40	99,10	0,16	77,11	2.783,93	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	142,50	1,20	46,63	142,50	0,40	46,63	0,16	77,11	2.364,65	1.600,00	1.250,00	419,28	2,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	142,50	1,20	23,83	142,50	0,40	18,91	0,16	77,11	2.018,83	4.300,00	3.950,00	765,10	5,16
Termoac. 50mm	0,90	142,50	1,20	49,55	142,50	0,40	49,55	0,16	77,11	2.401,08	950,00	600,00	382,84	1,57
Termoac. 50mm com solar	0,90	142,50	1,20	26,74	142,50	0,40	21,23	0,16	77,11	2.047,75	3.650,00	3.300,00	736,18	4,48
Termoac. Gás 100mm	0,80	142,50	1,20	56,63	142,50	0,40	56,63	0,16	77,11	2.354,92	1.600,00	1.250,00	429,01	2,91
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	142,50	1,20	33,81	142,50	0,40	26,74	0,16	77,11	2.052,94	4.300,00	3.950,00	730,99	5,40
Termoac. Gás 50mm	0,75	142,50	1,20	66,06	142,50	0,40	66,06	0,16	77,11	2.450,18	1.200,00	850,00	333,75	2,55
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	142,50	1,20	43,25	142,50	0,40	30,04	0,16	77,11	2.086,31	3.900,00	3.550,00	697,62	5,09
Caldeira 100mm	0,87	142,50	1,20	51,48	142,50	0,40	51,48	0,16	77,11	2.302,90	1.300,00	950,00	481,03	1,97
Caldeira 100mm co solar	0,87	142,50	1,20	28,67	142,50	0,40	22,75	0,16	77,11	2.012,67	4.000,00	3.650,00	771,26	4,73
Caldeira 50mm	0,82	142,50	1,20	55,05	142,50	0,40	55,05	0,16	77,11	2.338,96	950,00	600,00	444,97	1,35
Caldeira 50mm com solar	0,82	142,50	1,20	32,24	142,50	0,40	25,53	0,16	77,11	2.040,73	3.650,00	3.300,00	743,20	4,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	142,50	1,20	13,21	142,50	0,40	13,21	0,16	77,11	1.947,69	2.588,80	2.238,80	836,24	2,68
Solar	0,50	142,50	1,20	76,28	142,50	0,40	56,46	0,16	77,11	2.353,24	2.700,00	2.350,00	430,69	5,46

Tabela 114 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 6 do edifício localizado em S. Victor

Fração 6	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	104,43	1,16	84,03	104,43	0,39	84,03	0,16	90,94	2.543,34	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	104,43	1,16	39,54	104,43	0,39	39,54	0,16	90,94	2.124,08	1.600,00	1.250,00	419,27	2,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	104,43	1,16	20,20	104,43	0,39	16,04	0,16	90,94	1.778,23	4.300,00	3.950,00	765,11	5,16
Termoac. 50mm	0,90	104,43	1,16	42,01	104,43	0,39	42,01	0,16	90,94	2.160,42	950,00	600,00	382,92	1,57
Termoac. 50mm com solar	0,90	104,43	1,16	22,67	104,43	0,39	18,00	0,16	90,94	1.807,15	3.650,00	3.300,00	736,19	4,48
Termoac. Gás 100mm	0,80	104,43	1,16	48,01	104,43	0,39	48,01	0,16	90,94	2.114,23	1.600,00	1.250,00	429,11	2,91
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	104,43	1,16	28,67	104,43	0,39	22,67	0,16	90,94	1.812,34	4.300,00	3.950,00	731,00	5,40
Termoac. Gás 50mm	0,75	104,43	1,16	51,71	104,43	0,39	51,71	0,16	90,94	2.158,31	1.200,00	850,00	385,03	2,21
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	104,43	1,16	32,37	104,43	0,39	25,47	0,16	90,94	1.845,71	3.900,00	3.550,00	697,63	5,09
Caldeira 100mm	0,87	104,43	1,16	43,65	104,43	0,39	43,65	0,16	90,94	2.062,29	1.300,00	950,00	481,05	1,97
Caldeira 100mm co solar	0,87	104,43	1,16	24,31	104,43	0,39	19,29	0,16	90,94	1.772,07	4.000,00	3.650,00	771,27	4,73
Caldeira 50mm	0,82	104,43	1,16	46,68	104,43	0,39	46,68	0,16	90,94	2.098,39	950,00	600,00	444,96	1,35
Caldeira 50mm com solar	0,82	104,43	1,16	27,31	104,43	0,39	21,64	0,16	90,94	1.800,14	3.650,00	3.300,00	743,21	4,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	104,43	1,16	11,20	104,43	0,39	11,20	0,16	90,94	1.707,08	2.588,80	2.238,80	836,26	2,68
Solar	0,50	104,43	1,16	64,68	104,43	0,39	47,88	0,16	90,94	2.112,65	2.700,00	2.350,00	430,70	5,46

