

# REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

Humberto Gomes da Silva, aluno n.º 1070052

Orientador: Eng.<sup>a</sup> Eunice Maria Vilaverde Fontão

Outubro 2014



## AGRADECIMENTOS

---

Manifesto a minha gratidão à Professora Eunice Maria Vilaverde Fontão pela orientação prestada ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Um especial agradecimento à minha família e amigos pelo incondicional apoio e paciência.

## Reabilitação energética de edifícios

### **PALAVRAS-CHAVE**

---

Reabilitação energética, eficiência energética, sustentabilidade

### **RESUMO**

---

A reabilitação é uma intervenção que confere ao edifício uma qualidade superior à que possuía aquando da sua construção. Desta forma, e com a entrada em vigor em final de 2013 da nova legislação referente à certificação energética dos edifícios, surge novamente o interesse na temática de reabilitar energeticamente o parque habitacional. Esta nova legislação aparece na sequência das novas exigências da Comissão Europeia e do Parlamento Europeu face às alterações climáticas e consequentemente, em relação à eficiência energética.

A reabilitação energética de edifícios, visa principalmente a melhoria das condições de conforto térmico, a redução dos consumos energéticos com aquecimento, arrefecimento e as águas quentes sanitárias.

Tais melhorias são alcançáveis com intervenções que se foquem na envolvente dos edifícios, com a aplicação de sistemas de alta eficiência para o aquecimento, arrefecimento, iluminação e águas quentes sanitárias e com a integração de fontes de energias renováveis. Assim é possível alcançar edifícios com necessidades nulas ou quase nulas de energia, tal como exigem as metas impostas a nível europeu.

# Reabilitação energética de edifícios

## KEYWORDS

---

Energy rehabilitation, energy efficiency, sustainability

## ABSTRACT

---

The rehabilitation is an intervention that gives the building a higher quality comparing to the one that it had just after its construction. Thus, with the arriving in late 2013 of new legislation regarding energy certification of buildings, comes again the interest in the subject of energy rehabilitating of the housing stock. This new legislation appears in the sequence of the new requirements of the European Commission and the European Parliament addressing climate changes and consequently, in relation to energy efficiency.

The energy rehabilitation of buildings, mainly aimed at improving conditions for thermal comfort, to reduce energy consumption for heating, cooling and domestic hot water supply.

Such improvements are achievable with interventions that focus on the building envelope, with the application of high-efficiency systems for heating, cooling, lighting and domestic hot water supply and the integration of renewable energies. So it is possible to achieve net or near zero energy buildings, as establishing targets imposed by European Commission and the European Parliament.



## ÍNDICE GERAL

---

AGRADECIMENTOS .....	iii
PALAVRAS-CHAVE.....	v
RESUMO.....	v
KEYWORDS.....	vii
ABSTRACT .....	vii
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Objetivo.....	5
1.2 Estrutura e organização da dissertação .....	5
2 Revisão do estado da arte .....	7
2.1 Parque habitacional edificado em Portugal .....	8
2.2 Consumo de energia no sector doméstico.....	10
2.3 Legislação aplicável no âmbito da certificação energética de edifícios.....	13
2.3.1 Descrição da atual legislação referente ao sistema nacional de certificação energética dos edifícios.....	15
2.4 Construção sustentável .....	18
2.5 Edifícios com necessidades quase nulas de energia.....	21
3 Medidas de reabilitação energética em edifícios de habitação existentes .....	23
3.1 Reabilitação térmica através da envolvente exterior do edifício.....	23
3.1.1 Paredes exteriores .....	24
3.1.1.1 Soluções de isolamento térmico exterior.....	25
3.1.1.1.1 Revestimentos independentes com interposição de um isolante térmico no espaço de ar .....	26
3.1.1.1.2 Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior .....	27
3.1.1.1.3 Revestimentos isolantes .....	28
3.1.1.2 Soluções de isolamento térmico pelo interior.....	30
3.1.1.2.1 Painéis pré-fabricados .....	30
3.1.1.2.2 Contra-fachada .....	31

## Reabilitação energética de edifícios

3.1.1.3	Soluções de isolamento térmico injetado na caixa-de-ar de paredes duplas..	31
3.1.1.4	Paredes exteriores existentes aplicando as soluções de reabilitação térmica.	32
3.1.2	Reabilitação térmica de pavimentos.....	38
3.1.2.1	Pavimentos existentes aplicando as soluções de reabilitação térmica.....	39
3.1.3	Reabilitação térmica de coberturas.....	42
3.1.3.1	Coberturas inclinadas.....	43
3.1.3.2	Coberturas horizontais.....	45
3.1.3.2.1	Isolamento térmico superior.....	46
3.1.3.2.2	Isolamento térmico intermédio.....	49
3.1.3.2.3	Isolamento térmico inferior.....	49
3.1.3.3	Coberturas existentes aplicando as soluções de reabilitação térmica.....	50
3.1.4	Reabilitação térmica de vãos envidraçados.....	55
3.2	Soluções ativas na reabilitação.....	56
3.3	Reabilitação energética dos sistemas e instalações.....	56
3.3.1	Iluminação.....	56
3.3.2	Sistemas de climatização.....	57
3.3.3	Equipamentos para produção de águas quentes sanitárias.....	58
3.4	Medidas mais e as menos comuns aplicadas em reabilitação.....	59
4	Caso de estudo.....	61
4.1	O estado atual do edifício.....	61
4.1.1	Descrição das paredes.....	64
4.1.1.1	Exteriores.....	64
4.1.1.2	Interiores.....	64
4.1.2	Descrição da estrutura do edifício.....	64

## Reabilitação energética de edifícios

4.1.2.1	Pavimentos e tetos .....	64
4.1.2.2	Padieiras, beirais, vigas, pilares e sapatas .....	65
4.1.2.3	Cobertura.....	65
4.1.3	Descrição dos revestimentos .....	65
4.1.3.1	Cobertura.....	65
4.1.3.2	Paredes.....	66
4.1.3.3	Pavimentos.....	66
4.1.4	Descrição dos envidraçados .....	67
4.1.5	Descrição das portas exteriores .....	68
4.2	Avaliação do edifício atual segundo o Decreto-Lei n.º 118/2013 e respetivas portarias .....	68
4.2.1	Determinação das envolventes da habitação.....	69
4.2.2	Levantamento dimensional.....	72
4.2.2.1	Pé-direito .....	72
4.2.2.2	Área útil de pavimento.....	72
4.2.2.3	Área de envidraçados .....	73
4.2.2.4	Área de paredes em contacto com o exterior e área de pontes térmicas planas nas mesmas.....	75
4.2.2.5	Área de paredes em contacto com espaços interiores não aquecidos/ espaços não uteis .....	78
4.2.2.6	Área de pavimento em contacto com espaços interiores não aquecidos/ espaços não uteis .....	80
4.2.2.6.1	Teto em contacto com desvão de cobertura .....	80
4.2.2.6.2	Pavimento sobre garagem .....	80
4.2.2.7	Área de pavimento em contacto com o solo.....	81
4.2.2.8	Determinação dos comprimentos das pontes térmicas lineares .....	82

## Reabilitação energética de edifícios

4.2.2.8.1	Ligação fachada com pavimento térreo.....	84
4.2.2.8.2	Ligação fachada com pavimento sobre local não aquecido, garagem ..	84
4.2.2.8.3	Ligação fachada com pavimento de nível intermédio .....	84
4.2.2.8.4	Ligação fachada com cobertura .....	85
4.2.2.8.5	Ligação de duas paredes verticais em ângulo saliente .....	85
4.2.2.8.6	Ligação fachada com caixilharia.....	85
4.2.3	Zonamento climático .....	86
4.2.3.1	Parâmetros climáticos .....	86
4.2.3.1.1	Altitude do local da habitação.....	86
4.2.3.1.2	Estação de aquecimento .....	87
4.2.3.1.3	Estação de arrefecimento.....	88
4.2.4	Parâmetros térmicos.....	90
4.2.4.1	Coeficiente de redução de perdas de elementos em contacto com espaços não úteis .....	90
4.2.4.1.1	Varanda .....	90
4.2.4.1.2	Desvão de cobertura.....	91
4.2.4.1.3	Garagem.....	91
4.2.4.2	Coeficientes de transmissão térmica superficial .....	93
4.2.4.2.1	Determinação das resistências e condutibilidades térmicas .....	93
4.2.4.2.1.1	Resistência térmica superficial interior e exterior .....	93
4.2.4.2.1.2	Resistência térmica de camadas .....	94
4.2.4.2.1.3	Condutibilidade térmica de materiais constituintes de camadas .....	95
4.2.4.2.2	Paredes exteriores .....	97
4.2.4.2.2.1	Parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas.....	97
4.2.4.2.2.2	Parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha .....	99
4.2.4.2.3	Envolvente opaca em contacto com ENU .....	101
4.2.4.2.3.1	Paredes entre a cozinha e <i>ENUvaranda</i> e entre quarto de banho privativo e <i>ENUvaranda</i> .....	101
4.2.4.2.3.2	Pontes térmicas planas na parede entre a cozinha e <i>ENUvaranda</i> (padieira da porta) e viga em contacto com <i>ENUcobertura</i> .....	101

## Reabilitação energética de edifícios

4.2.4.2.3.3	Pavimento sobre <i>ENUgaragem</i> .....	102
4.2.4.2.3.4	Teto em contacto com <i>ENUCobertura</i> .....	104
4.2.4.2.4	Envidraçados .....	105
4.2.4.2.4.1	Envidraçados exteriores dos quartos, sala e cozinha .....	105
4.2.4.2.4.2	Envidraçados exteriores dos quartos de banho, a porta cozinha para o exterior e envidraçado do vestíbulo).....	106
4.2.4.2.4.3	Envidraçados em contacto com ENU (porta da cozinha para varanda) 106	
4.2.4.2.5	Pavimentos em contacto com o solo.....	107
4.2.4.2.5.1	Pavimento sobre solo em zona de quarto 1 .....	108
4.2.4.2.5.2	Pavimento sobre solo nas restantes zonas .....	110
4.2.4.3	Coefficientes de transmissão térmicas lineares .....	110
4.2.4.3.1	Ligação fachada com pavimento térreo .....	110
4.2.4.3.2	Ligação fachada com pavimento sobre local não aquecido (garagem)110	
4.2.4.3.3	Ligação fachada com cobertura.....	111
4.2.4.3.4	Ligação fachada com pavimento de nível intermédio.....	111
4.2.4.3.5	Ligação de duas paredes verticais em ângulo saliente.....	111
4.2.4.3.6	Ligação fachada com caixilharia.....	111
4.2.4.4	Fatores solares de vãos envidraçados .....	111
4.2.4.4.1	Fator de orientação para as diferentes exposições .....	111
4.2.4.4.2	Fator solar do vidro.....	111
4.2.4.4.3	Fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar.....	112
4.2.4.4.4	Fator solar global.....	113
4.2.4.4.5	Fator solar do vão envidraçado na estação de aquecimento .....	113
4.2.4.4.6	Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento.....	114
4.2.4.4.6.1	Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes .....	114
4.2.4.4.6.2	Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativos.....	115
4.2.4.4.7	Fator de obstrução da radiação solar .....	115
4.2.4.4.7.1	Fator de sombreamento do horizonte por obstruções .....	116
4.2.4.4.7.2	Envidraçados orientados a Norte .....	116

## Reabilitação energética de edifícios

4.2.4.4.7.3	Ângulos $\alpha$ para determinação dos fatores de sombreamento do elementos horizontais .....	117
4.2.4.4.7.4	Ângulos $\beta$ para determinação dos fatores de sombreamento do elementos verticais.....	120
4.2.4.4.8	Fração envidraçada .....	121
4.2.4.5	Fatores relacionados com a envolvente opaca.....	121
4.2.4.5.1	Envolvente opaca orientada a Norte.....	122
4.2.4.5.2	Fator de sombreamento do horizonte por obstruções.....	122
4.2.4.5.2.1	Estação de arrefecimento .....	122
4.2.4.5.2.2	Estação de aquecimento.....	122
4.2.4.5.3	Fator de sombreamento do elementos horizontais .....	123
4.2.4.5.3.1	Envolvente opaca orientada a Este .....	123
4.2.4.5.3.2	Envolvente opaca orientada a Sul .....	124
4.2.4.5.3.3	Envolvente opaca orientada a Oeste.....	125
4.2.4.5.3.4	Ângulos $\beta$ para determinação dos fatores de sombreamento do elementos verticais.....	126
4.2.4.6	Inércia térmica.....	127
4.2.4.6.1	Massa superficial útil de elementos de construção .....	128
4.2.4.6.1.1	Elementos da envolvente exterior ou da envolvente interior, ou elementos de construção em contacto com outra fração autónoma ou com edifício adjacente .....	128
4.2.4.6.1.2	Elementos em contacto com o solo .....	129
4.2.4.6.1.3	Elementos de compartimentação interior da fração autónoma .....	129
4.2.4.6.2	Fator de redução da massa superficial .....	129
4.2.4.6.2.1	$r$ de elementos EL1.....	130
4.2.4.6.2.2	$r$ de elementos EL2.....	131
4.2.4.6.2.3	$r$ de elementos EL3.....	131
4.2.5	Taxa de renovação do ar .....	133
4.2.6	Preparação de águas quentes sanitárias .....	134
4.2.6.1	Consumo médio diário de referência.....	135
4.2.7	Necessidades de energia .....	137
5	Reabilitação energética do edifício em estudo .....	139

## Reabilitação energética de edifícios

5.1	Medidas de reabilitação energética propostas .....	139
5.1.1	Medida de melhoria 1 - ETICS nas paredes exteriores e em contacto com ENUvaranda .....	139
5.1.1.1	Parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas após medida 1 ....	140
5.1.1.1.1	Ponte térmica plana na parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas após medida 1.....	140
5.1.1.2	Parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha e paredes entre a cozinha e ENUvaranda e entre quarto de banho privativo e ENUvaranda após medida 1.....	141
5.1.1.2.1	Ponte térmica plana na parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha e nas paredes entre a cozinha e ENUvaranda e entre quarto de banho privativo e ENUvaranda após medida 1 .....	142
5.1.2	Medida de melhoria 2 - Aplicação de isolamento sobre os pavimentos .....	143
5.1.2.1	Pavimento sobre solo em zona de quarto 1 após medida 2.....	144
5.1.2.2	Pavimento sobre solo nas restantes zonas após medida 2.....	145
5.1.2.3	Pavimento sobre ENUgaragem em zona de quartos após medida 2 .....	145
5.1.2.4	Pavimento sobre ENUgaragem nas restantes zonas após medida 2.....	146
5.1.2.5	Alterações no levantamento dimensional após medida 2.....	147
5.1.2.5.1	Áreas de envidraçados alteradas devido à medida de melhoria 2.....	147
5.1.2.5.2	Áreas de paredes em contacto com o exterior e áreas de pontes térmicas planas nas mesmas, alteradas devido à medida de melhoria 2 .....	148
5.1.2.5.3	Áreas de paredes em contacto com espaços interiores não aquecidos/ espaços não uteis alteradas devido à medida de melhoria 2 .....	152
5.1.2.5.4	Dados relativos às pontes térmicas lineares alteradas com a medida melhoria 2 .....	152
5.1.2.5.4.1	Comprimentos B das pontes térmicas lineares.....	152
5.1.2.5.4.2	B da ligação fachada com caixilharia .....	155
5.1.2.5.4.3	Coeficientes de transmissão térmicas lineares .....	155

## Reabilitação energética de edifícios

5.1.3	Medida de melhoria 3 - Aplicação de isolamento sobre a laje de esteira no desvão de cobertura não habitável.....	156
5.1.3.1	Alterações no levantamento dimensional após medida 3.....	158
5.1.3.1.1	Áreas de pontes térmicas planas nas paredes em contacto com espaço não aquecido alteradas devido à medida de melhoria 3.....	158
5.1.4	Medida de melhoria 4 - Envidraçados.....	158
5.1.4.1	U dos envidraçados exteriores dos quartos, sala e cozinha após medida 4.... .....	159
5.1.4.2	U dos envidraçados exteriores dos quartos de banho e do vestíbulo após medida 4.....	159
5.1.4.3	U das portas da cozinha para o exterior e em contacto com ENUvaranda após medida 4.....	160
5.1.4.4	Fator solar do vidro após medida 4.....	160
5.1.4.5	Fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar após medida 4.....	160
5.1.4.6	Fator solar global após medida 4.....	160
5.1.4.6.1	Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos proteção solar permanentes existentes após medida 4.....	161
5.1.4.7	Fração envidraçada após medida 4.....	161
5.1.4.8	Fatores solares de vãos envidraçados após medida 4.....	162
5.1.5	Taxa de renovação do ar após medidas de melhoria.....	163
5.1.6	Necessidades de energia com a implementação das medidas de melhoria propostas.....	164
5.2	Análise económica das medidas de melhoria propostas.....	168
6	Conclusões.....	175
	BIBLIOGRAFIA.....	181
	ANEXOS.....	185

ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2.1 - Evolução dos consumos de energia no setor doméstico 1989-2009. ....	10
Figura 2.2 - Evolução do consumo de energia no alojamento por tipo de energia em 1989, 1996 e 2010. ....	11
Figura 2.3 - Distribuição dos consumos de energia no alojamento por tipo de uso em 2010. ....	12
Figura 2.4 - Distribuição de energia no alojamento por tipo de uso e fonte de energia em 2010. ....	12
Figura 2.5 - Evolução legislativa em Portugal relativamente ao Sistema de Certificação Energética dos edifícios. ....	15
Figura 2.6 - nZEB. ....	22
Figura 2.7 - a) Balanços energéticos Zero e b) "Quase" Zero <i>em função das necessidades e produção energéticas</i> . ....	22
Figura 3.1 - Revestimento independente descontínuo com isolante térmico na caixa de ar. ....	26
Figura 3.2 - Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento espesso. ....	27
Figura 3.3 - Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento delgado. ....	28
Figura 3.4 - Sistema de isolamento térmico por elementos descontínuos prefabricados. ....	29
Figura 3.5 - Solução de rebocos isolantes. ....	30
Figura 3.6 - Contra-fachadas com isolante na caixa de ar. ....	31
Figura 3.7 - Evolução das paredes exteriores entre os anos 40 e os anos 80 do século XX em Portugal. ....	33
Figura 3.8 - Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico inferior. ....	38
Figura 3.9 - Pavimento sobre espaço não-aquecido – Isolamento térmico intermédio. ....	38

## Reabilitação energética de edifícios

Figura 3.10 - Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico superior. ....	39
Figura 3.11 - Pavimentos elevados existentes - a) pavimento em vigas de madeira, b) laje aligeirada de vigotas e abobadilhas e c) laje maciça. ....	39
Figura 3.12 - Cobertura inclinada com desvão não-habitável – Isolamento térmico na esteira horizontal. ....	43
Figura 3.13 - Cobertura inclinada com desvão habitável – Isolamento térmico nas vertentes. ....	44
Figura 3.14 - Cobertura invertida sobre impermeabilização existente ou nova. ....	47
Figura 3.15 - Cobertura invertida sobre isolante suporte de impermeabilização. ....	47
Figura 3.16 - Cobertura invertida sobre proteção pesada rígida existente. ....	47
Figura 3.17 - Aplicação sobre uma impermeabilização existente. ....	48
Figura 3.18 - Aplicação sobre uma solução de isolante suporte de impermeabilização. ....	48
Figura 3.19 - Aplicação de nova solução (isolante + impermeabilização) sobre proteção pesada rígida existente. ....	49
Figura 4.1 - Planta de arquitetura do projeto, de Fevereiro de 1988. ....	61
Figura 4.2 - Planta topográfica do edifício (Orientação). ....	62
Figura 4.3 - Envolvente exterior do espaço não aquecido - varanda. ....	63
Figura 4.4 - Planta estrutural do projeto, de Junho de 1988. ....	63
Figura 4.5 - Estrutura da cobertura e revestimento da cobertura. ....	65
Figura 4.6 - Revestimento exterior das paredes exteriores. ....	66
Figura 4.7 - Revestimento interior das paredes exteriores da cozinha (à esquerda) e dos quartos de banho (à direita). ....	66
Figura 4.8 - Revestimentos dos pavimentos - a)quartos, b)corredor, c)salas, d)cozinha e e) quartos de banho. ....	67
Figura 4.9 - Envidraçados - a) quarto 1, portadas(N), b)sala (W), c)sala (N), d) sala, portadas (N), e)quarto de banho (E)pelo exterior, f) quarto de banho (E)pelo interior e g) quarto de banho privativo (S)pelo interior. ....	67

## Reabilitação energética de edifícios

Figura 4.10 - Portas - a)da cozinha para o exterior (N), b)da cozinha para o espaço não aquecido - varanda (S), e c)do vestíbulo para o exterior (N).....	68
Figura 4.11 - Envolventes do edifício em planta. ....	70
Figura 4.12 - Envolventes no alçado principal (voltado a Norte).....	70
Figura 4.13 - Envolventes na alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente).....	71
Figura 4.14 - Envolventes no alçado posterior (voltado a Sul).....	71
Figura 4.15 - Envolventes na alçado lateral direito (voltado a Poente). ....	71
Figura 4.16 - Altura das paredes exteriores. ....	75
Figura 4.17 - Pormenor parede entre cozinha e varanda/lavandaria.....	78
Figura 4.18 - Área útil de pavimento em contacto com a garagem. ....	80
Figura 4.19 - Área útil de pavimento em contacto com o solo. ....	81
Figura 4.20 - PTL em planta. ....	82
Figura 4.21 - PTL nas fachadas em contacto com o ENUvaranda.....	83
Figura 4.22 - Altitude do local da habitação, z.....	86
Figura 4.23 - Extrato da Tabela 04 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.....	87
Figura 4.24 - Extrato da Tabela 05 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.....	88
Figura 4.25 - Laje de vigotas e abobadilhas - vista inferior através da garagem (demonstração do n.º de fiadas de furos).....	95
Figura 4.26 - Pormenor da parede exterior (Definição do fluxo de calor).....	97
Figura 4.27 - Pormenor das PTP (Definição do fluxo de calor). ....	98
Figura 4.28 - Pormenor do pavimento sobre a garagem (Definição do fluxo de calor). ...	102
Figura 4.29 - Pormenor do teto (Definição dos fluxos de calor ascendente e descendente). .....	104
Figura 4.30 - Pormenor dos envidraçados exteriores (Definição do fluxo de calor). ....	105
Figura 4.31 - Pormenor do pavimento sobre o solo (Definição do fluxo de calor). ....	108
Figura 4.32 - Delimitação do perímetro em contacto com o solo.....	109
Figura 4.33 - Diferença de cotas (z) entre o terreno exterior e a do pavimento interior sobre solo. ....	109