Tabela 115 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 7 do edifício localizado em S. Victor

Fração 7	U	Nic (kWh/m ² . ano)	Nvc (kWh/m ² . ano)	Nac (kWh/m ² . ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	106,10	1,08	84,03	106,10	0,36	84,03	0,16	90,94	2.567,52	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	106,10	1,08	39,54	106,10	0,36	39,54	0,16	90,94	2.148,26	1.600,00	1.250,00	419,27	2,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	106,10	1,08	20,20	106,10	0,36	16,04	0,16	90,94	1.802,41	4.300,00	3.950,00	765,11	5,16
Termoac. 50mm	0,90	106,10	1,08	42,01	106,10	0,36	42,01	0,16	90,94	2.184,60	950,00	600,00	382,92	1,57
Termoac. 50mm com solar	0,90	106,10	1,08	22,67	106,10	0,36	18,00	0,16	90,94	1.831,33	3.650,00	3.300,00	736,19	4,48
Termoac. Gás 100mm	0,80	106,10	1,08	48,01	106,10	0,36	48,01	0,16	90,94	2.138,41	1.600,00	1.250,00	429,11	2,91
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	106,10	1,08	28,67	106,10	0,36	22,67	0,16	90,94	1.836,52	4.300,00	3.950,00	731,00	5,40
Termoac. Gás 50mm	0,75	106,10	1,08	51,71	106,10	0,36	51,71	0,16	90,94	2.182,49	1.200,00	850,00	385,03	2,21
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	106,10	1,08	32,37	106,10	0,36	25,47	0,16	90,94	1.869,89	3.900,00	3.550,00	697,63	5,09
Caldeira 100mm	0,87	106,10	1,08	43,65	106,10	0,36	43,65	0,16	90,94	2.086,47	1.300,00	950,00	481,05	1,97
Caldeira 100mm co solar	0,87	106,10	1,08	24,31	106,10	0,36	19,29	0,16	90,94	1.796,25	4.000,00	3.650,00	771,27	4,73
Caldeira 50mm	0,82	106,10	1,08	46,68	106,10	0,36	46,68	0,16	90,94	2.122,57	950,00	600,00	444,96	1,35
Caldeira 50mm com solar	0,82	106,10	1,08	27,31	106,10	0,36	21,64	0,16	90,94	1.824,32	3.650,00	3.300,00	743,21	4,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	106,10	1,08	11,20	106,10	0,36	11,20	0,16	90,94	1.731,26	2.588,80	2.238,80	836,26	2,68
Solar	0,50	106,10	1,08	64,68	106,10	0,36	47,88	0,16	90,94	2.136,83	2.700,00	2.350,00	430,70	5,46

Tabela 116 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 8 do edifício localizado em S. Victor

Fração 8	U	Nic (kWh/m ² . ano)	Nvc (kWh/m ² . ano)	Nac (kWh/m ² . ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	157,91	1,39	84,03	157,91	0,46	84,03	0,16	90,94	3.331,38	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	157,91	1,39	39,54	157,91	0,46	39,54	0,16	90,94	2.912,11	1.600,00	1.250,00	419,27	2,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	157,91	1,39	20,20	157,91	0,46	16,04	0,16	90,94	2.566,27	4.300,00	3.950,00	765,11	5,16
Termoac. 50mm	0,90	157,91	1,39	42,01	157,91	0,46	42,01	0,16	90,94	2.948,46	950,00	600,00	382,92	1,57
Termoac. 50mm com solar	0,90	157,91	1,39	22,67	157,91	0,46	18,00	0,16	90,94	2.595,19	3.650,00	3.300,00	736,19	4,48
Termoac. Gás 100mm	0,80	157,91	1,39	48,01	157,91	0,46	48,01	0,16	90,94	2.902,27	1.600,00	1.250,00	429,11	2,91
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	157,91	1,39	28,67	157,91	0,46	22,67	0,16	90,94	2.600,38	4.300,00	3.950,00	731,00	5,40
Termoac. Gás 50mm	0,75	157,91	1,39	51,71	157,91	0,46	51,71	0,16	90,94	2.946,35	1.200,00	850,00	385,03	2,21
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	157,91	1,39	32,37	157,91	0,46	25,47	0,16	90,94	2.633,75	3.900,00	3.550,00	697,63	5,09
Caldeira 100mm	0,87	157,91	1,39	43,65	157,91	0,46	43,65	0,16	90,94	2.850,33	1.300,00	950,00	481,05	1,97
Caldeira 100mm co solar	0,87	157,91	1,39	24,31	157,91	0,46	19,29	0,16	90,94	2.560,11	4.000,00	3.650,00	771,27	4,73
Caldeira 50mm	0,82	157,91	1,39	46,68	157,91	0,46	46,68	0,16	90,94	2.886,43	950,00	600,00	444,96	1,35
Caldeira 50mm com solar	0,82	157,91	1,39	27,31	157,91	0,46	21,64	0,16	90,94	2.588,17	3.650,00	3.300,00	743,21	4,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	157,91	1,39	11,20	157,91	0,46	11,20	0,16	90,94	2.495,12	2.588,80	2.238,80	836,26	2,68
Solar	0,50	157,91	1,39	64,68	157,91	0,46	47,88	0,16	90,94	2.900,68	2.700,00	2.350,00	430,70	5,46