## Reabilitação energética de edifícios

Figura 4.34 - Esquema da obstrução horizontal do envidraçado do quarto de banho voltado a E.....	117
Figura 4.35 - Esquema da obstrução horizontal dos envidraçados dos quarto 2 e 3 voltados a S.....	118
Figura 4.36 - Esquema da obstrução horizontal do envidraçado do quarto de banho privativo voltado a S. ....	118
Figura 4.37 - Esquema da obstrução horizontal da porta da cozinha para o ENU varanda voltada a S. ....	119
Figura 4.38 - Esquema da obstrução horizontal do envidraçado da sala voltado a W. ....	119
Figura 4.39 - Esquema da obstrução horizontal do envidraçado da cozinha voltado a W. ....	120
Figura 4.40 - Ângulos $\beta$ para determinação dos fatores de sombreamento do elementos verticais Ff dos vãos envidraçados.....	121
Figura 4.41 - Esquema das obstruções horizontais da envolvente opaca voltada a E.....	123
Figura 4.42 - Esquema das obstruções horizontais da envolvente opaca voltada a S. ....	124
Figura 4.43 - Esquema das obstruções horizontais da envolvente opaca voltada a W. ....	125
Figura 4.44 - Esquema das obstruções horizontais da envolvente opaca, entre o quarto de banho privativo e a varanda, voltada a W.....	126
Figura 4.45 - Ângulos $\beta$ para determinação dos fatores de sombreamento do elementos verticais Ff da envolvente opaca. ....	126
Figura 4.46 - Ângulos $\beta$ para determinação dos fatores de sombreamento do elementos verticais Ff da envolvente opaca, entre quarto de banho privativo e varanda.....	127
Figura 4.47 - Representação esquemática do funcionamento da ventilação (edifício atual). ....	134
Figura 4.48 - Termoacumulador elétrico. ....	136
Figura 4.49 - Isolamento das tubagens de distribuição de água quente. ....	136
Figura 5.1 - Representação das camadas constituintes da proposta de melhoria ao nível dos pavimentos. ....	144
Figura 5.2 - Altura das paredes exteriores após medida de melhora 2. ....	148

## Reabilitação energética de edifícios

Figura 5.3 - Pormenor da PTP na parede entre a cozinha e o desvão de cobertura antes e depois da aplicação da medida de melhoria 3. ....	158
Figura 5.4 - Representação esquemática do funcionamento da ventilação (edifício melhorado).....	164
Figura 5.5 - Área de fachadas a intervir. a) Fachada N, b) Fachada W,.....	169



ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 2.1 - Comparação de alguns dados dos CENSOS 2001 e 2011.....	8
Tabela 2.2 - Edifícios e alojamentos existentes por época de construção, segundo os resultados definitivos dos CENSOS 2011.....	9
Tabela 3.1 - Vantagens e inconvenientes do isolamento térmico exterior de fachadas em relação ao isolamento interior.....	25
Tabela 3.2 - U das paredes exteriores de edifícios construídos entre a década de 40 e a de 80 do século XX.....	34
Tabela 3.3 - Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica de paredes exteriores.....	35
Tabela 3.4 - Espessuras da camada de isolante, a aplicar nas paredes exteriores década de 40 e a de 80, de forma a obter $U_{ref}$ .....	36
Tabela 3.5 - Espessuras da caixa de ar necessária para preencher de isolante, a aplicar nas paredes exteriores década de 50 e a de 80, de forma a obter $U_{ref}$ .....	37
Tabela 3.6 - U de pavimentos elevados com vigas de madeira.....	40
Tabela 3.7 - U de pavimentos elevados com laje aligeirada.....	40
Tabela 3.8 - U de pavimentos elevados com laje maciça.....	41
Tabela 3.9 - Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica de pavimentos.....	41
Tabela 3.10 - Espessuras da camada de isolante de forma a obter $U_{ref}$ para os pavimentos.....	42
Tabela 3.11 - U de coberturas inclinadas.....	50
Tabela 3.12 - U de coberturas em terraço.....	51
Tabela 3.13 - Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica de coberturas.....	52
Tabela 3.14 - Espessura de isolante a aplicar, em coberturas inclinadas, de forma a obter $U_{ref}$ de coberturas inclinadas.....	53

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 3.15 - Espessura de isolante a aplicar, em coberturas planas, de forma a obter Uref de coberturas em terraço. ....	54
Tabela 3.16 - Medidas mais comuns aplicadas em reabilitação em Portugal. ....	59
Tabela 3.17 - Medidas menos comuns aplicadas em reabilitação em Portugal.....	60
Tabela 4.1 - Área Útil de Pavimento. ....	72
Tabela 4.2 - Simplificação relativa às portas exteriores.....	73
Tabela 4.3 - Simplificação relativa às portas exteriores (cont.) ....	73
Tabela 4.4 - Área de envidraçado (Aw) do alçado principal (voltado a Norte).....	74
Tabela 4.5 - Área de envidraçado (Aw) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente). 74	
Tabela 4.6 - Área de envidraçado (Aw) do alçado posterior (voltado a Sul).....	74
Tabela 4.7 - Área de envidraçado (Aw) do alçado lateral direito (voltado a Poente). ....	75
Tabela 4.8 - Área de parede exterior (Aparede exterior) do alçado principal (voltado a Norte).....	76
Tabela 4.9 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (AFTP) do alçado principal (voltado a Norte).....	76
Tabela 4.10 - Área de parede exterior (Aparede exterior) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente).....	76
Tabela 4.11 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (AFTP) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente).....	77
Tabela 4.12 - Área de parede exterior (Aparede exterior) do alçado posterior (voltado a Sul).....	77
Tabela 4.13 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (AFTP) do alçado posterior (voltado a Sul).....	77
Tabela 4.14 - Área de parede exterior (Aparede exterior) do alçado lateral direito (voltado a Poente).....	78
Tabela 4.15 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (AFTP) do alçado lateral direito (voltado a Poente).....	78
Tabela 4.16 - Área de parede em contacto com ENU varanda (Aparede ENU) do alçado posterior (voltado a Sul).....	79

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.17 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (AFTP) do alçado posterior (voltado a Sul) em contacto com o ENU varanda. ....	79
Tabela 4.18 - Área de parede em contacto com ENU varanda (Aparede ENU) do alçado lateral direito (voltado a Poente). ....	79
Tabela 4.19 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (AFTP) do alçado lateral direito (voltado a Poente) em contacto com o ENU varanda.....	80
Tabela 4.20 - Área útil de pavimento em contacto com a garagem. ....	81
Tabela 4.21 - Área Útil de Pavimento em contacto com o solo. ....	81
Tabela 4.22 - B das ligações entre fachada e pavimento térreo.....	84
Tabela 4.23 - B das ligações entre fachada e pavimento sobre local não aquecido (garagem).....	84
Tabela 4.24 - B das ligações entre fachada e pavimento de nível intermédio. ....	84
Tabela 4.25 - B das ligações entre fachada e caixilharias.....	85
Tabela 4.26 - Quadro resumo dos parâmetros climáticos da estação de aquecimento. ....	88
Tabela 4.27 - Quadro resumo dos parâmetros climáticos da estação de arrefecimento. ....	89
Tabela 4.28 - Tabela 02 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. ....	89
Tabela 4.29 - Tabela 03 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. ....	89
Tabela 4.30 - btr dos ENU do edifício. ....	92
Tabela 4.31 - Quadro resumo das resistências térmicas superficiais a aplicar.....	94
Tabela 4.32 - Quadro resumo das resistências térmicas de camadas a aplicar.....	95
Tabela 4.33 - Quadro resumo das condutibilidades térmicas de camadas a aplicar. ....	97
Tabela 4.34 - Resistências térmicas das camadas das paredes exterior em zona de quartos, vestíbulo e salas. ....	98
Tabela 4.35 - Resistências térmicas das camadas das PTP nas paredes exteriores em zona de quartos, vestíbulo e salas. ....	99
Tabela 4.36 - Resistências térmicas das camadas das paredes exteriores em zona de quartos de banho e cozinha. ....	99
Tabela 4.37 - Resistências térmicas das camadas das PTP nas paredes exteriores em zona de quartos de banho e cozinha. ....	100

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.38 - Resistências térmicas das camadas do pavimento sobre a garagem em zona de quartos.....	102
Tabela 4.39 - Resistências térmicas das camadas do pavimento sobre a garagem nas restantes zonas.....	103
Tabela 4.40 - Resistências térmicas das camadas do teto com fluxo de calor descendente. ....	104
Tabela 4.41 - Resistências térmicas das camadas do teto com fluxo de calor ascendente.	105
Tabela 4.42 - Quadro resumo dos U aplicados. ....	107
Tabela 4.43 - Área de paredes divisórias (elementos de compartimentação).....	131
Tabela 4.44 - Produtos entre massas superficiais úteis dos elementos, com os fatores de redução da massa superficial útil e respetivas áreas das superfícies interiores dos elementos.....	132
Tabela 4.45 - Necessidades de energia do edifício atual.....	137
Tabela 5.1 - Resistências térmicas das camadas das paredes exteriores em zona de quartos, vestíbulo e salas após medida de melhoria 1. ....	140
Tabela 5.2 - Resistências térmicas das camadas das PTP nas paredes exteriores em zona de quartos, vestíbulo e salas após medida de melhoria 1. ....	140
Tabela 5.3 - Resistências térmicas das camadas das paredes exteriores em zona de quartos de banho e cozinha e paredes entre a cozinha e ENUvaranda e entre quarto de banho privativo e ENUvaranda após medida de melhoria 1. ....	141
Tabela 5.4 - Resistências térmicas das camadas das PTP nas paredes exteriores em zona de quartos de banho e cozinha e paredes entre a cozinha e ENUvaranda e entre quarto de banho privativo e ENUvaranda após medida de melhoria 1. ....	142
Tabela 5.5 - Quadro resumo dos U das paredes após aplicação de ETICS. ....	143
Tabela 5.6 - Resistências térmicas das camadas dos pavimentos sobre ENUgaragem em zona de quartos após medida de melhoria 2.....	146
Tabela 5.7 - Resistências térmicas das camadas dos pavimentos sobre ENUgaragem nas restantes zonas após medida de melhoria 2.....	146

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.8 - Área de envidraçado ( $A_w$ ) do alçado principal (voltado a Norte) - (Medida de melhoria 2).....	147
Tabela 5.9 - Área de envidraçado ( $A_w$ ) do alçado posterior (voltado a Sul) - (Medida de melhoria 2).....	147
Tabela 5.10 - Área de parede exterior (Aparede exterior) do alçado principal (voltado a Norte) - (Medida de melhoria 2). ....	148
Tabela 5.11 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (APTP) do alçado principal (voltado a Norte) - (Medida de melhoria 2). ....	149
Tabela 5.12 - Área de parede exterior (Aparede exterior) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente) - (Medida de melhoria 2). ....	149
Tabela 5.13 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (APTP) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente) - (Medida de melhoria 2). ....	150
Tabela 5.14 - Área de parede exterior (Aparede exterior) do alçado posterior (voltado a Sul) - (Medida de melhoria 2). ....	150
Tabela 5.15 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (APTP) do alçado posterior (voltado a Sul) - (Medida de melhoria 2). ....	151
Tabela 5.16 - Área de parede exterior (Aparede exterior) do alçado lateral direito (voltado a Poente) - (Medida de melhoria 2).....	151
Tabela 5.17 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) (APTP) do alçado lateral direito (voltado a Poente) - (Medida de melhoria 2).....	151
Tabela 5.18 - Área de parede em contacto com ENU varanda (Aparede ENU) do alçado posterior (voltado a Sul) - (Medida de melhoria 2).....	152
Tabela 5.19 - Área de parede em contacto com ENU varanda (Aparede ENU) do alçado lateral direito (voltado a Poente) - (Medida de melhoria 2). ....	152
Tabela 5.20 - B das ligações entre fachada e pavimento sobre local não aquecido (garagem) - (Medida de melhoria 2).....	154
Tabela 5.21 - B das ligações entre fachada e caixilharias - (Medida de melhoria 2).....	155
Tabela 5.22 - Resistências térmicas das camadas do teto após medida de melhoria 3 com fluxo de calor descendente.....	157

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.23 - Resistências térmicas das camadas do teto após medida de melhoria 3 com fluxo de calor ascendente. ....	157
Tabela 5.24 - Necessidades de energia após medida de melhoria 1. ....	165
Tabela 5.25 - Custos, fatores de conversão e Fpu por fonte de energia (Ferramenta ITeCons). ....	165
Tabela 5.26 - Necessidades de energia após medida de melhoria 1 e 2. ....	166
Tabela 5.27 - Necessidades de energia após medida de melhoria 1, 2 e 3. ....	167
Tabela 5.28 - Necessidades de energia após medida de melhoria 1, 2, 3 e 4. ....	167
Tabela 5.29 - Custos relativos à medida de melhoria 1. ....	168
Tabela 5.30 - Custos relativos à atividade de remoção de tacos da medida de melhoria 2. ....	170
Tabela 5.31- Custos relativos à atividade de aplicação de isolamento sobre o pavimento da medida de melhoria 2. ....	170
Tabela 5.32 - Custos relativos à medida de melhoria 3. ....	171
Tabela 5.33 - Custos relativos à medida de melhoria 4. ....	172

### ACRÓNIMOS

---

ADENE - Agência para a energia

AQS - Águas quentes sanitárias

DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia

EPS - Poliestireno expandido moldado

ETICS - "*External thermal insulating composite systems with rendering*"

GEE - Gases com efeito de estufa

ICB - Aglomerado negro de cortiça

LDPE - Poliestireno de baixa densidade

LWA - Argila expandida (em grânulos)

LMN - Lã mineral natural

MW - Lã mineral

nZEB - Edifícios com necessidades quase nulas de energia - "*near zero energy buildings*"

NZEB - Edifício de balanço de energia zero - "*net zero energy building*"

PUR - Espuma rígida de poliuretano

RCCTE - Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios

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

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

VA - Vermiculite expandida (em grânulos)

XPS - Espuma de poliestireno extrudido



SÍMBOLOS

---

$A_p$ - Área útil de pavimento.....	[ $m^2$ ]
$A_w$ - Área de envidraçado.....	[ $m^2$ ]
$B'$ - Dimensão característica do pavimento (sobre solo).....	[ $m$ ]
$b_{tr}$ - Coeficiente de redução de perdas	
$D$ - Largura ou profundidade do isolamento, respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical (pavimento sobre solo).....	[ $m$ ]
$F_0$ - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas	
$F_f$ - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício	
$F_g$ - Fração envidraçada	
$F_h$ - Fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício	
$F_{m,v}$ - Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativos	
$F_s$ - Fator de obstrução da radiação solar	
$GD$ - Número de graus-dias, na base de 18 °C, correspondente à estação convencional de aquecimento.....	[°C]
$g_i$ - Fator solar do vão envidraçado na estação de aquecimento	
$G_{sul}$ - Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul.....	[ $kWh/m^2.mês$ ]
$g_T$ - Fator solar global	
$g_{Tp}$ - Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes	
$g_{Tvc}$ - Fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar	
$g_v$ - Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento	
$g_{L,vi}$ - Fator solar do vidro	

## Reabilitação energética de edifícios

- $I_{sol}$  - Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação  $0^\circ$ ) e em superfícies verticais (inclinação  $90^\circ$ ) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais..... [kWh/m<sup>2</sup>]
- $I_t$  - Massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento..... [kg/m<sup>2</sup>]
- $L_v$  - Duração da estação de arrefecimento..... [meses]
- $M$  - Duração da estação de aquecimento..... [meses]
- $M_{AQS}$  - Consumo médio diário de referência..... [litros]
- $M_{s_i}$  - Massa superficial útil do elemento  $i$ .....[kg/m<sup>2</sup>]
- $N_i$  - Limite das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento..... [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]
- $N_{ic}$  - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento..... [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]
- $N_t$  - Limite das necessidades nominais anuais de energia primária.....[ kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]
- $N_{tc}$  - Necessidades nominais anuais de energia primária.....[kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]
- $N_v$  - Limite das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento..... [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]
- $N_{vc}$  - Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento..... [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]
- $P$  - Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total de parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior ..... [m]
- $P_d$  - Pé-direito..... [m]
- $PRS$  - Período de retorno simples..... [anos]
- $Q_a$  - Energia útil necessária para a preparação de AQS..... [kWh/ano]
- $r$  - Fator de redução da massa superficial útil
- $R_f$  - Resistência térmica de todas as camadas do pavimento (sobre solo), com exclusão de resistências térmicas superficiais..... [m<sup>2</sup>. °C/W]
- $R_j$  - Resistência térmica da camada  $j$ ..... [m<sup>2</sup>. °C/W]

## Reabilitação energética de edifícios

$R_{Nt}$  - Razão entre as necessidades nominais anuais de energia primária, e o limite das necessidades nominais anuais de energia primária

$R_{ph}$  - Taxa de renovação do ar..... [ $h^{-1}$ ]

$R_{se}$  - Resistência térmica superficial exterior..... [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]

$R_{si}$  - Resistência térmica superficial interior..... [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]

$S_i$  - Área da superfície interior do elemento  $i$ ..... [ $m^2$ ]

$U$  - Coeficiente de transmissão térmica superficial..... [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]

$X_j$  - Fator de orientação para as diferentes exposições  $j$

$X_{ref}$  - Valor de referência para um parâmetro/ coeficiente  $X$

$z$  - Altitude do local..... [ $m$ ]

$\theta_{ext,i}$  - Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento..... [ $^\circ C$ ]

$\theta_{ext,v}$  - Temperatura exterior (estação de arrefecimento)..... [ $^\circ C$ ]

$\lambda_j$  - Condutibilidade térmica do material constituinte da camada  $j$ ..... [ $W/(m \cdot ^\circ C)$ ]

$\psi$  - Coeficiente de transmissão térmica linear..... [ $W/(m \cdot ^\circ C)$ ]



# 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas verificou-se um abandono dos centros urbanos, tendo as zonas periféricas desses centros urbanos crescido. A reabilitação aparece como uma possível solução para reverter esta tendência, melhorando toda a estrutura urbana (Anastácio, 2010).

A Comissão Europeia publicou em 19 de Outubro de 2006 o “Plano de Ação para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial”, que inclui medidas que visam a melhoria do nível de eficiência energética em vários sectores de atividade, com o objetivo de reduzir 20% do consumo de energia até 2020 (União Europeia, 2007-2012). Com base neste plano europeu, surgiu a Diretiva 2010/31/EU relativa ao desempenho energético dos edifícios, na qual se prevê medidas de incentivo à obtenção de edifícios com necessidades quase nulas de energia. Para além destas intenções europeias, verifica-se também a *"aplicação crescente de técnicas de avaliação, que permitem analisar os aspetos energéticos e ambientais de qualquer tipo de bem ou serviço, numa perspetiva sistémica e de ciclo de vida, desde a extração e transformação de matérias primas até à gestão em fim de vida"*, (Viegas,2012).

*"As alterações climáticas podem ser encaradas como uma séria ameaça ambiental, interferindo com os ritmos naturais do planeta Terra. Têm por base fenómenos naturais, mas são, também, induzidas pela atividade humana como a exploração excessiva dos recursos naturais.*

*As alterações climáticas têm impactes negativos nos ecossistemas terrestres, com consequências diversas, como por exemplo (...) o aumento das ondas de calor, com prejuízo da saúde humana, e aumento do consumo de energia utilizada em sistemas de arrefecimento"*, (Infopédia,2003-2014) no que se refere aos edifícios.

Segundo Pinheiro (2006), na estratégia da União Europeia para o ambiente urbano refere-se que o aquecimento e a iluminação dos edifícios representam a maior quota individual de utilização da energia 42%, dos quais 70% se destinam a aquecimento e que os edifícios produzem 35% de todas as emissões de gases com efeito de estufa (GEE).

## Reabilitação energética de edifícios

"O aquecimento global da Terra constitui um bom exemplo de uma alteração climática com consequências preocupantes a vários níveis. Pode ser explicado pelo efeito de estufa, produzido pela libertação de gases, como dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), hidrofluorcarbonetos (HFC), hidrocarbonetosperfluorados (PFC), hexafluoreto de enxofre ( $SF_6$ ) e óxido nitroso ( $N_2O$ ), que aumentam a capacidade de a atmosfera absorver a radiação infravermelha, favorecendo a retenção de calor.

Atividades humanas, como a utilização de combustíveis fósseis, são responsáveis pela emissão em grande escala de gases com efeito de estufa. Neste caso, as consequências passam pelo aumento do nível do mar (ex.: descongelamento de grandes massas de gelo)", (Infopédia,2003-2014).

"Entre 1970 e 2004, as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) aumentaram de 28,7 para 49 gigatoneladas de  $CO_2$  eq por ano , que se traduz num aumento de 70%. As emissões antropogénicas futuras serão determinadas por forças tais como a demografia, o desenvolvimento socioeconómico e as mudanças tecnológicas. Fatores como uma população mundial de 15 bilhões, uma economia baseada principalmente em combustíveis fósseis e um ajuste dos níveis de renda para alcançar aqueles dos países desenvolvidos até 2050, aumentariam as emissões de GEE. Por outro lado, uma transformação para uma economia baixa em carbono, 7 bilhões de pessoas e aumentos moderados da renda estabilizaria as emissões. Ambos os cenários são plausíveis: a trajetória das emissões que a humanidade percorrerá, dependerá de decisões feitas tanto hoje quanto no futuro – e ninguém sabe prever que decisões serão essas.

Em outras palavras, estes cenários de emissão trazem visões alternativas de como o futuro poderá ser. Eles estão agrupados em "famílias", cada uma com cenários que são semelhantes entre si em alguns aspetos", (Kropp e Sholze, 2010).

Como se verifica pelo afirmado por Kropp e Sholze (2010), nas últimas décadas têm-se agravado as emissões de GEE e conseqüentemente as alterações climáticas. Este aumento leva a alterações profundas na vida do planeta e que põem em causa a sustentabilidade das gerações futuras, não só pelo aumento da temperatura do planeta como pelo esgotamento das matérias-primas não renováveis.

## Reabilitação energética de edifícios

Para além da energia consumida na operação dos edifícios, a produção dos materiais e a própria construção de edifício, consomem energia, que normalmente se designa por energia incorporada e segundo Pinheiro (2006) esta encontra-se estimada em cerca de 10 a 15% do seu ciclo de vida global.

Todo o ambiente construído armazena uma grande quantidade de materiais, sendo que os edifícios atingem 40% dos materiais e 55% das madeiras extraídas a nível mundial. Ao nível dos resíduos, estima-se que o edificado, e todas as atividades relacionadas, originem cerca de 40% do total de resíduos produzidos. Dos resíduos de construção e demolição produzidos a nível global, cerca de 92% são resultantes de atividades de demolição e a restante percentagem (8%) resultam de atividades construtivas, sejam edifícios novos ou renovações de estruturas existentes (Pinheiro, 2006).

Surge então o conceito de sustentabilidade, que consiste na capacidade em satisfazer as necessidades de uma comunidade sem afetar a possibilidade das futuras gerações suprirem as suas. Segundo Rodrigues (2011), a sustentabilidade abrange três dimensões principais, sendo elas a económica, a social e a ambiental.

*"Mais recentemente surgiu associado à dimensão ambiental da sustentabilidade, o conceito de pegada ecológica, representa 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.*

*A produção de energia, para satisfazer os atuais padrões de vida das sociedades, a partir de combustíveis fósseis, é responsável pela emissão de GEE, como por exemplo o dióxido de carbono. Deste modo, quanto mais energia for consumida e desperdiçada, maior será a quantidade de GEE emitida para a atmosfera.*

*O conceito de eficiência energética tem ganho seguidores, devido a diversos argumentos impulsionadores, que variam consoante o país, sendo os principais a segurança no fornecimento de energia, o desenvolvimento económico e a competitividade, as alterações climáticas e saúde pública.*

*(...) No que toca aos dois primeiros argumentos, os objetivos de base são a redução das importações de energia, dos consumos internos, dos custos de produção e da*

## Reabilitação energética de edifícios

*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.*

*Em relação às alterações climáticas, a eficiência energética contribui para o esforço global de mitigação com a 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. (...) No que toca a saúde pública, o objetivo principal é reduzir a poluição local", (Rodrigues, 2011).*

Como as questões relacionadas com a energia estão ligadas às alterações climáticas e às economias de cada país, otimizar os consumos de energia, com medidas para o combate ao desperdício da mesma, parece ser o caminho para atingir alguns desses objetivos referidos como a poupança de recursos e a redução de emissões de gases poluentes (Rodrigues, 2011).

No estado em que a económica mundial se encontra e sendo Portugal um país tão dependente da importação de matéria-prima fóssil para a produzir energia, pode-se conseguir atingir alguns dos objetivos da eficiência energética, com a introdução de fontes de energia renovável, dando a conhecer os benefícios destas e com reabilitação energética dos edifícios existentes (Rodrigues, 2011).

*"Em última instância, os consumidores poderão diminuir a sua fatura de energia", (Rodrigues, 2011).*

Destas forma, a nova legislação relativa à certificação energética dos edifícios, surge para promover aplicação de soluções energeticamente eficientes nos edifícios novos e no caso de reabilitações, a aplicação de medidas de reabilitação energéticas que resultem na redução de consumos em aquecimento, arrefecimento e aquecimento de águas quentes sanitárias.

### 1.1 OBJETIVO

Esta dissertação tem como objetivo a identificação de medidas de reabilitação energéticas e a aplicação da nova legislação referente desempenho energético dos edifícios, a caso de estudo que à partida não oferece condições de cumprir o regulamento, sendo necessário propor medidas de reabilitação energéticas de forma a verificar-se o cumprimento do mesmo.

### 1.2 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está organizada em seis capítulos.

Neste primeiro capítulo de carácter introdutório, está feita uma breve caracterização da problemática do tema, a motivação e o propósito que deram origem ao desenvolvimento desta dissertação bem como a definição do objetivo da mesma.

O segundo capítulo está relacionado com o estado da arte, onde se analisam dados relativos ao parque habitacional edificado nacional, resultados do inquérito ao consumo de energia no sector doméstico de 2010 e a legislação aplicável no contexto do tema, sendo ainda brevemente abordada a temática da construção sustentável e dos edifícios de balanço energético quase nulo.

No terceiro capítulo serão abordadas medidas de reabilitação energética em edifícios de habitação existentes.

No quarto capítulo será descrito e caracterizado o estado atual do edifício em estudo e será analisado esse estado atual do edifício através da aplicação do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, as respetivas portarias e despachos.

No quinto capítulo serão propostas medidas de reabilitação energética em relação à situação atual do edifício e nova aplicação do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, as respetivas portarias e despachos.

No sexto e último capítulo, serão apresentadas as conclusões.

## Reabilitação energética de edifícios

## 2 REVISÃO DO ESTADO DA ARTE

Portugal, por comparação com outros países europeus, tem verificado níveis de reabilitação de edifícios dos mais baixos. Um estudo europeu, constatou que o investimento em reabilitação continua a ser menor do que na construção nova na maioria dos países, embora em alguns países, o número de edifícios reabilitados possa ser superior (Abreu et al, 2012).

Segundo a análise de Abreu, Oliveira e Lopes (2012), a dados estatísticas do Instituto nacional de Estatística (INE), a reabilitação na edificação tem sido uma aposta crescente, embora lenta, no setor da construção em Portugal. *"Apesar da grande predominância de edifícios em construções novas (75,1% do total de construções), em 2011, cerca de 25% das obras concluídas respeitavam à reabilitação do edificado. Este facto pode resultar de algum reconhecimento de que existe uma saturação do mercado de novas habitações. Face ao ano de 2010, registou-se um aumento de 3,1% do número de edifícios reabilitados, sendo que a maior parte destes (70,3%) correspondem ainda a obras de ampliação. As obras de reconstrução correspondem à mais pequena fatia das obras de reabilitação do edificado (12,5%). A evolução das obras concluídas em edifícios no período de 1995 a 2011, aponta para duas fases de crescimento distintas. Até 2002, assistiu-se, a uma relativa estabilidade das reabilitações do edificado e, simultaneamente, a um aumento das construções novas. A partir de 2003 assiste-se a uma ligeira quebra nas obras de reabilitação, associada a uma tendência de diminuição das construções novas. A proporção entre o número de edifícios, para habitação familiar, em que foram realizadas obras de reabilitação e o número de edifícios resultantes de construção nova é de 21,6% no período compreendido entre 2001 e 2011, registando-se um aumento progressivo desta proporção nos últimos anos (5% ao ano), tendo atingido o seu valor máximo em 2011 (28,5%)."*

*Quanto aos licenciamentos, a reabilitação do edificado está em crescimento: 45,8 obras de reabilitação por cada 100 construções novas licenciadas em 2011.*

*Já o número de fogos de habitação social em Portugal registou um aumento de cerca de 2 000 fogos (+1,9%) entre 2009 e 2011 e os municípios e outras entidades*


## Reabilitação energética de edifícios

*executaram obras de conservação em 3 000 edifícios (12%) e reabilitaram 9 073 fogos (7,7%) deste segmento"*, (Abreu et all, 2012).

### 2.1 PARQUE HABITACIONAL EDIFICADO EM PORTUGAL

O parque habitacional português é excedente face às necessidades, como se pode verificar nos dados da Tabela 2.1 relativos a dados dos CENSUS 2011, onde se constata que existem atualmente em Portugal 1,45 alojamentos por família (Instituto Nacional de Estatística (INE), 2009-2014).

Tabela 2.1 - Comparação de alguns dados dos CENSOS 2001 e 2011.



**CENSOS 2011**  
Portugal

	2011	2001
População	10562178	10356117
Mulheres	5515578	5355976
Homens	5046600	5000141
Famílias	4048559	3654633
Alojamentos	5878756	5054922
Edifícios	3544389	3160043

Fonte: (INE, 2009 - 2014)

A Tabela 2.2 representa os edifícios e alojamentos existentes em Portugal por época de construção, segundo os resultados definitivos dos CENSOS 2011. Verifica-se que o parque edificado é relativamente recente, sendo que cerca de 47% dos edifícios foram construídos depois de 1980, mas a grande maioria, cerca de 70%, construído antes da publicação da primeira regulamentação relativa ao comportamento térmico dos edifícios (Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios -RCCTE), D.L. 40/90 de 6 de Fevereiro publicada em 1990.

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 2.2 - Edifícios e alojamentos existentes por época de construção, segundo os resultados definitivos dos CENSOS 2011.

Época de construção	Alojamentos	Edifícios	Edifícios por época (%)
Até 1919	251 619	206 343	5,8
1919 - 1945	373 893	305 696	8,6
1946 - 1960	539 060	387 340	10,9
1961 - 1970	648 488	408 831	11,5
1971 - 1980	983 645	588 858	16,6
1981 - 1990	1 011 960	578 845	16,3
1991 - 1995	503 665	268 179	7,6
1996 - 2000	594 664	290 292	8,2
2001 - 2005	581 718	300 635	8,5
2006 - 2011	370 828	209 370	5,9
Total	5 859 540	3 544 389	100

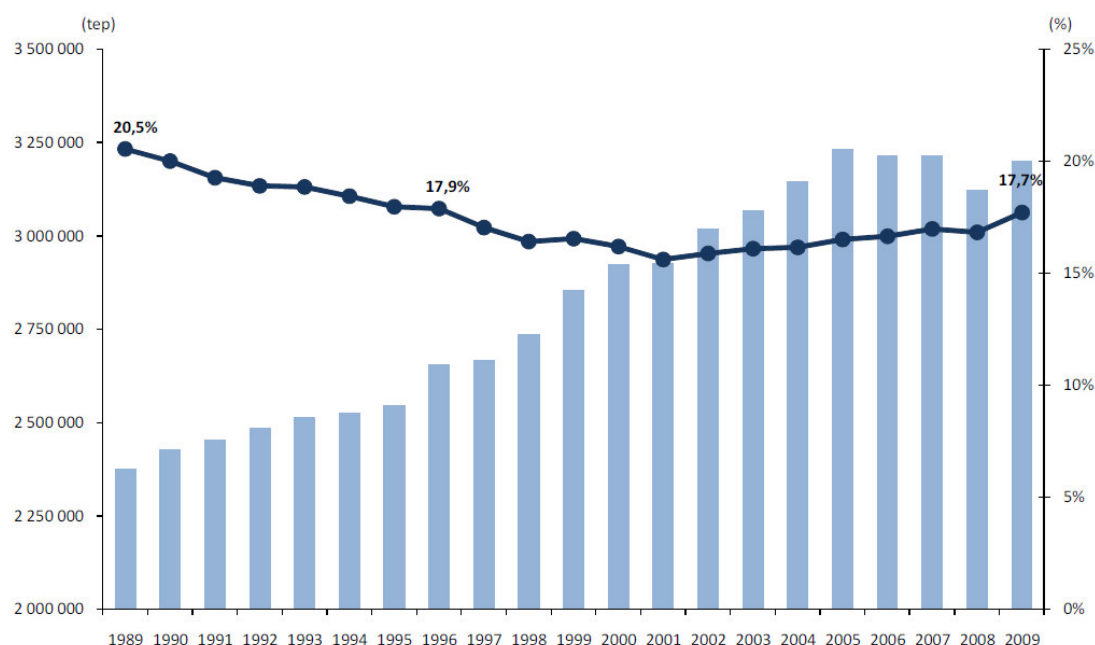
Fonte: (INE, 2012)

Segundo os dados estatísticos do relatório síntese de maio de 2012 da Agência para a Energia - ADENE, dos imóveis do parque edificado existente certificado no Sistema Nacional de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior (SCE), mais de 90% desses imóveis correspondem a edifícios de habitação. Destes edifícios de habitação certificados pelo SCE, 63% têm classe inferior a «B-», isto é, abaixo do limiar aplicável a edifícios novos da anterior legislação - Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios (RCCTE) de 2006 (Pires 2012).

A inexistência de legislação relativa ao comportamento térmico de edifícios até ao surgimento do primeiro RCCTE em 1990, e a falta de preocupações referentes aos padrões de comportamento térmico até essa data, resultam num *"parque edificado desvalorizado, degradado fisicamente, com perda de funcionalidade e altamente consumidor de energia, quando nele se pretende aplicar as atuais condições e conforto térmico mínimo regulamentar no interior dos edifícios"*, (Pires 2012).

## 2.2 CONSUMO DE ENERGIA NO SECTOR DOMÉSTICO

Segundo o Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico de 2010, baseado nos dados do Balanço Energético divulgados anualmente pela Direção Geral de Geologia e Energia (DGEG), verifica-se que o consumo de energia no sector doméstico, não incluindo os consumos de combustíveis utilizados nos veículos afetos aos indivíduos residentes no alojamento, apresentou uma trajetória crescente entre 1989 e 2005, ano a partir do qual se verifica uma inversão desta tendência, sendo que em 2009 registou-se um aumento de 0,3% face a 2008, aproximando-se dos níveis de 2007, Figura 2.1.



Fonte: INE & DGEG 2011

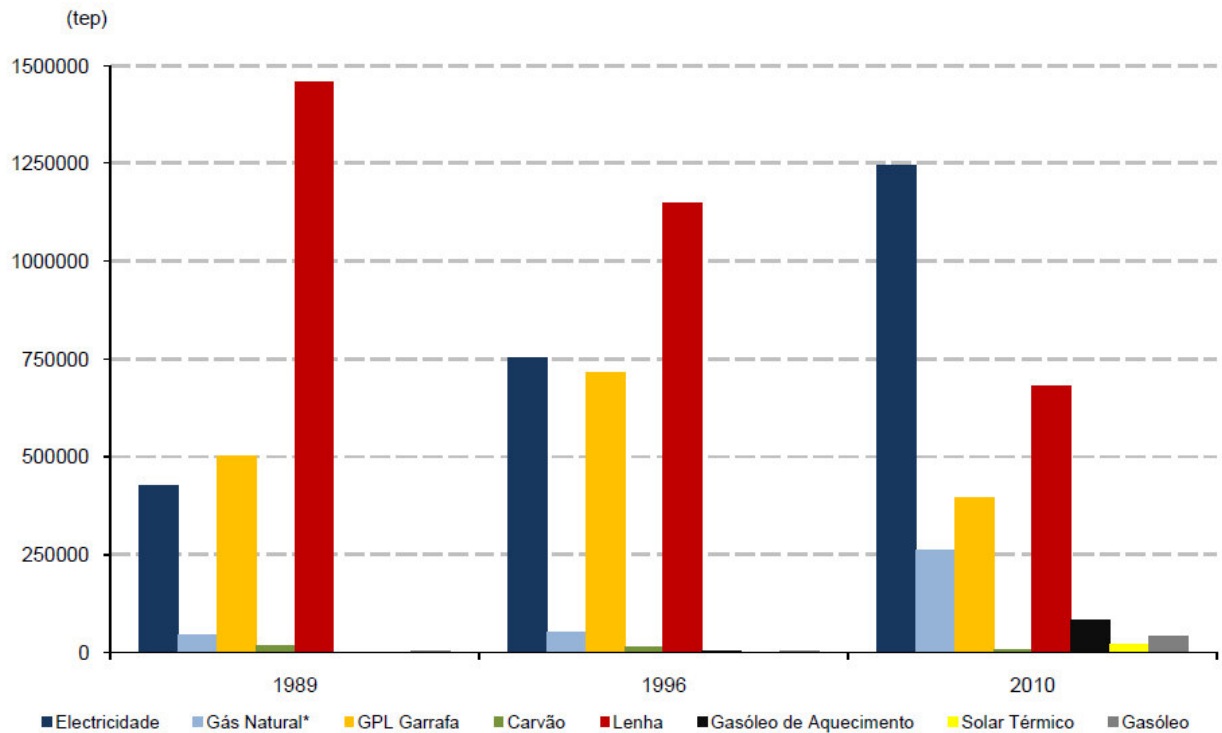
Figura 2.1 - Evolução dos consumos de energia no setor doméstico 1989-2009.

Em 2010, o consumo total de energia foi de 5762899 tep, dos quais 51,1% correspondem ao consumo de energia nos veículos utilizados no transporte individual dos residentes do alojamento. Este consumo em 1989 representava 21,8% do total e em 1996 38,4%.

Quanto ao consumo de energia no alojamento (excluindo os combustíveis utilizados nos veículos) verifica-se que, em 2010, a eletricidade surge como a principal fonte de energia consumida no sector doméstico em Portugal, que representa 44,1% do consumo

## Reabilitação energética de edifícios

total de energia. A eletricidade foi a que sofreu maior alteração relativamente aos inquéritos anteriores: 15,9% em 1989 e 27,5% em 1996. A lenha surge como a segunda principal fonte de energia consumida nos alojamentos portugueses em 2010, com um peso de 24,2% no consumo total de energia nas habitações sendo que nos últimos inquéritos se tratava da fonte de energia principal: 60,1% em 1989 e 41,9% em 1996.



\* Nos inquéritos de 1989 e 1996 refere-se a Gás de Cidade

Fonte: INE & DGEG 2011

Figura 2.2 - Evolução do consumo de energia no alojamento por tipo de energia em 1989, 1996 e 2010.

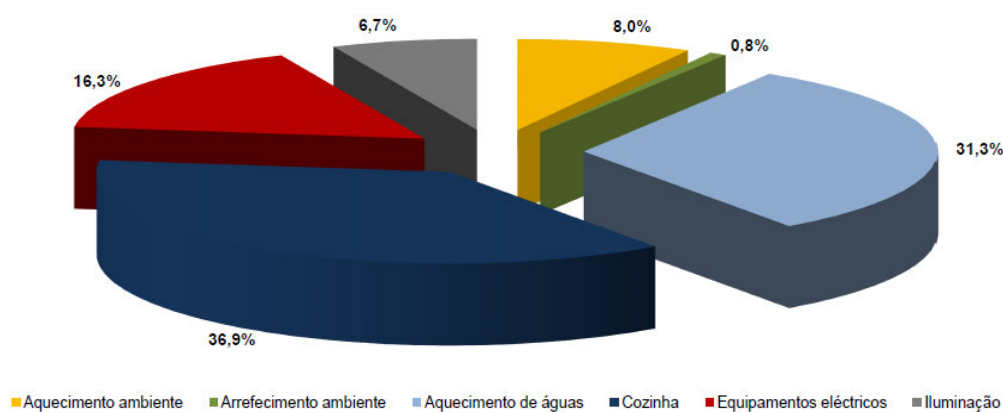
Relativamente às diferentes utilizações de energia nos alojamentos, verifica-se que na cozinha é que se concentra a maior parte do consumo global, correspondente a cerca de 37%, a que se segue o aquecimento de águas com 31%.

O consumo de energia elétrica assume um papel muito relevante no sector residencial, dado que a maioria dos equipamentos presentes nas habitações requer este tipo de fonte de energia, existindo uma evidente dependência desta fonte de energia na

## Reabilitação energética de edifícios

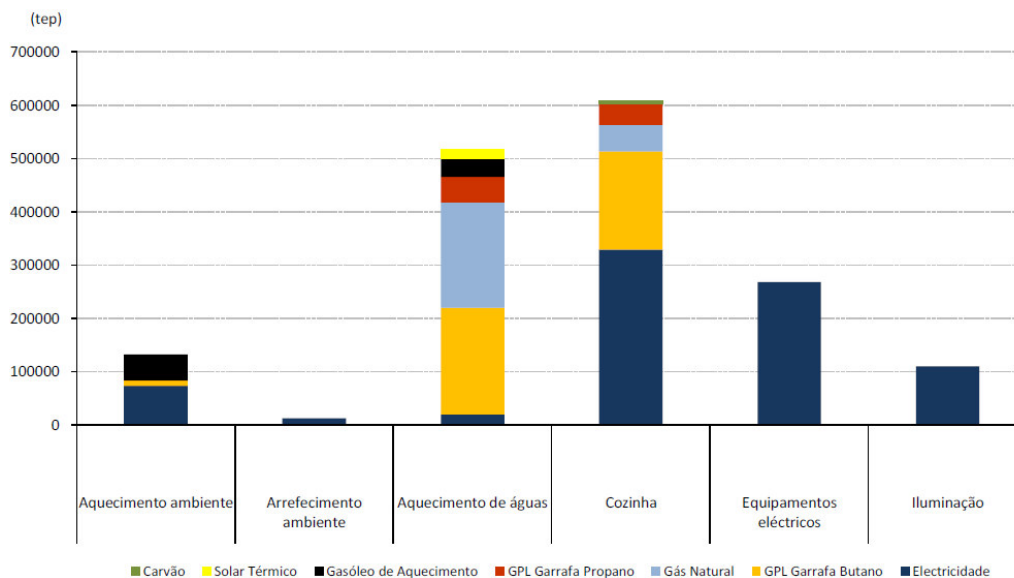
sociedade atual. O aumento do consumo de eletricidade estará diretamente associado ao aumento do conforto térmico e ao crescimento do número de equipamentos elétricos disponíveis nas habitações.

Considerando o tipo de uso final da eletricidade, verifica-se que os consumos de eletricidade na cozinha e nos equipamentos elétricos foram os mais elevados, tendo sido responsáveis por, respetivamente, 40% e 33% do consumo total em 2010.



Fonte: INE & DGEG 2011

Figura 2.3 - Distribuição dos consumos de energia no alojamento por tipo de uso em 2010.



Fonte: INE & DGEG 2011

Figura 2.4 - Distribuição de energia no alojamento por tipo de uso e fonte de energia em 2010.

## 2.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL NO ÂMBITO DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. Mais de metade deste consumo pode ser reduzido através de medidas eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de  $CO_2$  – quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto (ADENE, 2014).

Os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. É neste contexto que surge a Diretiva n.º 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002, relativas ao desempenho energético dos edifícios, tendo esta sido revista e publicada na Diretiva n.º 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010. (ADENE, 2014) Estas diretivas (de 2002 e 2010) são intituladas de "*Energy Performance of Buildings Directive*" (EPBD).

Esta Diretiva estabelece que os Estados-Membros da União Europeia devem implementar um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica os edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios públicos e edifícios frequentemente visitados pelo público.

A nível nacional, foi publicado o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, que visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE).

Atualmente o SCE integra agora o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), transpondo para ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios (Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas - AICCOPN, 2014).