Tabela 117 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 1 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 1	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,40	134,97	1,14	77,06	134,97	0,38	77,06	0,16	74,37	2.379,43	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	118,26	1,23	36,26	118,26	0,41	36,26	0,16	74,37	1.864,28	1.600,00	1.250,00	515,15	2,43
Termoac. 100mm com solar	0,95	117,60	1,24	18,90	117,60	0,41	15,09	0,16	74,37	1.601,59	3.600,00	3.250,00	777,84	4,18
Termoac. 50mm	0,90	117,07	1,24	38,53	117,07	0,41	38,53	0,16	74,37	1.877,32	950,00	600,00	502,11	1,19
Termoac. 50mm com solar	0,90	0,00	0,00	21,17	0,00	0,00	16,89	0,16	74,37	203,22	2.950,00	2.600,00	2.176,21	1,19
Termoac. Gás 100mm	0,80	117,80	1,24	44,03	117,80	0,41	44,03	0,16	74,37	1.851,43	1.600,00	1.250,00	528,00	2,37
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	117,27	1,24	26,64	117,27	0,41	21,17	0,16	74,37	1.622,33	3.600,00	3.250,00	757,10	4,29
Termoac. Gás 50mm	0,75	116,94	1,24	47,42	116,94	0,41	47,42	0,16	74,37	1.874,11	1.200,00	850,00	505,32	1,68
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	0,00	0,00	30,06	0,00	0,00	23,74	0,16	74,37	231,27	3.200,00	2.850,00	2.148,16	1,33
Caldeira 100mm	0,87	123,14	1,22	40,03	123,14	0,41	40,03	0,16	74,37	1.876,64	1.300,00	950,00	502,79	1,89
Caldeira 100mm co solar	0,87	122,60	1,23	25,49	122,60	0,41	18,07	0,16	74,37	1.656,23	3.300,00	2.950,00	723,20	4,08
Caldeira 50mm	0,82	122,18	1,23	42,81	122,18	0,41	42,81	0,16	74,37	1.892,21	950,00	600,00	487,22	1,23
Caldeira 50mm com solar	0,82	0,00	0,00	25,45	0,00	0,00	20,23	0,16	74,37	197,09	2.950,00	2.600,00	2.182,34	1,19
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	111,34	1,36	10,27	111,34	0,45	10,27	0,16	74,37	1.468,80	2.588,80	2.238,80	910,63	2,46
Solar	0,50	108,83	1,36	59,50	108,83	0,45	44,29	0,16	74,37	1.746,48	2.000,00	1.650,00	632,95	2,61

Tabela 118 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 2 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 2	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	112,70	1,14	78,20	112,70	0,38	78,20	0,16	48,86	1.394,49	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	112,70	1,14	36,80	112,70	0,38	36,80	0,16	48,86	1.184,88	1.600,00	1.250,00	209,61	5,96
Termoac. 100mm com solar	0,95	112,70	1,14	19,18	112,70	0,38	15,30	0,16	48,86	1.014,92	3.300,00	2.950,00	379,57	7,77
Termoac. 50mm	0,90	112,70	1,14	39,10	112,70	0,38	39,10	0,16	48,86	1.203,07	950,00	600,00	191,42	3,13
Termoac. 50mm com solar	0,90	112,70	1,14	21,48	112,70	0,38	17,13	0,16	48,86	1.029,38	2.650,00	2.300,00	365,11	6,30
Termoac. Gás 100mm	0,80	112,70	1,14	44,68	112,70	0,38	44,68	0,16	48,86	1.179,94	1.600,00	1.250,00	214,55	5,83
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	112,70	1,14	27,06	112,70	0,38	21,47	0,16	48,86	1.031,41	3.300,00	2.950,00	363,08	8,12
Termoac. Gás 50mm	0,75	112,70	1,14	48,12	112,70	0,38	48,12	0,16	48,86	1.201,96	1.200,00	850,00	192,53	4,41
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	112,70	1,14	30,50	112,70	0,38	24,08	0,16	48,86	1.048,09	2.900,00	2.550,00	346,40	7,36
Caldeira 100mm	0,87	112,70	1,14	40,62	112,70	0,38	40,62	0,16	48,86	1.153,95	1.300,00	950,00	240,54	3,95
Caldeira 100mm co solar	0,87	112,70	1,14	23,00	112,70	0,38	18,33	0,16	48,86	1.011,27	3.000,00	2.650,00	383,22	6,92
Caldeira 50mm	0,82	112,70	1,14	43,44	112,70	0,38	43,44	0,16	48,86	1.172,00	950,00	600,00	222,49	2,70
Caldeira 50mm com solar	0,82	112,70	1,14	25,82	112,70	0,38	20,52	0,16	48,86	1.025,30	2.650,00	2.300,00	369,19	6,23
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	112,70	1,14	10,43	112,70	0,38	10,43	0,16	48,86	976,41	2.588,80	2.238,80	418,08	5,35
Solar	0,50	112,70	1,14	60,57	112,70	0,38	44,93	0,16	48,86	1.181,56	1.700,00	1.350,00	212,93	6,34