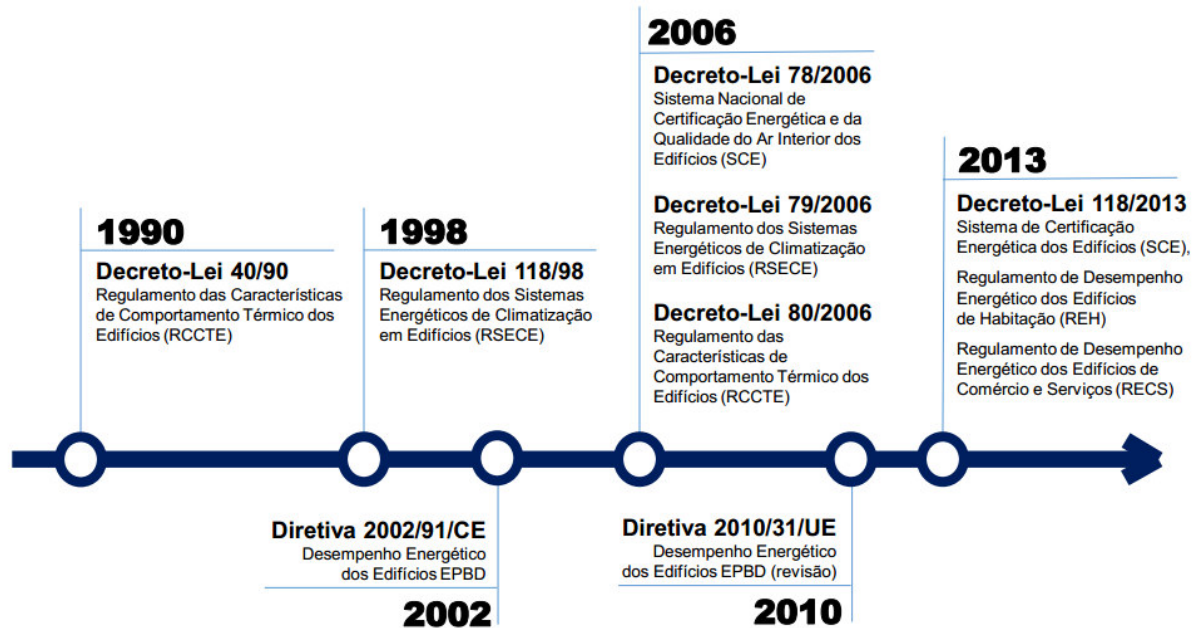
## Reabilitação energética de edifícios

Este diploma revoga o Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril, o Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril (RSECE) e o Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril (RCCTE), entrou em vigor a 1 de Dezembro de 2013, e introduziu as seguintes medidas (AICCOPN, 2014):

- Sistematização, num único diploma, da regulamentação do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, designadamente do REH e do RECS;
- Separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, reconhecendo as especificidades técnicas associadas a cada um destes tipos de edifícios, no que é mais relevante para a caracterização e melhoria do desempenho energético;
- Para os Edifícios de Habitação são considerados como relevantes as questões associadas ao comportamento térmico e à eficiência dos sistemas;
- Para os Edifícios de Comércio e Serviços são considerados como relevantes, para além das questões associadas ao comportamento térmico e à eficiência dos sistemas, a instalação, a condução e a manutenção de sistemas técnicos;
- Concretização de requisitos específicos para edifícios novos, edifícios sujeitos a grandes intervenções e edifícios existentes;
- Atualização dos requisitos de qualidade térmica e introdução de requisitos de eficiência energética para os principais tipos de sistemas técnicos de edifícios;
- Os sistemas de climatização, de preparação de água quente sanitária, de iluminação e de aproveitamento de energias renováveis de gestão de energia ficam sujeitos a padrões mínimos de eficiência energética;
- Promoção da utilização de fontes de energia renovável, com enfoque no aproveitamento do recurso solar, em complemento à eficiência energética;
- Incentivo para a utilização de sistemas ou soluções passivos nos edifícios e para a otimização do desempenho em consequência de um menor recurso aos sistemas ativos de climatização;
- Introdução do conceito de “Edifício com necessidades quase nulas de energia” – edifício com elevado desempenho energético e em que a satisfação das necessidades de energia resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis – obrigatório a partir de 31 de dezembro de 2018 para os edifícios novos na propriedade de uma entidade pública e ocupados por uma entidade pública e a partir de 31 de dezembro de 2020 para os edifícios novos licenciados;
- Reconhecimento do pré-certificado e do certificado SCE como certificações técnicas, certificações estas obrigatórias no âmbito das operações urbanísticas;
- Clarificação da atuação dos diferentes técnicos e entidades envolvidas no âmbito de aplicação do SCE.

## Reabilitação energética de edifícios

A ADENE é a entidade gestora do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.



Fonte: (Fragoso, 2013)

Figura 2.5 - Evolução legislativa em Portugal relativamente ao Sistema de Certificação Energética dos edifícios.

### 2.3.1 DESCRIÇÃO DA ATUAL LEGISLAÇÃO REFERENTE AO SISTEMA NACIONAL DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

**Decreto-Lei 118/2013** (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra - FCTUC, 2014):

- Decreto-Lei publicado em Diário da República em 20-08-2013.
- Aprova o novo SCE (Sistema Nacional de Certificação Energética), transpondo parcialmente para a ordem jurídica nacional a Diretiva EPBD de 2010.
- Define que, independentemente da potência térmica nominal, os edifícios:
  - i. De habitação passam a estar abrangidos apenas pelo REH (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação);
  - ii. De serviços passam a estar abrangidos apenas pelo RECS (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços).

**Portaria 349-A/2013 - Portaria SCE** (FCTUC, 2014):

- Portaria publicada em Diário da República (nº 242, Suplemento, Série I) em 29-11-2013.

## Reabilitação energética de edifícios

- Determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE).
- Regulamenta as atividades dos técnicos do SCE.
- Estabelece as categorias de edifícios para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão.
- Fixa as taxas de registo no SCE.
- Estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE
- Determina os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual dos peritos qualificados (PQs).

### Portaria 349-B/2013 - Portaria técnica (FCTUC, 2014):

- Portaria publicada em Diário da República (nº 242, Suplemento, Série I) em 29-11-2013.
- Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE.
- Especifica os requisitos de comportamento térmico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e dos edifícios sujeitos a grande intervenção.
- Define a metodologia geral de cálculo e os requisitos globais dos:
  - i. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH);
  - ii. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).
- A metodologia de cálculo dos indicadores energéticos de referência ( $IEE_{ref}$ ,  $N_i$ ,  $N_v$ ,  $N_a$  e  $N_t$ ) é substancialmente diferente da do SCE de 2006.

Agora, estes indicadores são obtidos para os próprios edifícios assumindo, para o efeito, valores de referência para as soluções construtivas, para os sistemas de AVAC e para os padrões de ocupação, de equipamentos e de iluminação. (FCTUC, 2014)

### Portaria 349-C/2013 - Portaria REH e RECS (FCTUC, 2014):

- Portaria publicada em Diário da República (nº 233, 1ª Série) em 02-12-2013.
- Estabelece os elementos que devem constar dos procedimentos de licenciamento de operações urbanísticas de edificação (REH e RECS).

## Reabilitação energética de edifícios

- Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de autorização de utilização (REH e RECS).
- Define parte da metodologia de cálculo do REH.

### **Portaria 349-D/2013 - Portaria RECS (FCTUC, 2014):**

- Portaria publicada em Diário da República (nº 233, 1ª Série) em 02-12-2013.
- os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios abrangidos pelo RECS.
- Define parte da metodologia de cálculo do RECS.

De salientar para o sector da caixilharia, a portaria 349-D que se refere aos "*requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes*", (ANFAJE, 2014).

A nova Regulamentação define assim o aumento dos requisitos e exigências ao nível do conforto térmico dos edifícios, nomeadamente para a sua envolvente exterior. Em específico, define uma maior exigência para a aplicação de janelas eficientes através de requisitos técnicos de referência para as janelas. (ANFAJE, 2014)

### **Portaria 353-A/2013 – Portaria da Ventilação e da Qualidade do Ar Interior (QAI) (FCTUC, 2014):**

- Portaria publicada em Diário da República (nº 235, 1ª Série) em 04-12-2013.
- Estabelece as soluções de ventilação, os caudais mínimos de ar novo e as metodologias a aplicar para obter e/ou determinar o correspondente valor (métodos possíveis: prescritivo ou analítico).

Define os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação (FCTUC, 2014).

### **Despachos 15793/2013 - Notas Técnicas (FCTUC, 2014):**

Despachos publicados em Diário da República (nº 234, 2ª Série) em 03-12-2013

## Reabilitação energética de edifícios

- Despacho 15793-C - Modelos de pré-certificado e certificado do SCE.
- Despacho 15793-D - Fatores de conversão entre energia útil e energia primária.
- Despacho 15793-E - Regras de simplificação a utilizar nos edifícios existentes e nos sujeitos a grandes intervenções.
- Despacho 15793-F - Especificação dos parâmetros de zonamento climático e respetivos dados.
- Despacho 15793-G - Elementos mínimos a incluir nos procedimentos de ensaio e de receção das instalações e elementos mínimos a incluir no plano de manutenção.
- Despacho 15793-H - Contabilização do contributo dos sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável.
- Despacho 15793-I - Metodologias de cálculo das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento das necessidades nominais de energia útil para a produção de AQS e das necessidades nominais anuais globais de energia primária.
- Despacho 15793-J - Especificação das regras de determinação da classe energética.
- Despacho 15793-K - Parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente Despacho.
- Despacho 15793-L - Metodologia de apuramento da viabilidade económica no âmbito de um plano de racionalização energética.

## 2.4 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A construção sustentável concretiza-se com o planeamento partilhado, com a utilização racional dos materiais, com o respeito pelos ciclos naturais do ar e da água, com o recurso a estratégias passivas de produção de energia e com a gestão e reciclagem de resíduos (Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana - IRHU e Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - MAOTE, 2014).

Segundo Pereira (2009), o conceito de construção sustentável surge pela primeira vez em Novembro de 1994, na Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável (First World Conference for Sustainable Construction, Tampa, Florida), onde foi discutido o futuro da construção, no contexto da sustentabilidade. A construção

## Reabilitação energética de edifícios

sustentável refere-se à aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável às atividades construtivas, sendo a definição mais aceite internacionalmente, para o conceito de construção sustentável, a apresentada por Charles Kibert na Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável de 1994, que define construção sustentável como a "*criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos e a utilização eficiente dos recursos*" (IRHU e MAOTE, 2014 e Lopes, 2010).

Para responder à necessidade de pôr em prática o conceito de sustentabilidade têm sido desenvolvidos e aplicados, a nível internacional (desde a segunda metade da década de 1980), vários sistemas para avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, dos quais são exemplos (IRHU e MAOTE, 2014):

- Reino Unido - Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM);
- Estados Unidos da América - Leadership in Energy and Environment Design (LEEDTM);
- Japão - Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE);
- Canadá - Sustainable Building Tool (SBTool) desenvolvida pelo International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE)

Estes e outros métodos têm em vista reconhecer a sustentabilidade dos edifícios e meio construído. Para além dos métodos atrás referidos que podem ser aplicados em Portugal com as devidas adaptações, existem pelo menos dois cujas características foram ajustadas à realidade portuguesa: o LiderA e o SBToolPT. O LiderA é um sistema de apoio e avaliação da construção sustentável que foi desenvolvido no Instituto Superior Técnico (IST) (IRHU e MAOTE, 2014).

O LiderA é um sistema voluntário de apoio ao desenvolvimento de soluções e avaliação da sustentabilidade da construção, que atribui, em caso de desempenho comprovado, uma certificação pela marca portuguesa LiderA - Sistema de Avaliação da Sustentabilidade. O sistema classifica o desempenho de G a A (até A+++), sendo que o nível E representa a prática atual (ou de referência) e o nível A corresponde, em muitos

## Reabilitação energética de edifícios

critérios, a um desempenho cerca de 50% superior ao nível E. O sistema assenta num conjunto de seis princípios de bom desempenho ambiental (integração local, recursos, cargas ambientais, conforto ambiental, vivência socioeconómica e uso sustentável), traduzidos em 22 áreas e 43 critérios, nos quais se avalia os ambientes construídos em função do seu desempenho, no caminho para a sustentabilidade (IRHU e MAOTE, 2014).

O SBToolPT é uma ferramenta que permite o reconhecimento, a avaliação e a certificação da sustentabilidade de edifícios. A metodologia implementada na ferramenta SBToolPT baseia-se na ferramenta internacional SBTool. O SBTool é um sistema internacional, voluntário, de avaliação e reconhecimento da sustentabilidade de edifícios tendo sido desenvolvido pela associação sem fins lucrativos iiSBE e tendo resultado da colaboração em consórcio de equipas de mais de 20 países da Europa, Ásia e América (IRHU e MAOTE, 2014).

Este processo foi conduzido pela Associação iiSBE Portugal em colaboração com o LFTC-Universidade do Minho e a ECOCHOICE (IRHU & MAOTE, 2014).

O sistema SBToolPT engloba nove categorias e 30 parâmetros distribuídos por três dimensões (IRHU e MAOTE, 2014):

- a dimensão ambiental, onde estão englobadas as categorias: alterações climáticas e qualidade do ar exterior; biodiversidade, energia, utilização de materiais e produção de resíduos sólidos e consumo de água e efluentes.
- a dimensão social engloba categorias que se relacionem com o conforto e saúde dos ocupantes, bem como a acessibilidade e a sensibilidade e educação para a sustentabilidade.
- a dimensão económica envolve categorias que incidam sobre a avaliação dos custos de ciclo de vida dos edifícios (custo inicial e custos de operação).

Os valores normalizados da avaliação são convertidos numa escala, de A+ a E, sendo que a melhor prática será A ou A+ e a prática convencional representada pela letra D.

O CEN (Centro Europeu de Normalização) criou o Comité Técnico 350 (CEN/TC 350) que se encontra a preparar um conjunto de normas que levarão a uma uniformidade na aplicação de critérios e a possibilidade de comparação de resultados obtidos a partir dos

diferentes métodos de avaliação da sustentabilidade. Isto, se estes adotarem a futura normalização como referencial (IRHU & MAOTE, 2014).

### 2.5 EDIFÍCIOS COM NECESSIDADES QUASE NULAS DE ENERGIA

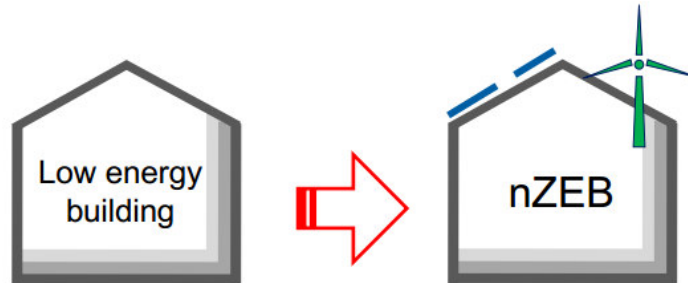
Os edifícios com necessidades quase nulas de energia surgem do conceito de edifício de balanço energético zero - net zero energy building (NZEB) que se trata de um edifício que cobre a totalidade das suas necessidades energéticas a partir de fontes de energia renováveis (FER), não poluentes, localmente disponíveis e rentáveis, Figura 2.7 a). Idealmente, estes edifícios geram energia suficiente, no local, para igualar o seu consumo operacional, o que se traduz num balanço nulo entre a energia produzida e a energia consumida (Viegas, 2012).

Segundo a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e Conselho de 19 de Maio de 2010, a partir de 2020, os edifícios novos deverão ser altamente eficientes e ter balanço energético quase do zero - *nearly zero energy buildings* (nZEB) e os edifícios do Estado vão ser os primeiros a ter que dar o exemplo, dois anos antes, em 2018. No artigo 2º, da mesma Diretiva, surge como definição de nZEB, "*um edifício com um desempenho energético muito elevado*" cujas "*necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis*", "*produzida no local ou nas proximidades*". Este conceito não é novo mas passa a ser obrigatório e está ainda em aberto o caminho para lá chegar, visto que os desempenhos energéticos elevados não são definidos na Diretiva e a contribuição das renováveis não é especificada neste documento e cabe a cada Estado-Membro definir e encontrar as metodologias para alcançar as metas propostas (Ascenso, 2014).

Desta forma pode entender-se por nZEB um edifício que, através de medidas de eficiência energética, reduz de forma significativa as necessidades de energia, podendo ser suprimidas facilmente através de FER. Assim, a performance de um edifício nZEB deve

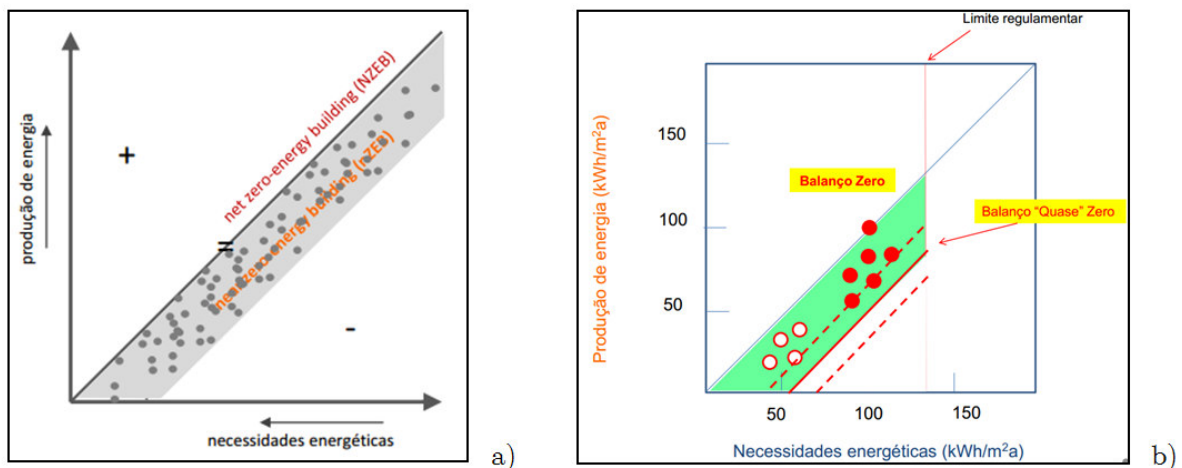
## Reabilitação energética de edifícios

ser atingida através da redução das necessidades energéticas em conjunto com a produção renovável, como ilustrado na Figura 2.6 (Viegas, 2012).



Fonte: Gonçalves, 2012

Figura 2.6 - nZEB.



Fonte: Gonçalves, 2012

Figura 2.7 - a) Balanços energéticos Zero e b) "Quase" Zero em função das necessidades e produção energéticas.

Verifica-se na Figura 2.7, que um edifício para ser considerado de balanço energético quase zero, deve ter necessidades e produção de energia que lhe permita estar nas faixas cinza da Figura 2.7 a) ou verde da Figura 2.7 b). Estes edifícios devem então estar abaixo da linha de balanço energético zero, ou sobre a mesma, onde os edifícios cobrem a totalidade das suas necessidades de energia, e acima linha limite de balanço energético quase nulo. Para além destes limites, os edifícios não podem ter um valor de necessidades energéticas superiores aos impostos pelos regulamentos, Figura 2.7 b).

### 3 MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO EXISTENTES

Os edifícios de habitação construídos antes da existência de regulamentação no âmbito do comportamento térmico de edifícios normalmente têm um comportamento térmico insatisfatório e conseqüentemente um fraco desempenho energético que se associa ao uso intensivo de dispositivos de aquecimento e arrefecimento do ar interior.

Para tornar os edifícios energeticamente eficientes, pode intervir-se através da reabilitação térmica da envolvente do edifício (opaca e transparente), recorrer a energias provenientes de fontes renováveis, recorrer a tecnologias solares ativas e também se pode recorrer à substituição dos sistemas e instalações de equipamentos por outros com melhores rendimentos e de menores consumos.

As medidas a ser implementadas devem ser estudadas em função do edifício a reabilitar, devendo cada caso ser sempre avaliado individualmente, considerando não só os fatores ambientais e de conforto como também ter em atenção os aspetos arquitetónicos, económicos e sociais.

As medidas de reabilitação energética devidamente estruturadas permitem reduzir as necessidades de energia de aquecimento e/ou arrefecimento, permitindo assim o desagravamento das despesas totais das famílias em climatização e melhorar as condições de conforto nas habitações.

#### 3.1 REABILITAÇÃO TÉRMICA ATRAVÉS DA ENVOLVENTE EXTERIOR DO EDIFÍCIO

Um maior isolamento na envolvente exterior traduz-se numa diminuição de perdas de calor para o exterior na situação de Inverno e na redução dos ganhos de calor na situação de Verão. Os principais problemas, que aumentam as necessidades de energia de aquecimento, relacionam-se com o pouco ou em alguns casos mesmo a ausência de

## Reabilitação energética de edifícios

isolamento dos elementos opacos como paredes, coberturas e pavimentos, e ainda devido à pouca utilização de vidros duplos nos vãos envidraçados e a permeabilidade ao ar dos mesmos vãos envidraçados, por vezes excessiva, também contribui para o acréscimo das necessidades de aquecimento.

As medidas de eficiência energética a aplicar na envolvente dos edifícios residenciais já existentes podem realizar-se através do (DGGE, 2004):

- reforço da sua proteção térmica, conseguido através do aumento do isolamento térmico dos elementos da envolvente e controlando os ganhos solares através dos vãos envidraçados, dotando-os com proteções solares adequadas;
- controlo das infiltrações de ar, que consiste na reparação e na eventual reabilitação da caixilharia exterior, bem como de outras medidas complementares;
- recurso a tecnologias solares passivas.

Considerando o ponto de vista da análise custo-benefício, as medidas de reabilitação energética, sobre a envolvente opaca, mais favoráveis são, em geral, as que são aplicadas nas coberturas, seguidas das aplicadas em pavimentos sobre espaços exteriores e, finalmente, as aplicadas às paredes exteriores (DGGE, 2004).

### 3.1.1 PAREDES EXTERIORES

O reforço do isolamento térmico das paredes exteriores pode ser concretizado através de três grandes opções, que dependem da posição relativa do isolante térmico a aplicar (DGGE, 2004):

- isolamento térmico exterior, apresentado no ponto 3.1.1.1;
- isolamento térmico interior, apresentado no ponto 3.1.1.2;
- isolamento térmico em caixa de ar (limitado ao caso de paredes duplas), apresentado no ponto 3.1.1.3.

## Reabilitação energética de edifícios

### 3.1.1.1 Soluções de isolamento térmico exterior

Quando possível, a aplicação do isolamento térmico pelo exterior, é preferível, visto que, apresenta inúmeras vantagens relativamente à aplicação pelo interior, como se verificar na Tabela 3.1. Entre elas destacam-se:

- a mínima interferência no interior da habitação, não reduzindo a sua área útil;
- a redução ou a eliminação de todas as pontes térmicas, devendo os pormenores de execução garantir a verdadeira continuidade do isolamento térmico;
- proteção estrutural do edifício das diferenças térmicas e adversidades climáticas, assegurando a integridade física dos edifícios, evitando-se sinais de envelhecimento típicos da construção;
- o aumento da inércia térmica interior dos edifícios.

Tabela 3.1 - Vantagens e inconvenientes do isolamento térmico exterior de fachadas em relação ao isolamento interior.

Vantagens	Inconvenientes
Isolamento térmico mais eficiente	Constrangimentos arquitetónicos
Proteção das paredes contra agentes atmosféricos	Constrangimentos de ordem técnica
Ausência de descontinuidade na camada isolante	Maior vulnerabilidade da parede ao choque, sobretudo no rés-do-chão
Supressão de pontes térmicas e redução dos riscos de condensação	Custo em regra mais elevado (aproximadamente o dobro)
Conservação da inércia térmica das paredes	Condicionamento dos trabalhos pelo estado do tempo
Manutenção das dimensões dos espaços interiores	Risco de fendilhação dos revestimentos (em soluções com revestimentos contínuos)
Menores riscos de incêndio e de toxicidade	
Manutenção da ocupação dos edifícios durante as obras	
Dispensa de interrupções nas instalações interiores e de trabalhos de reposição de acabamentos	
Eventual melhoria do aspeto exterior dos edifícios	

Fonte: (DGGE, 2004)

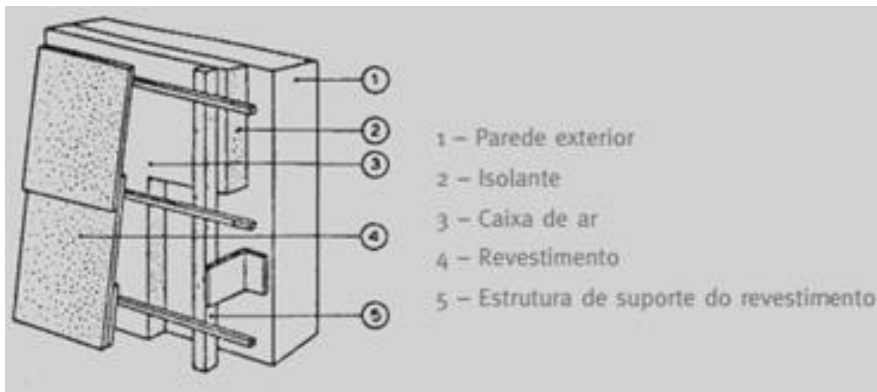
## Reabilitação energética de edifícios

Em relação à envolvente vertical opaca, os sistemas de isolamento pelo exterior, classificam-se em três tipos (DGGE, 2004):

- revestimentos independentes com interposição de um isolante térmico no espaço de ar, apresentado no ponto 3.1.1.1.1;
- sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior, apresentado no ponto 3.1.1.1.2;
- revestimentos isolantes , apresentado no ponto 3.1.1.1.3.

### 3.1.1.1.1 Revestimentos independentes com interposição de um isolante térmico no espaço de ar

O sistema de revestimentos independentes com interposição de um isolante térmico no espaço de ar, Figura 3.1, consiste na fixação mecânica de um revestimento independente exterior na superfície da envolvente opaca vertical, através de uma estrutura metálica ou de madeira. O revestimento exterior pode ser contínuo (rebocos armados) ou descontínuo (elementos pré-fabricados cerâmicos, de vidro, metálicos, ou compósitos, sendo possível uma diversidade de acabamentos, texturas e cores). O isolamento térmico encontra-se instalado entre a parede e o revestimento que no caso do revestimento independente descontínuo deixa um espaço de ar entre eles (DGGE, 2004), e desta forma é possível construir fachadas parcialmente ventiladas, constituídas por uma única lâmina de ar, isto é, com aberturas na parte inferior e superior ou podem dispor de aberturas na sua superfície, com sistemas de junta aberta (Anastácio, 2010).



Fonte: (DGGE, 2004)

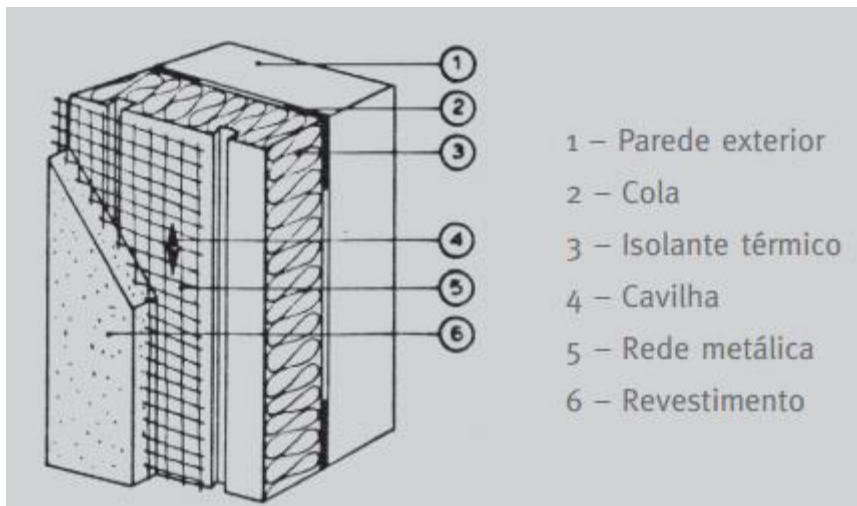
Figura 3.1 - Revestimento independente descontínuo com isolante térmico na caixa de ar.

### 3.1.1.1.2 Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior

Os sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior, vulgarmente designados de ETICS - *External Thermal Insulation Composite System*, são compostos por isolamento térmico aplicado sobre a envolvente exterior opaca, por colagem, por fixação mecânica ou por ambos os processos, e revestido por um reboco armado, que asseguram a impermeabilidade e a integridade do isolamento contra ações externas (DGGE, 2004). A camada de base do revestimento é aplicada em duas camadas, entre as quais é inserida uma armadura destinada a reduzir a fissuração e a melhorar a resistência aos choques. O reboco tem de ter boa aderência ao isolamento, sendo este ranhurado na face a revestir a fim de melhorar a aderência do revestimento (Anastácio, 2010).

Os sistemas ETICS podem ser de dois tipos, os quais se distinguem pela espessura do revestimento exterior (DGGE, 2004):

- sistema de isolamento térmico por revestimento espesso, Figura 3.2, utilizam-se geralmente placas de poliestireno expandido moldado (EPS) ou placas de lã mineral (MW) coladas diretamente ao suporte; sobre o isolamento térmico é aplicado um revestimento armado com rede metálica galvanizada, onde deve ser aplicado um revestimento final de massas plásticas ou uma tinta.



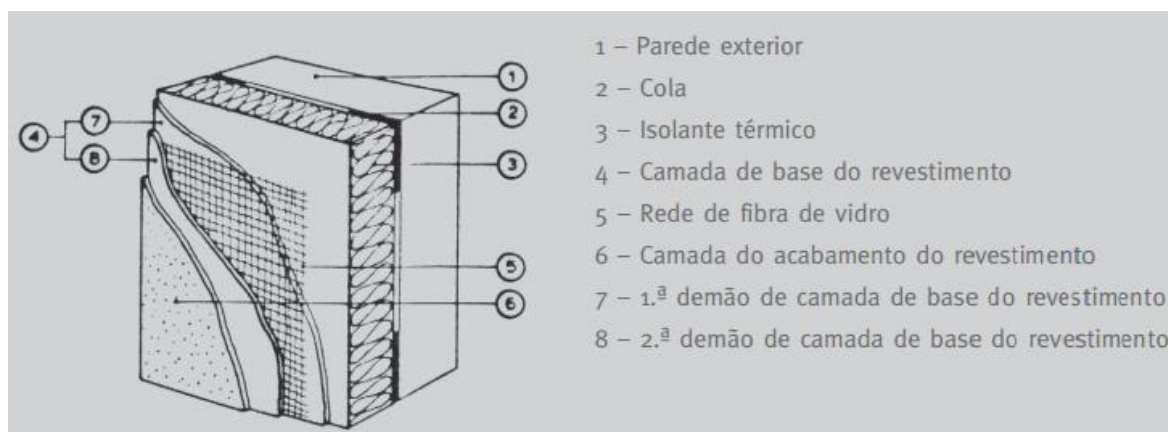
Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.2 - Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento espesso.

- sistema de isolamento térmico por revestimento delgado sobre isolante, Figura 3.3, que é mais usado que o espesso, utilizam-se sobretudo placas de

## Reabilitação energética de edifícios

poliestireno expandido moldado (EPS) colado e fixo mecanicamente ao suporte e um revestimento de ligante sintético ou misto, armado com uma rede flexível, como por exemplo de fibra de vidro. Porém, caso se pretenda usar um isolante de origem natural, por motivos de minimização do impacto ambiental, pode ser utilizado aglomerado de cortiça, caracterizado pela baixa condutibilidade térmica, que deriva da cortiça, uma matéria-prima totalmente natural e renovável. Neste sistema, a espessura total do revestimento sobre o isolante é inferior a 7mm.



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.3 - Sistemas compostos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento delgado.

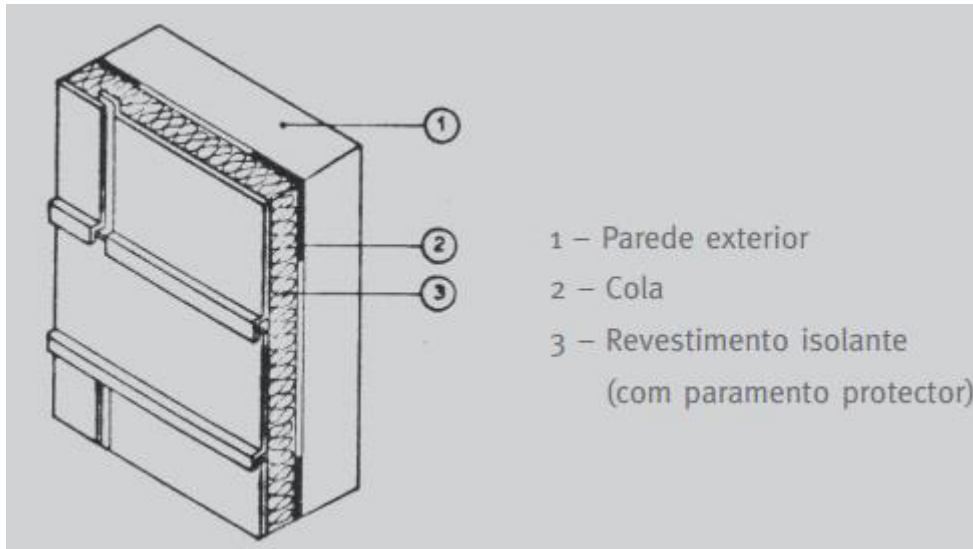
### 3.1.1.1.3 Revestimentos isolantes

#### i. *Revestimentos pré fabricados* isolantes descontínuos

Os sistemas de isolamento térmico por elementos descontínuos pré-fabricados, Figura 3.4, também designados por "vêntures", caracterizam-se por um material isolante em placa e revestido por elementos de natureza metálica, mineral ou orgânica. Como estes elementos são fornecidos com dimensões de fábrica tipificadas, existe por vezes dificuldade de adaptação a pontos singulares das fachadas, como por exemplo os vãos. Relativamente aos sistemas de isolamento térmico por revestimentos de elementos descontínuos com isolante na caixa de ar, dispensam a existência da estrutura de fixação intermédia e da lâmina de ar entre o revestimento e o isolante e em relação aos sistemas por revestimento

## Reabilitação energética de edifícios

sobre o isolante (ETICS), dispensam a execução de camadas sucessivas, que obrigam à manutenção da totalidade dos andaimes em obra durante mais tempo (DGGE, 2004).



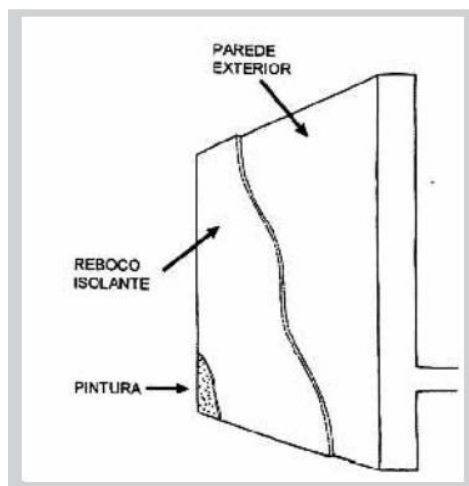
Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.4 - Sistema de isolamento térmico por elementos descontínuos prefabricados.

### *ii. Rebocos isolantes*

A solução de reboco isolante, Figura 3.5, consiste no revestimento composto por argamassas que incorporam grânulos de isolante térmico de diâmetro muito pequeno, de forma a reduzir a sua condutibilidade térmica em relação à das argamassas de rebocos tradicionais (DGGE, 2004).

Esta solução é menos eficiente que as outras soluções de reabilitação térmica, embora seja de mais fácil aplicação. Assim, esta solução não é por isso em geral suficiente para garantir por si só o nível de isolamento térmico adequado às paredes a reabilitar e não dispensará, na maior parte dos casos, a aplicação de outras medidas em simultâneo. Este facto leva a que os rebocos isolantes sejam considerados apenas soluções de complemento de isolamento térmico (DGGE, 2004).



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.5 - Solução de rebocos isolantes.

### 3.1.1.2 Soluções de isolamento térmico pelo interior

A solução de reabilitar termicamente a fachada pelo interior é um método menos dispendioso e de fácil execução, mas deve ser devidamente ponderado quando não se considere modificar o aspeto exterior do edifício e sempre que compense a perda de espaço útil. No entanto, esta medida tem o inconveniente de não suprimir as pontes térmicas planas e as lineares correspondentes às diversas situações de ligação entre elementos construtivos (Anastácio, 2010).

Para este tipo de isolamento existem diversas soluções, nomeadamente (DGGE, 2004):

- painéis isolantes prefabricados (gesso cartonado com placas de isolante térmico), apresentado no ponto 3.1.1.2.1;
- contra-fachada, apresentado no ponto 3.1.1.2.2.

#### 3.1.1.2.1 Painéis pré-fabricados

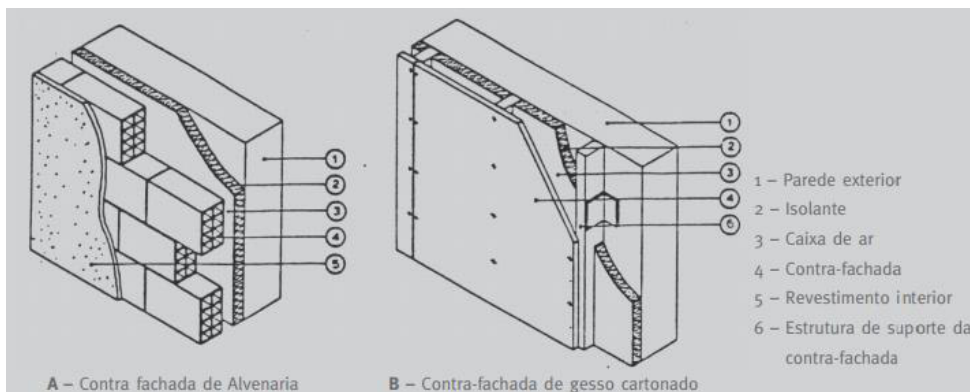
Os painéis pré-fabricados com a altura do pé direito livre dos compartimentos, constituídos por um paramento de gesso cartonado e uma camada de isolamento térmico

## Reabilitação energética de edifícios

compostas por placas de poliestireno expandido moldado (EPS) ou extrudido (XPS), coladas na parte de trás das placas de paramento em gesso. Estes painéis podem ser colados diretamente ou fixado através de uma estrutura de apoio que define uma caixa-de-ar intermédia (DGGE, 2004).

### 3.1.1.2.2 Contra-fachada

A solução de contra-fachada no lado interior da parede a reabilitar consiste na construção de um pano de alvenaria de espessura reduzida (contra-fachada de alvenaria), Figura 3.6 - A, ou de um forro em placas de gesso cartonado com a respetiva estrutura de apoio fixada à parede, em que o isolante térmico é aplicado desligado da placa de gesso cartonado (contra-fachada de gesso cartonado), Figura 3.6 - B (DGGE, 2004).



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.6 - Contra-fachadas com isolante na caixa de ar.

### 3.1.1.3 Soluções de isolamento térmico injetado na caixa-de-ar de paredes duplas

O isolamento térmico injetado na caixa-de-ar, é aplicável apenas a edifícios em que as paredes exteriores sejam constituídas por dois panos.

O reforço de isolamento térmico das paredes duplas por preenchimento da caixa-de-ar permite manter o seu aspeto exterior e interior, através de abertura de furos de injeção de materiais isolantes soltos ou de espumas. A injeção de isolamento na caixa-de-ar

## Reabilitação energética de edifícios

é uma solução possível e económica, apresentando no entanto algumas fragilidades na sua execução, o que se deve à dificuldade em preencher com espuma isolante a totalidade da caixa-de-ar, ou seja, o espaço de aplicação pode ter uma espessura pequena ou apresentar-se parcialmente preenchido com argamassa ou detritos, o que dificulta a sua homogeneização (Anastácio, 2010 e DGGE, 2004). A pressão de injeção deverá ser controlada para evitar a ocorrência de deformações na parede e garantir o completo preenchimento da caixa de ar. O número e a distribuição dos furos de injeção também deverá ser adequado e deverão ser realizados furos adicionais ou observação endoscópica para verificar esse preenchimento (DGGE, 2004).

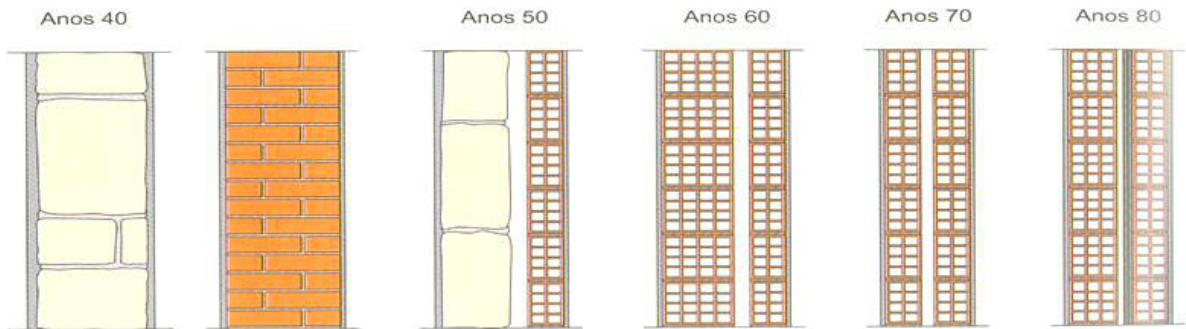
Relativamente aos isolantes a granel (soltos), para além do já referido, a sua aplicação deverá ser realizada de forma a evitar assentamentos, que poderão originar espaços vazios, constituindo pontes térmicas ou falta de isolante (DGGE, 2004).

### 3.1.1.4 Paredes exteriores existentes aplicando as soluções de reabilitação térmica

Em Portugal cerca de 70% dos edifícios foram construídos antes de 1990 e apenas cerca de 14% têm data de construção anterior a 1945. No âmbito desta dissertação procedeu-se a uma análise dos tipos de parede exterior mais comuns entre a década de 40 e a de 80 do século XX, representadas na Figura 3.7.

A análise efetuada mostrou a evolução das paredes exteriores ao longo das décadas entre 1940 e 1980. Inicialmente observam-se paredes resistentes simples de alvenaria de pedra nos anos 40. Posteriormente surgem as paredes duplas de pedra e tijolo nos anos 50, as paredes duplas com ambos os paramentos em tijolo nas décadas de 60 e 70 até que nos anos 80 se incorporam vários componentes entre os paramentos, como isolamento, barreiras pára-vapor, ventilação da caixa-de-ar, escoamento da água e correção da ponte térmica.

## Reabilitação energética de edifícios



Fonte: (Flores-Folen et all)

Figura 3.7 - Evolução das paredes exteriores entre os anos 40 e os anos 80 do século XX em Portugal.

A comparação do comportamento térmico destes elementos construtivos, que são constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, faz-se através dos valores do coeficiente de transmissão térmica superficial ( $U$ ), que se calcula de acordo com a seguinte fórmula:

$$U[W/(m^2 \cdot ^\circ C)] = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad [1]$$

$$R_j = esp_j / \lambda_j \quad [2]$$

em que:

$R_{si}$  - Resistência térmica interior, [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]

$R_j$  - Resistência térmica da camada  $j$ , [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]

$R_{se}$  - Resistência térmica exterior, [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]

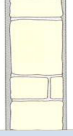

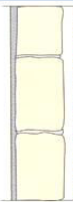
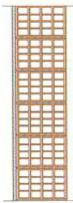
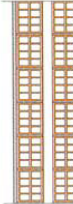
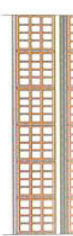
$esp_j$  - espessura da camada  $j$ , [ $m$ ]

$\lambda_j$  - condutibilidade térmica do material constituinte da camada  $j$ , [ $W/(m \cdot ^\circ C)$ ]

Na Tabela 3.2 apresentam-se os  $U$  das soluções de paredes exteriores da Figura 3.7, com a descrição dos constituintes de cada solução. Para a determinação dos  $U$ , das  $\lambda$  e das  $R$  necessárias, recorreu-se ao ITE 50.

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 3.2 - U das paredes exteriores de edifícios construídos entre a década de 40 e a de 80 do século XX.

Parede	Constituintes	$U$ [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]
 <p>Década de 40 (parede 1)</p>	Reboco tradicional	2,90
	Pedra (40 a 60 cm)	
	Reboco tradicional	
 <p>Década de 40 (parede 2)</p>	Reboco tradicional (1,5 cm)	1,58
	Tijolo cerâmico maciço (30 cm)	
	Reboco tradicional (2 cm)	
 <p>Década de 50</p>	Reboco tradicional	1,20
	Pedra (40 a 60 cm)	
	Caixa de ar	
	Tijolo vazado (11 cm)	
	Reboco tradicional	
 <p>Década de 60</p>	Reboco tradicional	0,96
	Tijolo vazado (15 cm)	
	Caixa de ar	
	Tijolo vazado (11 cm)	
	Reboco tradicional	
 <p>Década de 70</p>	Reboco tradicional	1,10
	Tijolo vazado (11 cm)	
	Caixa de ar	
	Tijolo vazado (11 cm)	
	Reboco tradicional	
 <p>Década de 80</p>	Reboco tradicional	0,54
	Tijolo vazado (15 cm)	
	Caixa de ar	
	Isolamento (3 cm de XPS)	
	Tijolo vazado (11 cm)	
	Reboco tradicional	

A Tabela 3.3 apresenta os principais isolantes térmicos que se utilizam nas soluções de reabilitação térmica de paredes exteriores, anteriormente descritas. Esses isolantes térmicos são o poliestireno expandido moldado (EPS), o aglomerado negro de cortiça (ICB), a argila expandida em grânulos (LWA), a lã mineral (MW), a espuma rígida de

## Reabilitação energética de edifícios

poliuretano (PUR), a vermiculite expandida em grânulos (VA) e a espuma de poliestireno extrudido (XPS).