Tabela 119 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 3 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 3	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,40	107,50	1,43	78,13	107,50	0,48	78,13	0,16	122,25	3.387,02	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	107,50	1,43	36,77	107,50	0,48	36,77	0,16	122,25	2.863,10	1.600,00	1.250,00	523,92	2,39
Termoac. 100mm com solar	0,95	107,50	1,43	19,16	107,50	0,48	15,29	0,16	122,25	2.438,13	4.300,00	3.950,00	948,89	4,16
Termoac. 50mm	0,90	107,50	1,43	39,07	107,50	0,48	39,07	0,16	122,25	2.908,59	950,00	600,00	478,43	1,25
Termoac. 50mm com solar	0,90	107,50	1,43	19,81	107,50	0,48	17,11	0,16	122,25	2.474,28	3.650,00	3.300,00	912,74	3,62
Termoac. Gás 100mm	0,80	107,50	1,43	44,65	107,50	0,48	44,65	0,16	122,25	2.850,84	1.600,00	1.250,00	536,17	2,33
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	107,50	1,43	27,04	107,50	0,48	21,45	0,16	122,25	2.479,36	4.300,00	3.950,00	907,66	4,35
Termoac. Gás 50mm	0,75	107,50	1,43	48,08	107,50	0,48	48,08	0,16	122,25	2.905,77	1.200,00	850,00	481,24	1,77
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	107,50	1,43	30,47	107,50	0,48	24,06	0,16	122,25	2.521,07	3.900,00	3.550,00	865,95	4,10
Caldeira 100mm	0,87	107,50	1,43	40,59	107,50	0,48	40,59	0,16	122,25	2.785,82	1.300,00	950,00	601,19	1,58
Caldeira 100mm co solar	0,87	107,50	1,43	22,98	107,50	0,48	18,31	0,16	122,25	2.429,02	4.000,00	3.650,00	958,00	3,81
Caldeira 50mm	0,82	107,50	1,43	43,41	107,50	0,48	43,41	0,16	122,25	2.830,98	950,00	600,00	556,03	1,08
Caldeira 50mm com solar	0,82	107,50	1,43	25,80	107,50	0,48	20,50	0,16	122,25	2.464,10	3.650,00	3.300,00	922,92	3,58
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	107,50	1,43	10,42	107,50	0,48	10,42	0,16	122,25	2.341,89	2.588,80	2.238,80	1.045,12	2,14
Solar	0,50	107,50	1,43	55,87	107,50	0,48	44,89	0,16	122,25	2.854,74	2.700,00	2.350,00	532,28	4,41

Tabela 120 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS nas Frações 4 e 7 do edifício localizado em S. Lázaro

Frações 4 e 7	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,40	98,79	1,22	77,06	98,79	0,41	77,06	0,16	74,37	1.944,39	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	98,79	1,22	36,26	98,79	0,41	36,26	0,16	74,37	1.629,96	1.600,00	1.250,00	314,44	3,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	98,79	1,22	18,90	98,79	0,41	15,09	0,16	74,37	1.375,17	3.600,00	3.250,00	569,23	5,71
Termoac. 50mm	0,90	98,79	1,22	38,53	98,79	0,41	38,53	0,16	74,37	1.657,27	950,00	600,00	287,12	2,09
Termoac. 50mm com solar	0,90	98,79	1,22	21,17	98,79	0,41	28,30	0,16	74,37	1.534,23	2.950,00	2.600,00	410,16	6,34
Termoac. Gás 100mm	0,80	98,79	1,22	44,03	98,79	0,41	44,03	0,16	74,37	1.622,60	1.600,00	1.250,00	321,79	3,88
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	98,79	1,22	26,64	98,79	0,41	34,01	0,16	74,37	1.525,01	3.600,00	3.250,00	419,39	7,75
Termoac. Gás 50mm	0,75	98,79	1,22	47,42	98,79	0,41	47,42	0,16	74,37	1.655,63	1.200,00	850,00	288,77	2,94
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	98,79	1,22	30,06	98,79	0,41	37,44	0,16	74,37	1.558,38	3.200,00	2.850,00	386,02	7,38
Caldeira 100mm	0,87	98,79	1,22	40,03	98,79	0,41	40,03	0,16	74,37	1.583,63	1.300,00	950,00	360,76	2,63
Caldeira 100mm co solar	0,87	98,79	1,22	25,49	98,79	0,41	29,88	0,16	74,37	1.484,74	3.300,00	2.950,00	459,66	6,42
Caldeira 50mm	0,82	98,79	1,22	42,81	98,79	0,41	42,81	0,16	74,37	1.610,72	950,00	600,00	333,68	1,80
Caldeira 50mm com solar	0,82	98,79	1,22	25,45	98,79	0,41	32,76	0,16	74,37	1.512,80	2.950,00	2.600,00	431,59	6,02
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	98,79	1,22	10,27	98,79	0,41	10,27	0,16	74,37	1.317,22	2.588,80	2.238,80	627,18	3,57
Solar	0,50	98,79	1,22	59,50	98,79	0,41	44,29	0,16	74,37	1.625,11	2.000,00	1.650,00	319,29	5,17