Tabela 3.3 - Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica de paredes exteriores.

<i>Solução</i>	<i>Placas</i>					<i>Mantas</i>	<i>Material a granel</i>				<i>Espuma "in situ"</i>	
	<i>EPS</i>	<i>XPS</i>	<i>PUR</i>	<i>MW</i>	<i>ICB</i>	<i>MW</i>	<i>Grânulos</i>			<i>Fibras</i>	<i>PUR</i>	
							<i>EPS</i>	<i>VA</i>	<i>LWA</i>	<i>MW</i>		
[1] - Isolamento pelo exterior com revestimento delgado ou espesso sobre o isolante	•			•								
[2] - Isolamento pelo exterior com revestimento independente com isolante no espaço de ar	•	•	•	•								
[3] - Isolamento pelo exterior com reboco isolante							•	•	•			
[4] - Isolamento pelo interior com painéis isolantes	•	•	•	•								
[5] - Execução de <i>contra-fachada com isolante no espaço de ar</i>	•	•	•	•								
[6] - Preenchimento total da caixa de ar com isolante em paredes duplas							•	•	•	•		•

Fonte: (DGGE, 2004)

Os valores de referência, segundo o REH, dos coeficientes de transmissão térmica superficial ( $U_{ref}$ ), são 0,35 W/(m<sup>2</sup>.°C) para as paredes exteriores e 0,30 W/(m<sup>2</sup>.°C) para pavimentos elevados sobre o exterior e coberturas, para a zona climática I2 e o limite a partir de 31 de Dezembro de 2015.

Os valores de referência para as diversas soluções construtivas, permitem a obtenção dos valores máximos de necessidades energéticas para os próprios edifícios em estudo.

## Reabilitação energética de edifícios

Na Tabela 3.4 determinam-se as espessura de isolamento a aplicar nas paredes exteriores, nas diferentes soluções, de forma a obter  $U_{ref}$  (REH).

Segundo as informações da Tabela 3.3 e para efeitos de comparação consideraram-se para as soluções [1], [2], [4] e [5] a aplicação de placas de EPS e para a solução [6] grânulos de EPS.

Na solução [5] considerou-se uma contra-fachada realizada com alvenaria de tijolo de 7cm, e na solução [4] placas de gesso cartonado de espessura 15mm.

A solução [3] não faz parte desta comparação, devido ao já referido facto da menor eficiência, que a torna apenas num possível complemento às restantes soluções.

Tabela 3.4 - Espessuras da camada de isolante, a aplicar nas paredes exteriores década de 40 e a de 80, de forma a obter  $U_{ref}$ .

Parede	Aplicando a solução (Tabela 3.3)	$U_{ref}$ [W/(m <sup>2</sup> . °C)]	Espessuras da camada de isolante de forma a obter $U_{ref}$ (cm)
Década de 40 (parede 1)	[1] e [2]	0,35	10,0
	[4]		9,8
	[5]		9,3
Década de 40 (parede 2)	[1] e [2]		8,9
	[4]		8,6
	[5]		8,1
Década de 50	[1] e [2]		8,1
	[4]		7,8
	[5]		7,3
Década de 60	[1] e [2]		7,3
	[4]		7,0
	[5]		6,5
Década de 70	[1] e [2]		7,8
	[4]		7,6
	[5]		7,0
Década de 80	[1] e [2]	4,0	
	[4]	3,8	
	[5]	3,3	

## Reabilitação energética de edifícios

Relativamente à solução [6], a espessura de isolamento a aplicar está limitada à espessura da caixa de ar existente, pelo que relativamente á comparação se pretende determinar a espessura da caixa de ar necessária para preencher de isolante para se obter o valor de referência, Tabela 3.5. Nas paredes dos anos 40, esta solução não se aplica, visto serem paredes simples.

Tabela 3.5 - Espessuras da caixa de ar necessária para preencher de isolante, a aplicar nas paredes exteriores década de 50 e a de 80, de forma a obter  $U_{ref}$ .

Parede	$U_{ref}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	Espessuras da caixa de ar necessária para preencher de isolante de forma a obter $U_{ref}$ (cm)
Década de 50	0,35	12,2
Década de 60		10,9
Década de 70		11,7
Década de 80		6,1

De forma a conseguir os  $U_{ref}$ , verifica-se que as soluções de preenchimento de espaços de ar em paredes duplas necessitam garantir caixas de ar com mais de 10cm de espessura ou no caso das paredes dos anos 80, uma caixa de ar com 6cm para além do isolante existente de 3cm.

Como já foi referido anteriormente é preferível isolar exteriormente, tendo estas soluções como principal vantagem o facto de não se interferir na área útil interior e a nível do comportamento térmico do edifício através da supressão de pontes térmicas. Por outro, lado como é mais barato intervir pelo interior, pode tornar-se uma boa opção a aplicação de painéis isolantes prefabricados (gesso cartonado com placas de isolante térmico) com espessuras de isolante de cerca de 3cm, nas paredes dos anos 80, que reduzem de forma menos significativa o espaço útil interior. As soluções de contra-fachadas com um novo pano de alvenaria, reduzem o espaço útil interior não só com a espessura de isolante (entre cerca de 3 e 9 cm) como também com os tijolos de 7cm, pelo que face à solução de painéis

## Reabilitação energética de edifícios

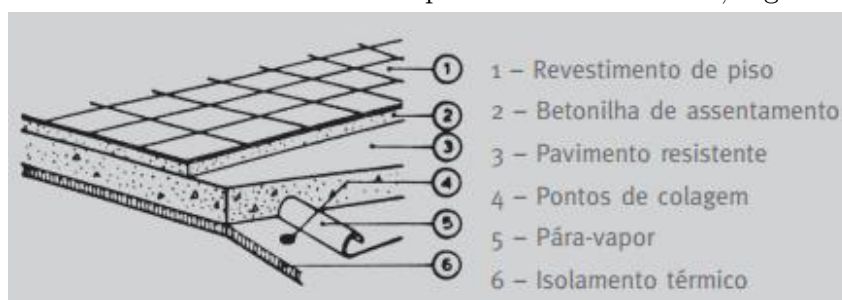
isolantes prefabricados de gesso cartonado ou a equivalente contra-fachada de gesso cartonado apoiada com perfis metálicos, são menos vantajosas.

### 3.1.2 REABILITAÇÃO TÉRMICA DE PAVIMENTOS

O isolamento térmico de pavimentos justifica-se sempre que estes se localizam sobre espaços exteriores, sobre espaços interiores não aquecidos ou pisos térreos (Anastácio, 2010).

Para isolar termicamente pavimentos existem três opções distintas que se caracterizam pela posição do material isolante no pavimento a reabilitar (DGGE, 2004), que a seguir se apresentam:

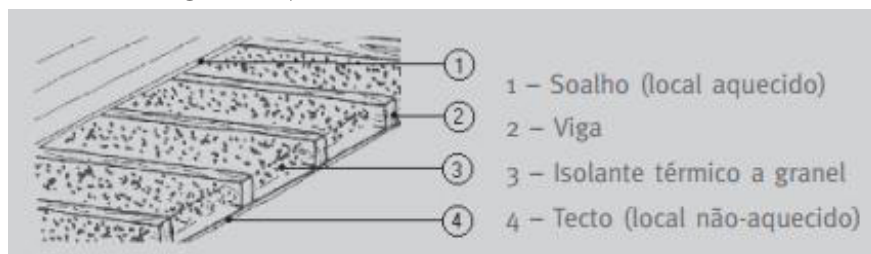
- Isolamento térmico aplicado na face inferior, Figura 3.8;



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.8 - Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico inferior.

- Isolamento térmico intermédio (limitado ao caso de pavimentos com vazios), Figura 3.9;

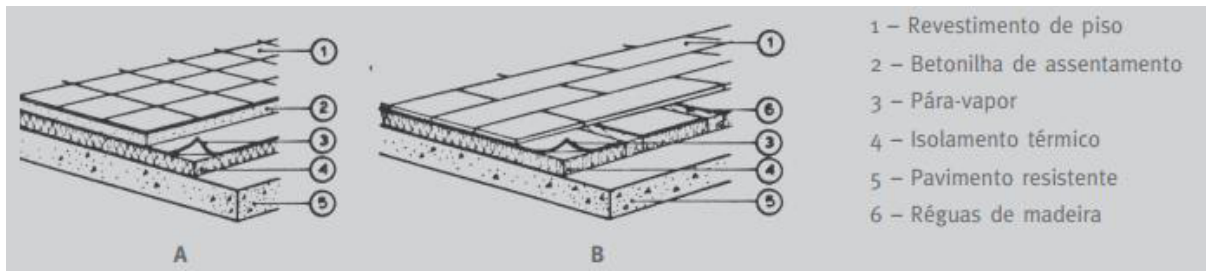


Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.9 - Pavimento sobre espaço não-aquecido – Isolamento térmico intermédio.

## Reabilitação energética de edifícios

- Isolamento térmico aplicado na face superior, Figura 3.10.



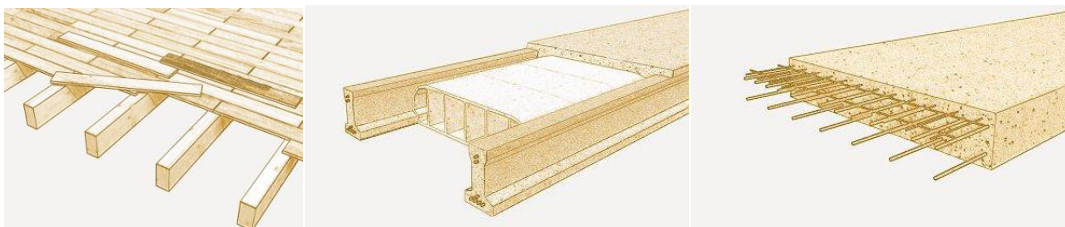
Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.10 - Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico superior.

### 3.1.2.1 Pavimentos existentes aplicando as soluções de reabilitação térmica

Os pavimentos térreos, de edifícios mais antigos, são geralmente executados em terra batida ou enrocamento de pedra, sobre a qual se coloca uma camada de revestimento que pode ser em lajedo de pedra, ladrilhos, tijoleira cerâmica ou sobrados de madeira (Andrade, 2011). Mais recentemente os pavimentos térreos são executados em betão armado.

Relativamente aos pavimentos elevados, dos edifícios mais antigos, estes são executados geralmente em madeira, sendo a solução mais frequente e simples a execução de um sistema de vigas paralelas colocadas a distância variável umas das outras e apoiadas nas paredes resistentes da estrutura (Andrade, 2011), Figura 3.11 a). Os pisos elevados mais recentes são geralmente executados com recurso a soluções de lajes maciças de betão armado, Figura 3.11 b) ou lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas, Figura 3.11 c).



a) b) c)

Figura 3.11 - Pavimentos elevados existentes - a) pavimento em vigas de madeira, b) laje aligeirada de vigotas e abobadilhas e c) laje maciça.

## Reabilitação energética de edifícios

Nas Tabelas 3.6, 3.7 e 3.8 apresentam-se os  $U$  para fluxos ascendentes e descendentes das soluções de pavimentos elevados representados na Figura 3.11, com a descrição dos constituintes de cada solução. Para a determinação dos  $U$ , das  $\lambda$  e das  $R$  necessárias, recorreu-se ao ITE 50.

Não se incluíram os pavimentos térreos na determinação da espessura de isolante a aplicar sobre o mesmo, pelo facto do método da determinação do  $U$  destes pavimentos depender de parâmetros muito variáveis. Esses parâmetros são o perímetro exposto e a área em contacto com o solo que dependem muito do caso em estudo.

Tabela 3.6 -  $U$  de pavimentos elevados com vigas de madeira.


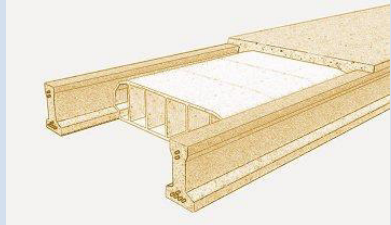
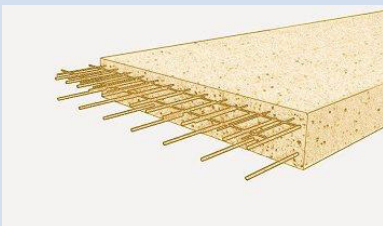
Pavimento	Constituintes	$U$ [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]
 <p>Elevado com vigas de madeira</p>	Soalho (com espessura de 3 cm)	1,55 (fluxo de calor descendente) e 1,97 (fluxo de calor ascendente)
	Espaço de ar entre vigas (com espessura de 30 cm)	
Teto falso (com espessura de 1 cm)		

Tabela 3.7 -  $U$  de pavimentos elevados com laje aligeirada.

Pavimento	Constituintes	$U$ [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]
 <p>Elevado com laje aligeirada</p>	Revestimento de piso (ladrilho, madeira, revestimento têxtil,...)	2,10 (fluxo de calor descendente) e 2,60 (fluxo de calor ascendente)
	Betonilha de assentamento ou de regularização	
	Laje aligeirada de blocos cerâmicos (com espessura entre 13 e 15 cm)	
	Revestimento de teto (reboco, estuque, pintura,...)	

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 3.8 - U de pavimentos elevados com laje maciça.

Pavimento	Constituintes	$U$ [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]
 <p>Elevado com laje maciça</p>	Revestimento de piso (ladrilho, madeira, revestimento têxtil,...)	2,50 (fluxo de calor descendente) e 3,10 (fluxo de calor ascendente)
	Betonilha de assentamento ou de regularização	
	Laje maciça (com espessura entre 10 e 20 cm)	
	Revestimento de teto (reboco, estuque, pintura,...)	

A Tabela 3.9 apresenta os principais isolantes térmicos que se utilizam nas soluções de reabilitação térmica de pavimentos, anteriormente descritas.

Tabela 3.9 - Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica de pavimentos.

<i>Solução</i>	<i>Placas</i>					<i>Mantas</i>	<i>Material a granel</i>				<i>Espuma "in situ"</i>
	<i>EPS</i>	<i>XPS</i>	<i>PUR</i>	<i>MW</i>	<i>ICB</i>		<i>MW</i>	<i>Grânulos</i>		<i>Fibras</i>	
								<i>EPS</i>	<i>VA</i>	<i>LWA</i>	
Pavimentos com revestimento sobre o isolante (isolamento superior)	•		•	•							
Pavimentos - teto falso com isolante na caixa de ar (isolamento inferior ou intermédio)	•	•	•	•	•	•					

Fonte: (DGGE, 2004)

Segundo as informações da Tabela 3.9 e para efeitos de comparação considerou-se a aplicação de placas de EPS em placas.

Na Tabela 3.10 determinam-se as espessura de isolamento a aplicar nos pavimentos elevados, nas diferentes soluções, de forma a obter o  $U_{ref}$  (REH).

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 3.10 - Espessuras da camada de isolante de forma a obter  $U_{ref}$  para os pavimentos.

Tipo de pavimento		Aplicando a solução de isolamento		$U_{ref}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	Espessuras da camada de isolante de forma a obter $U_{ref}$ (cm)
Elevado	Madeira	Superior	0,30	11,3	
		Inferior			
		Intermédio			11,9 (no espaço entre vigas)
	Laje aligeirada	Superior			11,8
		Inferior			
	Laje maciça	Superior			12,0
Inferior					

A variação de espessura de isolamento a aplicar apenas varia com o tipo de laje que constitui o pavimento, que lhe confere diferentes  $U$ . A posição do isolamento não influencia a espessura de isolante a aplicar, pois para a obtenção do  $U$  apenas interessa a resistência térmica das camadas a acrescentar. A exceção é aplicação do isolamento a um nível intermédio nos pavimentos com vigas de madeira onde se verifica a substituição de parte do espaço de ar entre vigas por isolamento.

Assim se o espaço subjacente ao pavimento estiver acessível, as soluções de isolamento térmico inferior são preferíveis, porque para além de ser mais eficiente do ponto de vista térmico, são também de mais fácil e rápida aplicação e de menor custo, referindo-se a desvantagem de poder reduzir o pé-direito do espaço subjacente, se este for habitável. As soluções de isolamento térmico superior são menos eficientes e reduzem o pé-direito do espaço habitável (DGGE, 2004).

### 3.1.3 REABILITAÇÃO TÉRMICA DE COBERTURAS

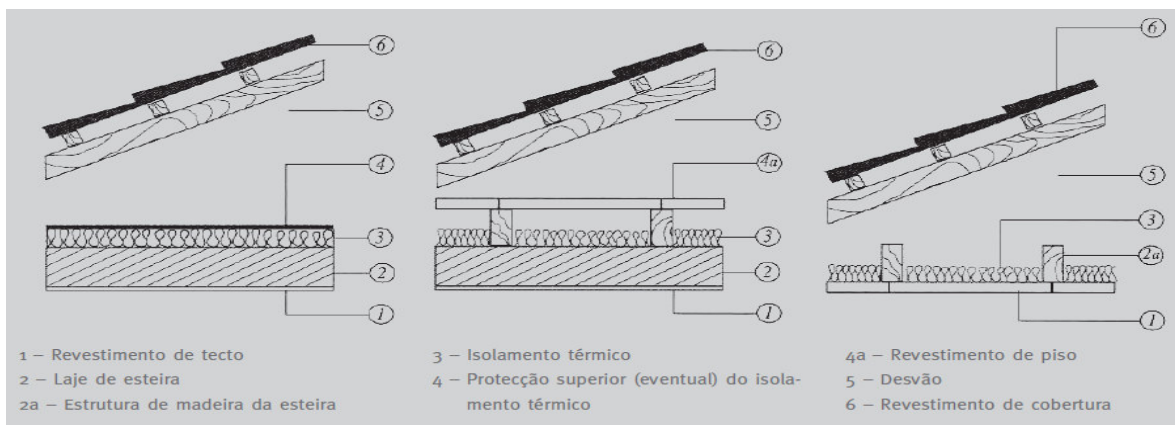
A cobertura é a parte constituinte da envolvente exterior que está sujeito a maiores variações térmicas. Este é um dos elementos mais significativos no condicionamento do desempenho térmico dos edifícios, pelo que o isolamento térmico de uma cobertura é uma intervenção prioritária, mais favorável energeticamente (Anastácio, 2010) e as

intervenções ao nível da cobertura são também medidas mais simples e menos dispendiosas (DGGE, 2004).

### 3.1.3.1 Coberturas inclinadas

Em coberturas inclinadas, o isolamento térmico pode ser assente segundo quatro opções que se caracterizam primeiramente pelo elemento da cobertura onde se aplica o isolamento e depois pela posição do isolante nesse mesmo elemento. Assim a aplicação do isolante térmico pode verificar-se na esteira horizontal (caso o desvão não seja habitável) (Anastácio, 2010 e DGGE, 2004), como mostra a Figura 3.12:

- isolamento aplicado na face superior da esteira do teto;
- isolamento aplicado na face inferior da esteira do teto.



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.12 - Cobertura inclinada com desvão não-habitável – Isolamento térmico na esteira horizontal.

Quando o espaço abaixo da cobertura não for utilizado para habitação ou lazer (desvão não habitável), é preferível a aplicação da camada de isolamento térmico sobre a esteira horizontal, eventualmente protegida superiormente. Este tipo de soluções é mais económico, quando comparado com o isolamento das vertentes, pois a quantidade de isolante utilizada é menor e a sua aplicação é em geral mais fácil, e por outro lado, haverá um menor consumo de energia para aquecimento durante a situação de Inverno, pois o desvão não necessita ser aquecido. Na situação de Verão também haverá um melhor

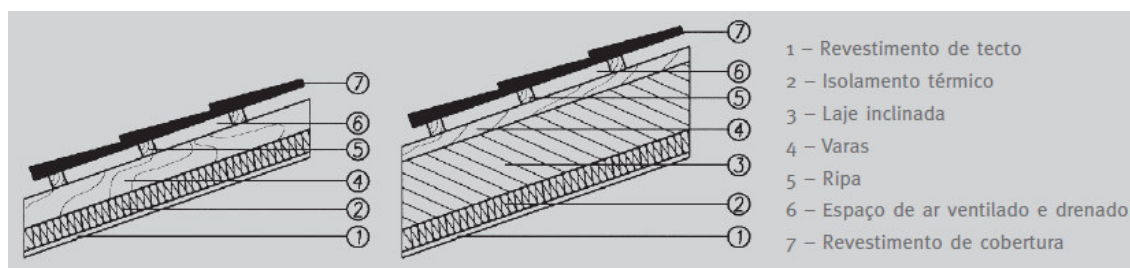
## Reabilitação energética de edifícios

desempenho térmico devido à dissipação do calor permitida pela ventilação do desvão (DGGE, 2004).

As soluções de isolamento térmico aplicado sob a esteira são menos aconselháveis que as soluções de isolamento térmico aplicado sobre a mesma, em particular quando existe laje de esteira, por não protegerem a estrutura contra as variações térmicas de origem climática e favorecerem as condensações internas (DGGE, 2004).

A outra opção para a colocação do isolamento térmico é nas vertentes (caso o desvão seja habitável) (Anastácio, 2010 e DGGE, 2004), como mostra a figura 3.13:

- isolamento aplicado nas vertentes da cobertura, em posição superior;
- isolamento aplicado nas vertentes da cobertura, em posição inferior.



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.13 - Cobertura inclinada com desvão habitável – Isolamento térmico nas vertentes.

As soluções de isolamento térmico aplicado segundo as vertentes das coberturas devem ser apenas executadas quando o desvão é habitável. Entre as soluções possíveis, o isolamento térmico sobre a estrutura da cobertura (vertentes) é do ponto de vista energético preferível, sobretudo quando existe uma estrutura de laje. Na sua aplicação deve ser assegurada a existência de uma lâmina de ar ventilada, entre o revestimento exterior da cobertura e o isolante térmico, para evitar a degradação dos materiais (DGGE, 2004).