Tabela 121 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS nas Frações 5 e 8 do edifício localizado em S. Lázaro

Frações 5 e 8	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	66,10	1,55	78,20	66,10	0,52	78,20	0,16	48,86	1.027,17	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	66,10	1,55	36,80	66,10	0,52	36,80	0,16	48,86	817,57	1.600,00	1.250,00	209,61	5,96
Termoac. 100mm com solar	0,95	66,10	1,55	19,18	66,10	0,52	15,30	0,16	48,86	647,60	3.300,00	2.950,00	379,57	7,77
Termoac. 50mm	0,90	66,10	1,55	39,10	66,10	0,52	39,10	0,16	48,86	835,75	950,00	600,00	191,42	3,13
Termoac. 50mm com solar	0,90	66,10	1,55	21,48	66,10	0,52	17,13	0,16	48,86	662,06	2.650,00	2.300,00	365,11	6,30
Termoac. Gás 100mm	0,80	66,10	1,55	44,68	66,10	0,52	44,68	0,16	48,86	812,62	1.600,00	1.250,00	214,55	5,83
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	66,10	1,55	27,06	66,10	0,52	21,47	0,16	48,86	664,09	3.300,00	2.950,00	363,08	8,12
Termoac. Gás 50mm	0,75	66,10	1,55	48,12	66,10	0,52	48,12	0,16	48,86	834,64	1.200,00	850,00	192,53	4,41
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	66,10	1,55	30,50	66,10	0,52	24,08	0,16	48,86	680,77	2.900,00	2.550,00	346,40	7,36
Caldeira 100mm	0,87	66,10	1,55	40,62	66,10	0,52	40,62	0,16	48,86	786,64	1.300,00	950,00	240,54	3,95
Caldeira 100mm co solar	0,87	66,10	1,55	23,00	66,10	0,52	18,33	0,16	48,86	643,95	3.000,00	2.650,00	383,22	6,92
Caldeira 50mm	0,82	66,10	1,55	43,44	66,10	0,52	43,44	0,16	48,86	804,69	950,00	600,00	222,49	2,70
Caldeira 50mm com solar	0,82	66,10	1,55	25,82	66,10	0,52	20,52	0,16	48,86	657,99	2.650,00	2.300,00	369,19	6,23
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	66,10	1,55	10,43	66,10	0,52	10,43	0,16	48,86	609,10	2.588,80	2.238,80	418,08	5,35
Solar	0,50	66,10	1,55	60,57	66,10	0,52	44,93	0,16	48,86	814,24	1.700,00	1.350,00	212,93	6,34

Tabela 122 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS nas Frações 6 e 9 do edifício localizado em S. Lázaro

Frações 6 e 9	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,40	69,67	1,43	78,13	69,67	0,48	78,13	0,16	122,25	2.638,74	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	69,67	1,43	36,77	69,67	0,48	36,77	0,16	122,25	2.114,82	1.600,00	1.250,00	523,92	2,39
Termoac. 100mm com solar	0,95	69,67	1,43	19,16	69,67	0,48	15,29	0,16	122,25	1.689,85	4.300,00	3.950,00	948,89	4,16
Termoac. 50mm	0,90	69,67	1,43	39,07	69,67	0,48	39,07	0,16	122,25	2.160,31	950,00	600,00	478,43	1,25
Termoac. 50mm com solar	0,90	69,67	1,43	19,81	69,67	0,48	17,11	0,16	122,25	1.726,00	3.650,00	3.300,00	912,74	3,62
Termoac. Gás 100mm	0,80	69,67	1,43	44,65	69,67	0,48	44,65	0,16	122,25	2.102,56	1.600,00	1.250,00	536,17	2,33
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	69,67	1,43	27,04	69,67	0,48	21,45	0,16	122,25	1.731,08	4.300,00	3.950,00	907,66	4,35
Termoac. Gás 50mm	0,75	69,67	1,43	48,08	69,67	0,48	48,08	0,16	122,25	2.157,49	1.200,00	850,00	481,24	1,77
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	69,67	1,43	30,47	69,67	0,48	24,06	0,16	122,25	1.772,79	3.900,00	3.550,00	865,95	4,10
Caldeira 100mm	0,87	69,67	1,43	40,59	69,67	0,48	40,59	0,16	122,25	2.037,54	1.300,00	950,00	601,19	1,58
Caldeira 100mm co solar	0,87	69,67	1,43	22,98	69,67	0,48	18,31	0,16	122,25	1.680,74	4.000,00	3.650,00	958,00	3,81
Caldeira 50mm	0,82	69,67	1,43	43,41	69,67	0,48	43,41	0,16	122,25	2.082,70	950,00	600,00	556,03	1,08
Caldeira 50mm com solar	0,82	69,67	1,43	25,80	69,67	0,48	20,50	0,16	122,25	1.715,82	3.650,00	3.300,00	922,92	3,58
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	69,67	1,43	10,42	69,67	0,48	10,42	0,16	122,25	1.593,61	2.588,80	2.238,80	1.045,12	2,14
Solar	0,50	69,67	1,43	55,87	69,67	0,48	44,89	0,16	122,25	2.106,46	2.700,00	2.350,00	532,28	4,41