Como há o risco de penetração da água da chuva batida pelo vento através das juntas de revestimentos, como é exemplo a telha, nessas soluções, quando o isolante térmico é colocado imediatamente sob o revestimento descontínuo da cobertura, recomenda-se neste caso a proteção superior do isolante com uma camada que impeça a

## Reabilitação energética de edifícios

passagem da água no estado líquido e a conseqüente molhagem do isolante, sem contudo criar uma barreira ao vapor do lado exterior do mesmo, que originaria nele condensações internas (DGGE, 2004).

As membranas de material plástico microperfuradas (com orifícios de dimensões suficientemente reduzidas para impedir a passagem de água no estado líquido mas permitindo a passagem do vapor de água) constituem soluções adequadas para uma tal barreira. Para além desta solução pode-se também apostar na dupla proteção da camada de isolamento térmico em ambas as suas faces com membranas de material plástico ou de papel “kraft” atuando com barreiras de controlo da permeabilidade ao vapor de água, ou, no caso de coberturas de telhado tradicionais com telhas de canudo, na disposição de uma solução denominada de “subtelha” sob o revestimento de telhas, constituída por chapas onduladas metálicas ou de outros materiais cujas ondas se ajustem às das telhas, que permitirá recolher a água da chuva eventualmente infiltrada através das juntas entre telhas (DGGE, 2004).

Se for impossível a remoção do revestimento exterior da cobertura, as soluções de isolamento térmico ficam limitadas à sua aplicação na face inferior da estrutura da cobertura (DGGE, 2004).

### 3.1.3.2 Coberturas horizontais

Para o reforço do isolamento térmico em coberturas horizontais, existem três grandes opções (DGGE, 2004):

- isolamento térmico superior, apresentado no ponto 3.1.3.2.1;
- isolamento térmico intermédio, apresentado no ponto 3.1.3.2.2;
- isolamento térmico inferior, apresentado no ponto 3.1.3.2.3.

### 3.1.3.2.1 Isolamento térmico superior

A de aplicação do isolamento na posição superior, acima da camada de forma é a mais aconselhável, e para esta opção existem dois tipos de soluções (DGGE, 2004):

- cobertura invertida;
  - isolante térmico suporte de impermeabilização,
- seguidamente apresentadas.

A cobertura invertida é a melhor das opções, pois permite aumentar a vida útil da impermeabilização ao protege-la de amplitudes térmicas significativas, e além disso, aquando da sua aplicação em reabilitação, permite aproveitar a impermeabilização já existente, caso esta ainda se encontre em bom estado (DGGE, 2004).

#### *i) Cobertura invertida*

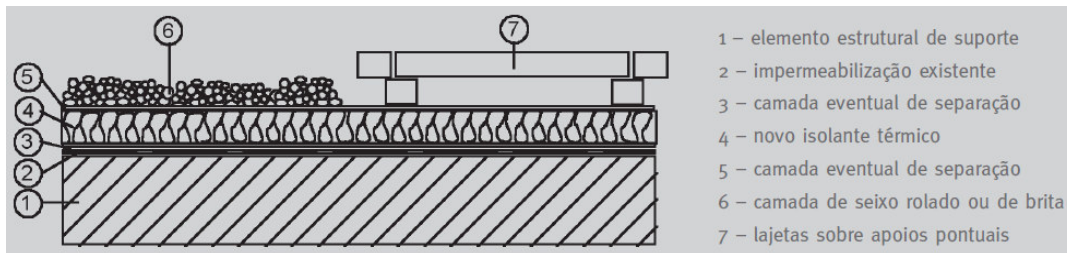
O isolamento térmico, na cobertura invertida, apresenta-se sob a forma de placas, e é aplicado sobre a impermeabilização (com eventual interposição de uma camada de separação), e protegido superiormente pela aplicação duma proteção pesada, que as impede de se deslocarem sob ação do vento ou de flutuações de água, que se pode ter acumulado na cobertura, e que as protege da radiação solar, cuja componente ultravioleta provoca a sua degradação (DGGE, 2004).

Atualmente as placas de poliestireno expandido extrudido (XPS) são o isolante térmico mais adequado para realizar uma solução de cobertura invertida (DGGE, 2004).

## Reabilitação energética de edifícios

Agora apresentam-se algumas situações onde se verifica a aplicação de coberturas invertidas (DGGE, 2004):

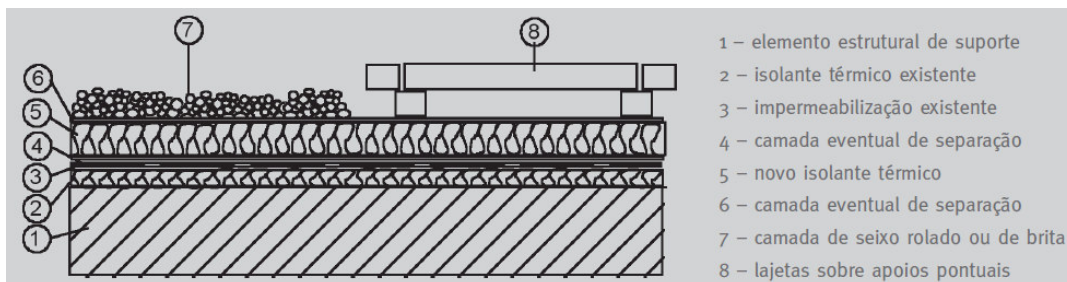
- cobertura invertida sobre impermeabilização existente ou nova, Figura 3.14;



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.14 - Cobertura invertida sobre impermeabilização existente ou nova.

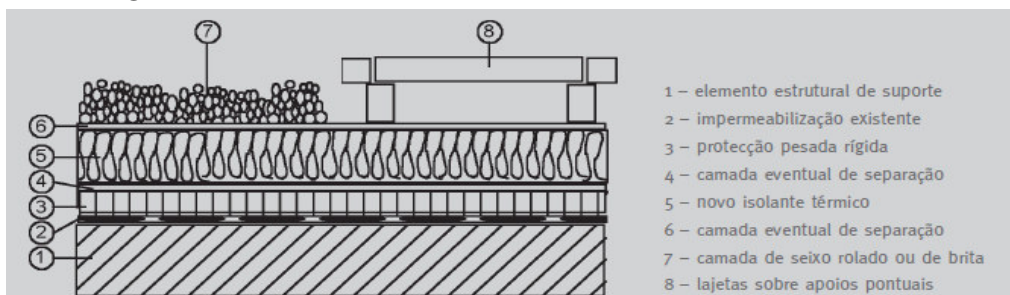
- cobertura invertida sobre isolante suporte de impermeabilização, Figura 3.15;



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.15 - Cobertura invertida sobre isolante suporte de impermeabilização.

- cobertura invertida sobre proteção pesada rígida (betonilha, ladrilhos ou mosaicos), Figura 3.16.



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.16 - Cobertura invertida sobre proteção pesada rígida existente.

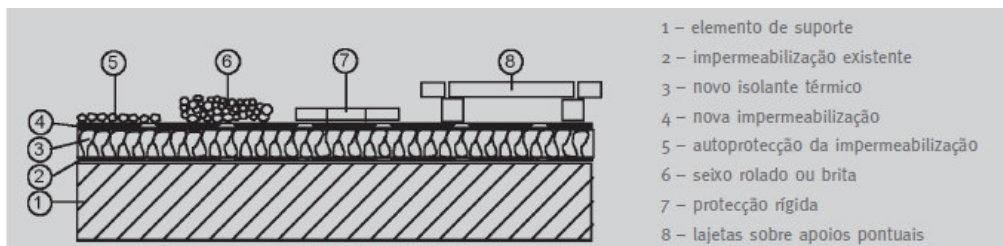
### ii) *Isolante térmico suporte de impermeabilização*

O isolante térmico constitui o suporte do revestimento de impermeabilização, nas soluções de isolante térmico suporte de impermeabilização. As placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB), de lã mineral (MW) e, ainda, de poliestireno expandido moldado (EPS) e de espuma rígida de poliuretano (PUR) constituem algumas das opções de isolantes térmicos a aplicar nesta solução (DGGE, 2004).

Em particular as soluções que recorrem a espumas sintéticas (EPS e PUR) exigem a realização de disposições complementares específicas, de modo a minimizarem-se os riscos de ocorrência de degradações nos revestimentos de impermeabilização (DGGE, 2004).

A sua aplicação pode ser executada sobre (DGGE, 2004):

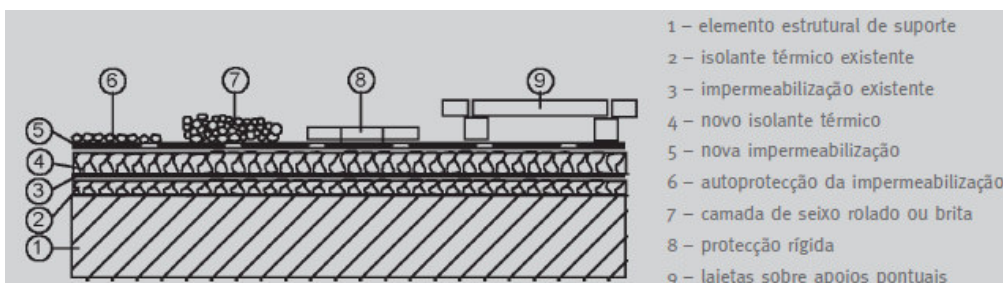
- impermeabilização existente, Figura 3.17;



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.17 - Aplicação sobre uma impermeabilização existente.

- uma solução de isolante térmico suporte de impermeabilização, Figura 3.18;

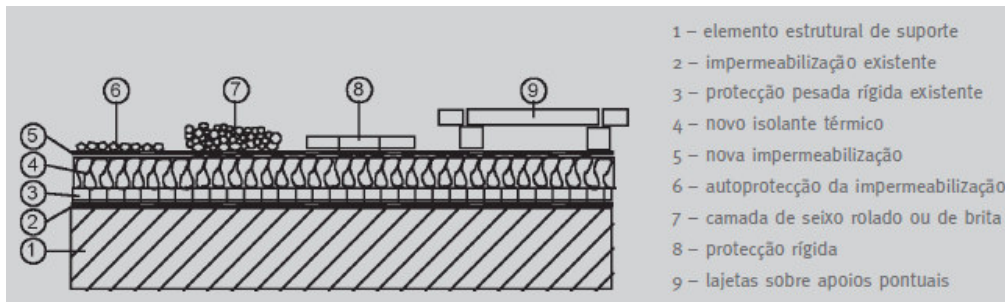


Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.18 - Aplicação sobre uma solução de isolante suporte de impermeabilização.

## Reabilitação energética de edifícios

- proteção pesada rígida (betonilha, ladrilhos ou mosaicos), Figura 3.19.



Fonte: (DGGE, 2004)

Figura 3.19 - Aplicação de nova solução (isolante + impermeabilização) sobre proteção pesada rígida existente.

### 3.1.3.2.2 Isolamento térmico intermédio

Relativamente às soluções em que o isolamento térmico se localiza em posição intermédia (entre a esteira horizontal e a camada de forma), exigem a reconstrução total das camadas subjacentes à laje de esteira, requerendo especiais cuidados de conceção e execução para evitar que ocorram fenómenos de choque térmico nas camadas acima do isolante térmico e a sua consequente degradação (DGGE, 2004).

### 3.1.3.2.3 Isolamento térmico inferior

A aplicação de isolante térmico em posição inferior à laje de esteira apenas se aceita quando integrado num teto falso desligado da esteira e tem como principal desvantagem o fato de não proteger termicamente a estrutura. A direta aplicação desse isolante na face inferior da laje de esteira deve ser evitada porque, além de ser termicamente menos eficiente, como acima mencionado, aumenta o risco de deformações de origem térmica da estrutura do edifício e a consequente degradação (DGGE, 2004).

## Reabilitação energética de edifícios

### 3.1.3.3 Coberturas existentes aplicando as soluções de reabilitação térmica

As estruturas de cobertura, à semelhança dos pavimentos, variam bastante no que se refere a geometria, forma estrutural e materiais estruturais. Quanto à forma, as coberturas de edifícios antigos podem ser coberturas inclinadas, curvas em forma de abóbadas e cúpulas, ou coberturas planas (em terraço). De entre estas, as de maior predominância são as coberturas inclinadas relativamente às curvas e planas. As coberturas inclinadas são, predominante, realizadas com estrutura de madeira com revestimento em telha cerâmica (Andrade, 2011). As soluções de coberturas planas, em terraço, são semelhantes às dos pavimentos (Andrade, 2011).

Nas Tabelas 3.11 e 3.12 apresentam-se os  $U$  para fluxos ascendentes e descendentes das soluções de coberturas inclinadas e em terraço, respetivamente, com a descrição dos constituintes de cada solução. Para a determinação dos  $U$ , das  $\lambda$  e das  $R$  necessárias, recorreu-se ao ITE 50.

Tabela 3.11 - U de coberturas inclinadas.

Cobertura	Constituintes	$U$ [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]
Inclinada	Esteira em laje maciça	Revestimento descontínuo (telha, chapa de fibrocimento, metálica,...) e respetiva estrutura de suporte
		Desvão ventilado não habitado
		Laje maciça (com espessura de 10 a 20 cm)
		Revestimento de teto (reboco, estuque, pintura,...)
Inclinada	Esteira em laje aligeira da	Revestimento descontínuo (telha, chapa de fibrocimento, metálica,...) e respetiva estrutura de suporte
		Desvão ventilado não habitado
		Laje aligeirada de blocos cerâmicos (com espessura de 13 a 25 cm)
		Revestimento de teto (reboco, estuque, pintura,...)

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 3.12 - U de coberturas em terraço.

Cobertura	Constituintes	$U$ [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]
Em terraço	Proteção exterior da cobertura (autoproteção, seixo, betonilha esquartelada, lajetas sobre apoios pontuais,...)	1,40 (fluxo de calor descendente) e 1,60 (fluxo de calor ascendente)  (considerando proteção de impermeabilização - leve (autoprotegida))
	Camada de proteção/ dessolidarização eventual (geotêxtil,...)	
	Laje maciça Sistema de impermeabilização	
	Camada de forma (betão leve, $e_{med} = 0,10m$ )	
	Laje maciça (com espessura entre 10 e 20 cm)	
	Revestimento interior (reboco, estuque, pintura,...)	
Em terraço	Proteção exterior da cobertura (autoproteção, seixo, betonilha esquartelada, lajetas sobre apoios pontuais,...)	1,30 (fluxo de calor descendente) e 1,40 (fluxo de calor ascendente)  (considerando proteção de impermeabilização - leve (autoprotegida))
	Camada de proteção/ dessolidarização eventual (geotêxtil,...)	
	Laje aligeirada Sistema de impermeabilização	
	Camada de forma (betão leve, $e_{med} = 0,10m$ )	
	Laje aligeirada de blocos cerâmicos (com espessura entre 13 e 15 cm)	
	Revestimento interior (reboco, estuque, pintura,...)	

A Tabela 3.13 apresenta os principais isolantes térmicos que se utilizam nas soluções de reabilitação térmica de coberturas, anteriormente descritas.

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 3.13 - Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica de coberturas.

<i>Solução</i>	<i>Placas</i>					<i>Mantas</i>	<i>Material a granel</i>				<i>Espuma "in situ"</i>
	<i>EPS</i>	<i>XPS</i>	<i>PUR</i>	<i>MW</i>	<i>ICB</i>	<i>MW</i>	<i>Grânulos</i>			<i>Fibras</i>	<i>PUR</i>
							<i>EPS</i>	<i>VA</i>	<i>LWA</i>	<i>MW</i>	
Coberturas horizontais com <i>suporte isolante de impermeabilização</i>	•*		•	•	•						
Coberturas horizontais com a solução <i>cobertura «invertida»</i>	•*	•									
Coberturas inclinadas com a aplicação de isolante sobre a esteira	•	•	•	•	•	•		•	•		
Coberturas inclinadas com a aplicação de isolante sobre a estrutura de suporte do revestimento da cobertura	•	•	•	•	•	•					
Coberturas inclinadas com a aplicação de isolante sob a estrutura de suporte do revestimento da cobertura	•	•	•	•	•	•					

\* EPS de massa volúmica elevada

Fonte: (DGGE, 2004)

Nas Tabelas 3.14 e 3.15 determinam-se as espessura de isolamento a aplicar, respetivamente, nas coberturas inclinadas e nas coberturas horizontais (em terraço), para as diferentes soluções, de forma a obter o  $U_{ref}$  (REH).

Segundo as informações da Tabela 3.13 e dos Quadros II.14 do ITE 50, para efeitos de comparação considerou-se a aplicação de placas de XPS para as soluções de cobertura invertida das coberturas planas e EPS com massa volúmica superior a  $20 \text{ kg/m}^3$ , para as soluções de coberturas planas com suporte isolante de impermeabilização. Para as coberturas inclinadas considerou-se a aplicação de placas de EPS.

Como descrito na Tabela 3.11 consideraram-se desvãos de cobertura não habitáveis pelo que não houve lugar ao estudo de espessuras de isolante a aplicar nas vertentes da cobertura uma vez que é mais simples e económico aplicá-lo na laje de esteira.

## Reabilitação energética de edifícios

Nas soluções de cobertura invertida considerou-se uma proteção pesada de seixos, com espessura de 10 cm.

Tabela 3.14 - Espessura de isolante a aplicar, em coberturas inclinadas, de forma a obter  $U_{ref}$  de coberturas inclinadas.

Cobertura			Aplicando a solução de isolamento	$U_{ref}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	Espessuras da camada de isolante de forma a obter $U_{ref}$ (cm)
Inclinada	Esteira maciça	em laje	Na face superior da esteira do teto	0,30	12,2
			Na face inferior da esteira do teto		
	Esteira aligeirada	em laje	Na face superior da esteira do teto		11,9
			Na face inferior da esteira do teto		

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 3.15 - Espessura de isolante a aplicar, em coberturas planas, de forma a obter  $U_{ref}$  de coberturas em terraço.

Cobertura	Aplicando a solução de isolamento	$U_{ref}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	Espessuras da camada de isolante de forma a obter $U_{ref}$ (cm)	
Em terraço	Laje maciça	Suporte de impermeabilização (proteção de impermeabilização leve (autoprotégida))	10,0	
		Suporte de impermeabilização (proteção de impermeabilização pesada)	9,7	
		Sobre impermeabilização (cobertura "invertida")	9,8	
	Laje aligeirada	Suporte de impermeabilização (proteção de impermeabilização leve (autoprotégida))	0,30	9,7
		Suporte de impermeabilização (proteção de impermeabilização pesada)		9,6
		Sobre impermeabilização (cobertura "invertida")		9,5
		Suporte de impermeabilização (proteção de impermeabilização leve (autoprotégida))		9,7

À semelhança do verificado com os pavimentos a variação de espessura de isolamento a aplicar apenas difere com o tipo de cobertura e da lajes que as constituem que lhes conferem diferentes  $U$ . Mais uma vez para a obtenção do  $U$  apenas interessa a resistência térmica das camadas a acrescentar.

### 3.1.4 REABILITAÇÃO TÉRMICA DE VÃOS ENVIDRAÇADOS

Os vãos envidraçados desempenham variadas funções tais como (Silva, 2012):

- a conexão visual com o exterior;
- iluminação;
- ventilação
- e captação de energia solar.

Os vãos envidraçados são elementos da envolvente exterior que influenciam de forma significativa o balanço energético dos edifícios, podendo, segundo Anastácio (2010), ser responsáveis por 35 a 40% das perdas térmicas nos edifícios de habitação na estação aquecimento. Estes valores dependem da caracterização dos elementos do vão como:

- o tipo de vidro (simples ou duplo);
- tipo de caixilharia (material e possibilidade de corte térmico nas metálicas);
- processo de montagem do conjunto (o que influencia sobretudo a permeabilidade ao ar).

O reforço do isolamento dos vãos envidraçados consegue-se através da (Silva, 2012):

- Substituição dos componentes dos vãos por outros com desempenho térmico melhorado (caixilharia com corte térmico associada a vidros duplos);
- Utilização de envidraçados de elevado desempenho térmico (vidros de baixa emissividade);
- Criação de janelas duplas (incorporação de um segundo caixilho);
- Substituição de vidros simples por duplos.

Outras medidas de reforço de isolamento térmico dos vãos envidraçados passam pela (Silva, 2012):

- aplicação de proteções solares permitindo a oclusão noturna;
- adição de dispositivos de sombreamento exteriores;
- isolamento térmico das caixas de estore.

### 3.2 SOLUÇÕES ATIVAS NA REABILITAÇÃO

Sempre que os sistemas de climatização passivos, não assegurem as condições de conforto regulamentares, pode-se recorrer a sistemas ativos. Recorrendo a sistemas ativos, preferencialmente dever-se-ia optar por sistemas que transformem energia proveniente de fontes renováveis em energia final. Destes sistemas ativos, os que normalmente estão integrados nos edifícios são (Silva, 2012):

- os coletores solares térmicos que transformam a radiação solar absorvida em calor, o qual é distribuído através de um fluido (ar ou água), destinam-se fundamentalmente ao aquecimento das águas sanitárias;
- e os painéis fotovoltaicos que convertem a energia solar em eletricidade. O seu grau de eficiência é sensível à intensidade da radiação solar e à temperatura do ar.

Segundo Silva (2012) existem soluções de em que sistemas ativos também têm um efeito passivo. Disto é exemplo a "integração de células fotovoltaicas em envidraçados com boa exposição solar, em que esta "fusão" de sistemas traz benefícios acrescidos se comparado com uma utilização não integrada, uma vez que funciona de forma ativa ao gerar energia e, simultaneamente, de forma passiva, pois restringindo os ganhos solares evita o sobreaquecimento", (Silva, 2012).

### 3.3 REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS SISTEMAS E INSTALAÇÕES

#### 3.3.1 ILUMINAÇÃO

As medidas de reabilitação energética, no campo da iluminação no edifício, passam primeiramente por uma maior utilização, da luz natural e pela substituição de lâmpadas existentes por outras mais eficientes (Silva, 2012).

As lâmpadas com o passar do tempo, vêm os seus níveis de iluminação iniciais diminuir, pelo que a substituição das mesmas deve ser efetuada antes de se atingir o nível

## Reabilitação energética de edifícios

mínimo de iluminação, para que se possam realizar as tarefas segundo as necessidades visuais, de forma a evitar acender outro ponto luminoso (Silva, 2012).