Tabela 123 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 10 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 10	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,40	100,40	1,24	77,06	100,40	0,41	77,06	0,16	74,37	1.963,85	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	100,40	1,42	36,26	100,40	0,47	36,26	0,16	74,37	1.650,13	1.600,00	1.250,00	313,71	3,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	100,40	1,43	18,90	100,40	0,48	15,09	0,16	74,37	1.395,38	3.600,00	3.250,00	568,46	5,72
Termoac. 50mm	0,90	100,40	1,44	38,53	100,40	0,48	38,53	0,16	74,37	1.677,53	950,00	600,00	286,32	2,10
Termoac. 50mm com solar	0,90	100,40	0,00	21,17	100,40	0,00	16,89	0,16	74,37	1.411,34	2.950,00	2.600,00	552,51	4,71
Termoac. Gás 100mm	0,80	100,40	1,43	44,03	100,40	0,48	44,03	0,16	74,37	1.642,82	1.600,00	1.250,00	321,03	3,89
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	100,40	1,44	26,64	100,40	0,48	21,17	0,16	74,37	1.420,14	3.600,00	3.250,00	543,71	5,98
Termoac. Gás 50mm	0,75	100,40	1,45	47,42	100,40	0,48	47,42	0,16	74,37	1.675,92	1.200,00	850,00	287,92	2,95
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	100,40	0,00	30,06	100,40	0,00	23,74	0,16	74,37	1.439,39	3.200,00	2.850,00	524,46	5,43
Caldeira 100mm	0,87	100,40	1,33	40,03	100,40	0,44	40,03	0,16	74,37	1.603,45	1.300,00	950,00	360,40	2,64
Caldeira 100mm co solar	0,87	100,40	1,34	25,49	100,40	0,45	18,07	0,16	74,37	1.389,53	3.300,00	2.950,00	574,31	5,14
Caldeira 50mm	0,82	100,40	1,35	42,81	100,40	0,45	42,81	0,16	74,37	1.630,61	950,00	600,00	333,24	1,80
Caldeira 50mm com solar	0,82	100,40	0,00	25,45	100,40	0,00	20,23	0,16	74,37	1.405,21	2.950,00	2.600,00	558,64	4,65
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	100,40	1,28	10,27	100,40	0,43	10,27	0,16	74,37	1.336,83	2.588,80	2.238,80	627,01	3,57
Solar	0,50	100,40	1,28	59,50	100,40	0,43	44,29	0,16	74,37	1.644,72	2.000,00	1.650,00	319,12	5,17

Tabela 124 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 11 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 11	U	Nic (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	86,70	1,26	78,20	86,70	0,42	78,20	0,16	48,86	1.189,26	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	86,70	1,26	36,80	86,70	0,42	36,80	0,16	48,86	979,66	1.600,00	1.250,00	209,61	5,96
Termoac. 100mm com solar	0,95	86,70	1,26	19,18	86,70	0,42	15,30	0,16	48,86	809,69	3.300,00	2.950,00	379,57	7,77
Termoac. 50mm	0,90	86,70	1,26	39,10	86,70	0,42	39,10	0,16	48,86	997,84	950,00	600,00	191,42	3,13
Termoac. 50mm com solar	0,90	86,70	1,26	21,48	86,70	0,42	17,13	0,16	48,86	824,15	2.650,00	2.300,00	365,11	6,30
Termoac. Gás 100mm	0,80	86,70	1,26	44,68	86,70	0,42	44,68	0,16	48,86	974,71	1.600,00	1.250,00	214,55	5,83
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	86,70	1,26	27,06	86,70	0,42	21,47	0,16	48,86	826,18	3.300,00	2.950,00	363,08	8,12
Termoac. Gás 50mm	0,75	86,70	1,26	48,12	86,70	0,42	48,12	0,16	48,86	996,73	1.200,00	850,00	192,53	4,41
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	86,70	1,26	30,50	86,70	0,42	24,08	0,16	48,86	842,86	2.900,00	2.550,00	346,40	7,36
Caldeira 100mm	0,87	86,70	1,26	40,62	86,70	0,42	40,62	0,16	48,86	948,73	1.300,00	950,00	240,54	3,95
Caldeira 100mm co solar	0,87	86,70	1,26	23,00	86,70	0,42	18,33	0,16	48,86	806,04	3.000,00	2.650,00	383,22	6,92
Caldeira 50mm	0,82	86,70	1,26	43,44	86,70	0,42	43,44	0,16	48,86	966,78	950,00	600,00	222,49	2,70
Caldeira 50mm com solar	0,82	86,70	1,26	25,82	86,70	0,42	20,52	0,16	48,86	820,08	2.650,00	2.300,00	369,19	6,23
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	86,70	1,26	10,43	86,70	0,42	10,43	0,16	48,86	771,19	2.588,80	2.238,80	418,08	5,35
Solar	0,50	86,70	1,26	60,57	86,70	0,42	44,93	0,16	48,86	976,33	1.700,00	1.350,00	212,93	6,34

Tabela 125 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 12 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 12	U	Nic (kWh/m ² . ano)	Nvc (kWh/m ² . ano)	Nac (kWh/m ² . ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,40	89,81	1,39	78,13	89,81	0,46	78,13	0,16	122,25	3.036,84	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	89,81	1,39	36,77	89,81	0,46	36,77	0,16	122,25	2.512,92	1.600,00	1.250,00	523,92	2,39
Termoac. 100mm com solar	0,95	89,81	1,39	19,16	89,81	0,46	15,29	0,16	122,25	2.087,95	4.300,00	3.950,00	948,89	4,16
Termoac. 50mm	0,90	89,81	1,39	39,07	89,81	0,46	39,07	0,16	122,25	2.558,42	950,00	600,00	478,43	1,25
Termoac. 50mm com solar	0,90	89,81	1,39	19,81	89,81	0,46	17,11	0,16	122,25	2.124,11	3.650,00	3.300,00	912,74	3,62
Termoac. Gás 100mm	0,80	89,81	1,39	44,65	89,81	0,46	44,65	0,16	122,25	2.500,67	1.600,00	1.250,00	536,17	2,33
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	89,81	1,39	27,04	89,81	0,46	21,45	0,16	122,25	2.129,18	4.300,00	3.950,00	907,66	4,35
Termoac. Gás 50mm	0,75	89,81	1,39	48,08	89,81	0,46	48,08	0,16	122,25	2.555,60	1.200,00	850,00	481,24	1,77
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	89,81	1,39	30,47	89,81	0,46	24,06	0,16	122,25	2.170,89	3.900,00	3.550,00	865,95	4,10
Caldeira 100mm	0,87	89,81	1,39	40,59	89,81	0,46	40,59	0,16	122,25	2.435,65	1.300,00	950,00	601,19	1,58
Caldeira 100mm co solar	0,87	89,81	1,39	22,98	89,81	0,46	18,31	0,16	122,25	2.078,85	4.000,00	3.650,00	958,00	3,81
Caldeira 50mm	0,82	89,81	1,39	43,41	89,81	0,46	43,41	0,16	122,25	2.480,81	950,00	600,00	556,03	1,08
Caldeira 50mm com solar	0,82	89,81	1,39	25,80	89,81	0,46	20,50	0,16	122,25	2.113,93	3.650,00	3.300,00	922,92	3,58
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	89,81	1,39	10,42	89,81	0,46	10,42	0,16	122,25	1.991,72	2.588,80	2.238,80	1.045,12	2,14
Solar	0,50	89,81	1,39	55,87	89,81	0,46	44,89	0,16	122,25	2.504,56	2.700,00	2.350,00	532,28	4,41

Tabela 126 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 13 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 13	U	Nic (kWh/m ² . ano)	Nvc (kWh/m ² . ano)	Nac (kWh/m ² . ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	165,56	1,47	66,90	165,56	0,49	66,90	0,16	114,22	4.069,75	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	165,56	1,47	31,48	165,56	0,49	31,48	0,16	114,22	3.650,51	1.600,00	1.250,00	419,24	2,98
Termoac. 100mm com solar	0,95	165,56	1,47	16,41	165,56	0,49	13,09	0,16	114,22	3.310,67	4.300,00	3.950,00	759,08	5,20
Termoac. 50mm	0,90	165,56	1,47	33,45	165,56	0,49	33,45	0,16	114,22	3.686,92	950,00	600,00	382,83	1,57
Termoac. 50mm com solar	0,90	165,56	1,47	18,37	165,56	0,49	14,33	0,16	114,22	3.333,61	3.650,00	3.300,00	736,14	4,48
Termoac. Gás 100mm	0,80	165,56	1,47	38,32	165,56	0,49	38,32	0,16	114,22	3.642,11	1.600,00	1.250,00	427,64	2,92
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	165,56	1,47	23,15	165,56	0,49	18,05	0,16	114,22	3.338,80	4.300,00	3.950,00	730,95	5,40
Termoac. Gás 50mm	0,75	165,56	1,47	41,17	165,56	0,49	41,17	0,16	114,22	3.684,76	1.200,00	850,00	384,99	2,21
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	165,56	1,47	26,09	165,56	0,49	20,28	0,16	114,22	3.372,16	3.900,00	3.550,00	697,58	5,09
Caldeira 100mm	0,87	165,56	1,47	34,75	165,56	0,49	34,75	0,16	114,22	3.588,69	1.300,00	950,00	481,05	1,97
Caldeira 100mm co solar	0,87	165,56	1,47	19,68	165,56	0,49	15,36	0,16	114,22	3.298,53	4.000,00	3.650,00	771,22	4,73
Caldeira 50mm	0,82	165,56	1,47	31,14	165,56	0,49	31,14	0,16	114,22	3.534,68	950,00	600,00	535,07	1,12
Caldeira 50mm com solar	0,82	165,56	1,47	22,09	165,56	0,49	17,23	0,16	114,22	3.326,59	3.650,00	3.300,00	743,16	4,44
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	165,56	1,47	8,92	165,56	0,49	8,92	0,16	114,22	3.233,58	2.588,80	2.238,80	836,16	2,68
Solar	0,50	165,56	1,47	51,82	165,56	0,49	38,44	0,16	114,22	3.643,95	2.700,00	2.350,00	425,80	5,52

Tabela 127 - Resultados do impacto das propostas de melhoria nos sistemas de preparação de AQS na Fração 14 do edifício localizado em S. Lázaro

Fração 14	U	Nic (kWh/m ² . ano)	Nvc (kWh/m ² . ano)	Nac (kWh/m ² . ano)	Nic /1	Nvc/3	Nac	Custo da energia (€/kWh)	Área útil (m ²)	Cexp	Custo da medida (€)	Ca	P1	PRS (anos)
Inicial	0,50	177,47	1,39	84,47	177,47	0,46	84,47	0,16	110,46	4.402,40	350,00			
Termoac. 100mm	0,95	177,47	1,39	40,69	177,47	0,46	40,69	0,16	110,46	3.907,33	1.600,00	1.250,00	495,07	2,52
Termoac. 100mm com solar	0,95	177,47	1,39	21,20	177,47	0,46	16,95	0,16	110,46	3.482,96	4.300,00	3.950,00	919,45	4,30
Termoac. 50mm	0,90	177,47	1,39	43,24	177,47	0,46	43,24	0,16	110,46	3.952,90	950,00	600,00	449,50	1,33
Termoac. 50mm com solar	0,90	177,47	1,39	23,74	177,47	0,46	18,97	0,16	110,46	3.519,13	3.650,00	3.300,00	883,27	3,74
Termoac. Gás 100mm	0,80	177,47	1,39	49,41	177,47	0,46	49,41	0,16	110,46	3.895,08	1.600,00	1.250,00	507,33	2,46
Termoac. Gás 100mm com solar	0,80	177,47	1,39	29,92	177,47	0,46	23,78	0,16	110,46	3.524,17	4.300,00	3.950,00	878,24	4,50
Termoac. Gás 50mm	0,75	177,47	1,39	53,21	177,47	0,46	53,21	0,16	110,46	3.950,06	1.200,00	850,00	452,34	1,88
Termoac. Gás 50mm com solar	0,75	177,47	1,39	33,72	177,47	0,46	26,66	0,16	110,46	3.565,91	3.900,00	3.550,00	836,50	4,24
Caldeira 100mm	0,87	177,47	1,39	44,92	177,47	0,46	44,92	0,16	110,46	3.830,10	1.300,00	950,00	572,30	1,66
Caldeira 100mm co solar	0,87	177,47	1,39	25,43	177,47	0,46	20,30	0,16	110,46	3.473,79	4.000,00	3.650,00	928,62	3,93
Caldeira 50mm	0,82	177,47	1,39	48,04	177,47	0,46	48,04	0,16	110,46	3.875,25	950,00	600,00	527,15	1,14
Caldeira 50mm com solar	0,82	177,47	1,39	28,55	177,47	0,46	22,72	0,16	110,46	3.508,89	3.650,00	3.300,00	893,51	3,69
Bomba de calor Aqs COP3	3,00	177,47	1,39	11,53	177,47	0,46	11,53	0,16	110,46	3.386,17	2.588,80	2.238,80	1.016,23	2,20
Solar	0,50	177,47	1,39	66,98	177,47	0,46	49,74	0,16	110,46	3.899,84	2.700,00	1.100,00	502,57	2,19