"Quanto mais tempo se utilizar a iluminação artificial, maior será a vantagem da substituição das lâmpadas convencionais por lâmpadas energeticamente eficientes como as lâmpadas fluorescentes tubulares e as lâmpadas fluorescentes compactas. As primeiras, devem ser instaladas com balastos de alta frequência permitindo, deste modo, eliminar o efeito de cintilação e aumentar em cerca de 20% a sua eficiência, quando comparados com a utilização de balastos convencionais. As lâmpadas fluorescentes compactas devem substituir as lâmpadas incandescentes, porque apesar de apresentarem um custo inicial superior, podem durar até cerca de 12 vezes mais do que as lâmpadas tradicionais, usando apenas 25% da energia para um fluxo luminoso equivalente", (Silva, 2012).

### 3.3.2 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Segundo João Silva, a utilização de equipamentos de climatização, em especial os de arrefecimento, têm registado um aumento muito significativo na Europa. Esta situação agrava o aumento do consumo energético, que leva a um aumento das emissões de  $CO_2$ , e conseqüentemente o aquecimento global.

Em Portugal, ao nível dos equipamentos de aquecimento, verifica-se uma predominância na utilização de aquecedores elétricos e aquecedores a gás, enquanto para arrefecimento do ambiente se utiliza mais o ar condicionado (Silva, 2012).

"No âmbito do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética – Portugal Eficiência 2015, criou-se para a área residencial e de serviços, o Programa Renove Casa e Escritório que visa tornar o parque de equipamentos domésticos (eletrodomésticos e iluminação) mais eficiente, quer através da substituição direta, quer através do desincentivo da compra de novos equipamentos com performances energéticas inferiores às melhores práticas existentes no mercado, quer ainda por via do estímulo a uma mudança de comportamentos na aquisição e no consumo de energia.

## Reabilitação energética de edifícios

Este programa também identifica medidas que visam a recuperação de edifícios com necessidades de reabilitação e que melhoram a sua performance energética, bem como medidas destinadas ao segmento dos serviços relativos aos equipamentos de escritório eficientes, nomeadamente:

- Substituição de equipamentos;
- Desincentivo à aquisição de novos equipamentos ineficientes;
- Medidas de remodelação;
- Renovação de equipamento de escritório", (Silva, 2012).

### 3.3.3 EQUIPAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

A produção de água quente sanitária (AQS), normalmente é feita recorrendo a esquentadores a gás ou termoacumuladores elétricos, mas também com o recurso a sistemas de coletores solares térmicos para produção de águas de AQS. As AQS são água potável a temperatura superior a 35°C utilizada para banhos, limpezas, cozinha e outros fins específicos, preparada em dispositivo próprio, com recurso a formas de energia convencionais ou renováveis (Silva, 2012).

Segundo João Silva, um sistema de coletores solares térmicos devidamente dimensionado e colocado, pode conduzir a uma poupança de 70% dos custos em energia necessários para a produção de AQS. Para uma maior eficiência dos sistemas solares para produção de AQS, também se deve isolar as tubagens de distribuição de água, tal como para as restantes situações, assim como a manutenção e limpeza dos painéis.

Em relação aos sistemas de aquecimento convencionais, a opção mais vantajosa economicamente e a nível ambiental é o gás natural (Silva, 2012).

### 3.4 MEDIDAS MAIS E AS MENOS COMUNS APLICADAS EM REABILITAÇÃO

Na Tabela 3.16 e 3.17 encontram-se expostas as medidas de reabilitação que, respetivamente, mais e menos se utilizam em Portugal, segundo um estudo realizado por Fernandes, dos Santos e Faria (2013).

Tabela 3.16 - Medidas mais comuns aplicadas em reabilitação em Portugal.

Soluções de melhoria do comportamento térmico-energético		
Frequentemente ou sempre aplicadas	<i>Coberturas</i>	Isolamento em coberturas inclinadas, colocado na laje de esteira
	<i>Paredes exteriores</i>	Isolamento pelo exterior; Isolamento pelo interior
	<i>Vãos envidraçados</i>	Caixilharia metálica com corte térmico e vidro duplo; Caixilharia em PVC Sistema de fecho de batente Sistema de sombreamento pelo exterior ajustável; Sistemas de sombreamento pelo interior
	<i>AQS</i>	Esquentador ou caldeira com classe de eficiência mais alta
	<i>Sistemas de climatização</i>	Pré-instalação de ar condicionado; Sistemas de AVAC
	<i>Pavimentos</i>	Isolamento de pavimentos sobre espaços não-aquecidos
	<i>Ventilação</i>	Sistemas de AVAC em edifícios de serviços

Fonte: (Fernandes et al, 2013)

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 3.17 - Medidas menos comuns aplicadas em reabilitação em Portugal.

Soluções de melhoria do comportamento térmico-energético		
Raramente ou nunca aplicadas	<i>Pavimentos</i>	Isolamento de pavimentos em contacto com o solo
	<i>Paredes exteriores</i>	Isolamento na caixa-de-ar por injeção
	<i>Vãos envidraçados</i>	Vidros duplos de baixa emissividade; Janelas duplas (2 janelas)
	<i>AQS</i>	Sistema solar térmico
	<i>Sistemas de climatização</i>	Sistema de recuperação de calor; Sistemas de biomassa
	<i>Ventilação</i>	Instalação de sistemas de ventilação natural ou mecânica em edifícios residenciais

Fonte: (Fernandes et al, 2013)

Neste capítulo estudaram-se diversas soluções de reabilitação energética existentes atualmente. Ao nível das intervenções na envolvente opaca do edifício, as soluções variam geralmente pela posição que o isolamento ocupa nos diversos elementos dessa envolvente.

Na envolvente transparente pode intervir-se nos vidros (vidros duplos, vidros de baixa emissividade), nas caixilharias (caixilharias com corte térmico ou janelas duplas), nas proteções solares ou ainda no isolamento de caixas de estores.

Para além das soluções passivas também pode recorrer-se a tecnologias solares ativas com painéis fotovoltaicos ou com coletores solares térmicos.

Em relação aos sistemas e instalações de equipamentos (iluminação, climatização, produção de AQS e outros equipamentos domésticos) também pode recorrer-se à substituição destes por outros com melhores rendimentos e de menores consumos.

## 4 CASO DE ESTUDO

Neste capítulo apresentam-se no ponto 4.1, as características do edifício em estudo desde a sua estrutura à constituição dos elementos da envolvente e no ponto 4.2 é feita a avaliação do desempenho energético do edifício, no seu estado atual, segundo o Decreto-Lei n.º 118/2013 e respetivas portarias e despachos.

### 4.1 O ESTADO ATUAL DO EDIFÍCIO

O edifício em estudo foi construído entre 1990 e 1992, é de tipologia T3 e trata-se de uma habitação unifamiliar, de um único piso (rés de chão), que tem uma área útil de pavimento de cerca de  $126 \text{ m}^2$ . Na Figura 4.1 apresenta-se a planta do projeto da habitação, cuja fachada principal se encontra voltada a Norte. Esta habitação localiza-se na Rua de S. Miguel-o-Anjo na anteriormente referenciada como freguesia de Sandim, que após entrada em vigor da Lei n.º 11-A/2013 de 28 de janeiro, passou a estar integrada na União das freguesias de Sandim, Olival, Lever e Crestuma, pertencente ao concelho de Vila Nova de Gaia.

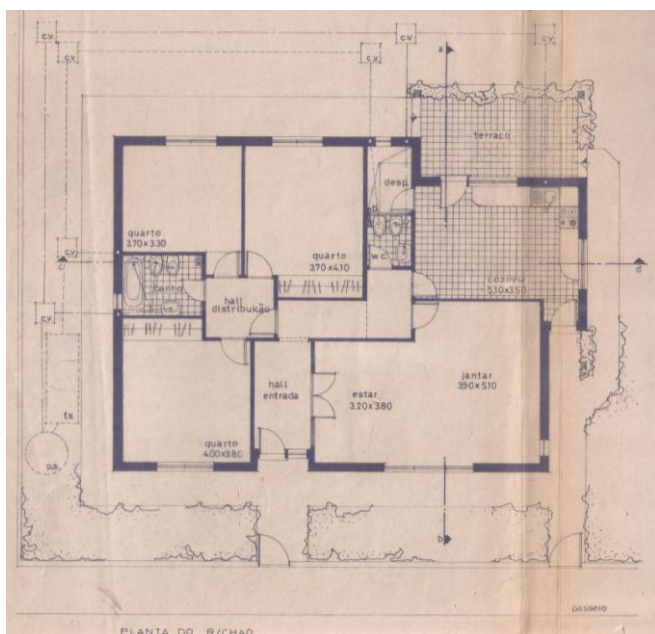


Figura 4.1 - Planta de arquitetura do projeto, de Fevereiro de 1988.

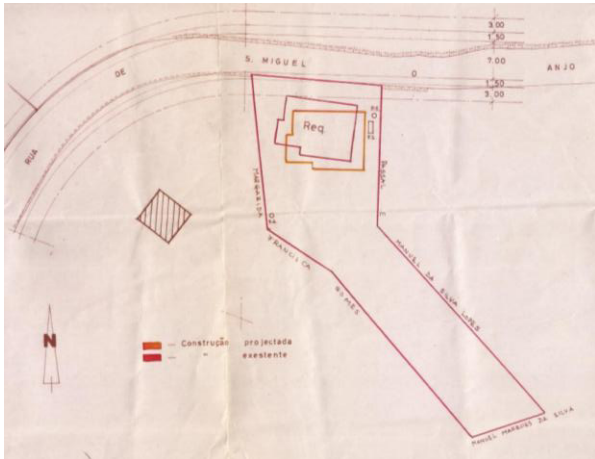


Figura 4.2 - Planta topográfica do edifício (Orientação).

Alterações ao projeto inicial, de interesse relativamente ao tema proposto:

- troca de posição entre a despensa e o quarto de banho de serviço junto à cozinha, sendo que o novo quarto de banho deixou de possuir a porta voltada a oeste para a cozinha e passou a ter uma voltada a este para acesso do quarto adjacente, tornando-se uma casa de banho privativa;
- deixou de existir a separação do hall de distribuição para o corredor da habitação;
- a janela da sala de jantar voltada a poente possui uma maior dimensão horizontal, indo de encontro à respetiva dimensão das janelas dos restantes compartimentos principais, como sendo a dos quartos e cozinha (1,80m);
- a cozinha deixou de possuir uma janela voltada a sul para a varanda;
- a varanda, originalmente um terraço por se tratar de uma moradia térrea em projeto, foi fechada com uma parede de tijolos maciços de 7 cm de espessura, até a altura de 1 m, sobre a qual se colocaram envidraçados com caixilharia de alumínio e vidro simples, Figura 4.3. Desta forma esta varanda tem de ser considerada uma marquise, embora ao longo desta dissertação seja sempre referenciada como varanda;

## Reabilitação energética de edifícios

- a habitação foi projetada como sendo térrea, mas como o terreno onde se situa não é plano, houve lugar à criação de uma cave, que tem como função estacionamento automóvel (garagem).



Figura 4.3 - Envoltente exterior do espaço não aquecido - varanda.

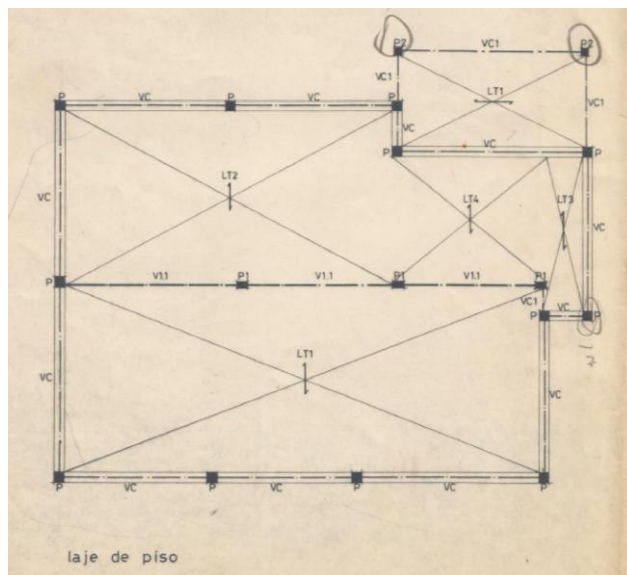


Figura 4.4 - Planta estrutural do projeto, de Junho de 1988.

No Anexo I apresentam-se a planta e os alçados, que contemplam as alterações referidas, relativamente ao projeto, bem como alguns ajustes dimensionais. O

## Reabilitação energética de edifícios

levantamento dimensional terá em consideração estes desenhos em detrimento dos do projeto original da habitação.

### 4.1.1 DESCRIÇÃO DAS PAREDES

#### 4.1.1.1 Exteriores

As paredes exteriores são paredes duplas com caixa-de-ar. O paramento exterior é constituído por alvenaria de blocos de cimento de 20 cm de espessura e o paramento interior por alvenaria de tijolo cerâmico de 7 cm de espessura, sendo que a caixa-de-ar é de 3 cm, completando a parede 0,30 m de espessura excluindo revestimentos.

#### 4.1.1.2 Interiores

As paredes interiores são constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico de 7 cm de espessura à exceção daquelas onde passam tubagens de distribuição ou drenagem de águas, sendo estas de alvenaria de tijolo cerâmico de 11 cm de espessura.

### 4.1.2 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DO EDIFÍCIO

#### 4.1.2.1 Pavimentos e tetos

Os pavimentos sobre a garagem e os tetos são constituídos por material aligeirado, pré-esforçado (lajes de vigotas e abobadilhas).

Acerca do pavimento sobre solo, não existe informação detalhada no projeto acedido pelo autor desta dissertação. Através do proprietário da moradia, soube-se que este pavimento terá sido executado com uma camada de betão que inclui uma malha-aço eletrosoldado (malha sol) que ajuda controlar a fissuração do mesmo. Esta camada de betão terá uma espessura a rondar os 10 a 12 cm, sobre a qual se colocou uma camada de regularização de 3 a 5 cm. Ainda segundo o proprietário da moradia, estas camadas não terão sido betonadas contra o solo, tendo sido essa betonagem executada sobre uma

## Reabilitação energética de edifícios

camada, previamente posta, de resíduos provenientes do desperdício na construção, reforma ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes, constituída por conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, betão, argamassa, aço e madeira.

### 4.1.2.2 Padieiras, beirais, vigas, pilares e sapatas

As padieiras, beirais, vigas, pilares e sapatas são constituídos por betão armado.

### 4.1.2.3 Cobertura

A cobertura é constituída por uma estrutura de madeira (asnas, madres, barrotes e ripas), Figura 4.5.



Figura 4.5 - Estrutura da cobertura e revestimento da cobertura.

## 4.1.3 DESCRIÇÃO DOS REVESTIMENTOS

### 4.1.3.1 Cobertura

A cobertura é revestida a telha cerâmica LUSA de cor vermelha, Figura 4.5.

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.1.3.2 Paredes

A face exterior das paredes exteriores é carapinhada, Figura 4.6, com argamassa de cimento branco e as faces das paredes do interior da habitação são estucadas e pintadas, à exceção da cozinha e dos quartos de banho que são revestidos a azulejo até à altura do teto, Figura 4.7.

A pintura é executada com tinta de água para interiores de tom claro.



Figura 4.6 - Revestimento exterior das paredes exteriores.



Figura 4.7 - Revestimento interior das paredes exteriores da cozinha (à esquerda) e dos quartos de banho (à direita).

### 4.1.3.3 Pavimentos

Os pavimentos são revestidos a tijoleira, Figura 4.8 b) a e), à exceção dos pavimentos dos quartos que são revestidos a tacos de madeira, Figura 4.8 a).

## Reabilitação energética de edifícios

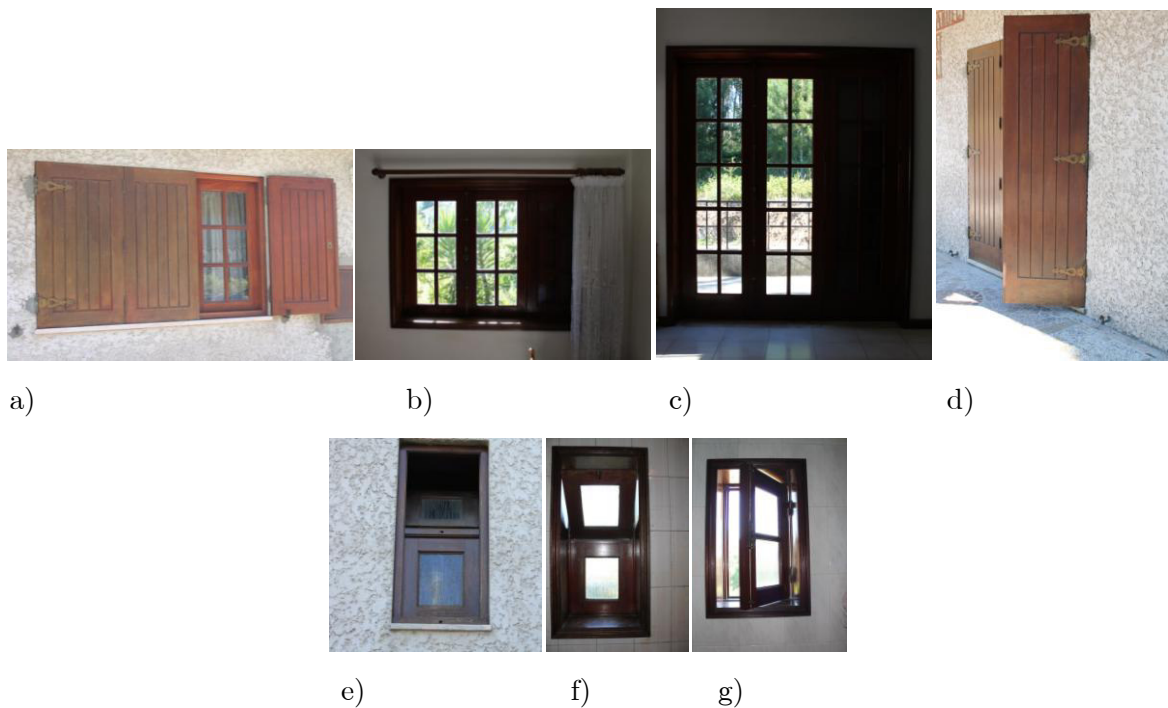


a) b) c) d) e)

Figura 4.8 - Revestimentos dos pavimentos - a)quartos, b)corredor, c)salas, d)cozinha e e) quartos de banho.

### 4.1.4 DESCRIÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS

Os envidraçados são constituídos por vidro simples com caixilharias de madeira e com portadas também elas em madeira maciça pelo exterior e cortinas pelo interior, à exceção dos envidraçados dos quartos de banho e do vestíbulo que não possuem quaisquer proteções solares, Figura 4.9.



a) b) c) d)



e) f) g)

Figura 4.9 - Envidraçados - a) quarto 1, portadas(N), b)sala (W), c)sala (N), d) sala, portadas (N), e)quarto de banho (E)pelo exterior, f) quarto de banho (E)pelo interior e g) quarto de banho privativo (S)pelo interior.

### 4.1.5 DESCRIÇÃO DAS PORTAS EXTERIORES

As portas exteriores, à semelhança das portadas das janelas, são de madeira maciça, Figura 4.10.



Figura 4.10 - Portas - a) da cozinha para o exterior (N), b) da cozinha para o espaço não aquecido - varanda (S), e c) do vestíbulo para o exterior (N).

## 4.2 AVALIAÇÃO DO EDIFÍCIO ATUAL SEGUNDO O DECRETO-LEI N.º 118/2013 E RESPETIVAS PORTARIAS

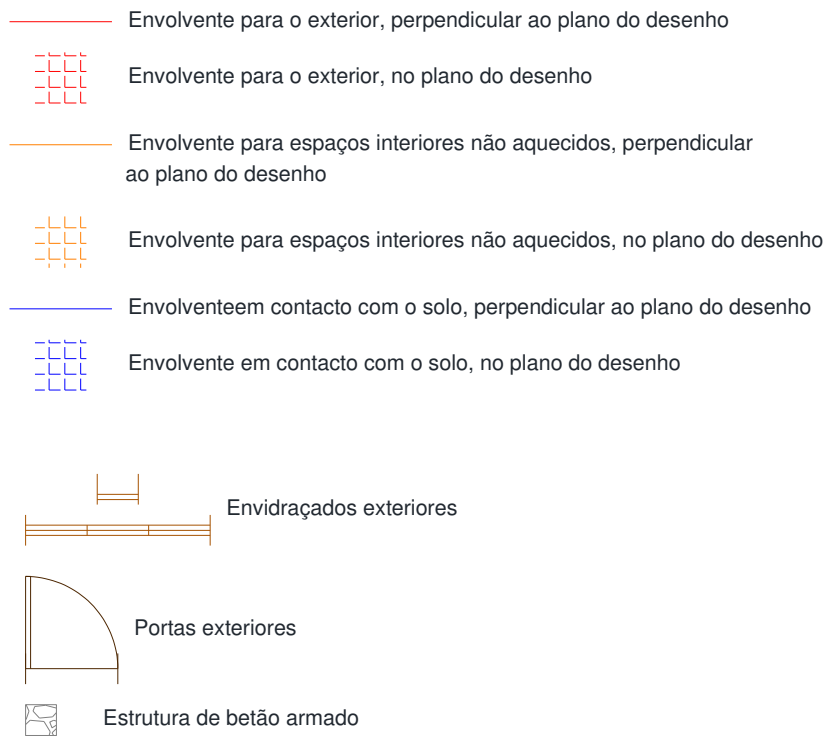
O edifício foi construído no início dos anos 90 do século XX. O seu projeto, no entanto data de 1988, pelo que foi concebido com base em legislação que não contemplava o ponto de vista energético, pois o RCCTE (DL 40/90) apenas entrou em vigor no ano de 1990.

Pretende-se verificar o desempenho energético do edifício no seu estado atual, de forma a identificar os aspetos mais relevantes no consumo energético, com o objetivo de encontrar soluções que permitam minimizar e otimizar a sua utilização.

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.1 DETERMINAÇÃO DAS ENVOLVENTES DA HABITAÇÃO

A envoltente opaca em contacto com o exterior, com espaços não aquecidos e com o solo encontram-se marcadas nas Figuras 4.11 a 4.15, bem como a envoltente transparente (envidraçados), as portas exteriores e a estrutura em betão armado do edifício, que se encontram representados nessas Figuras da seguinte forma:



## Reabilitação energética de edifícios

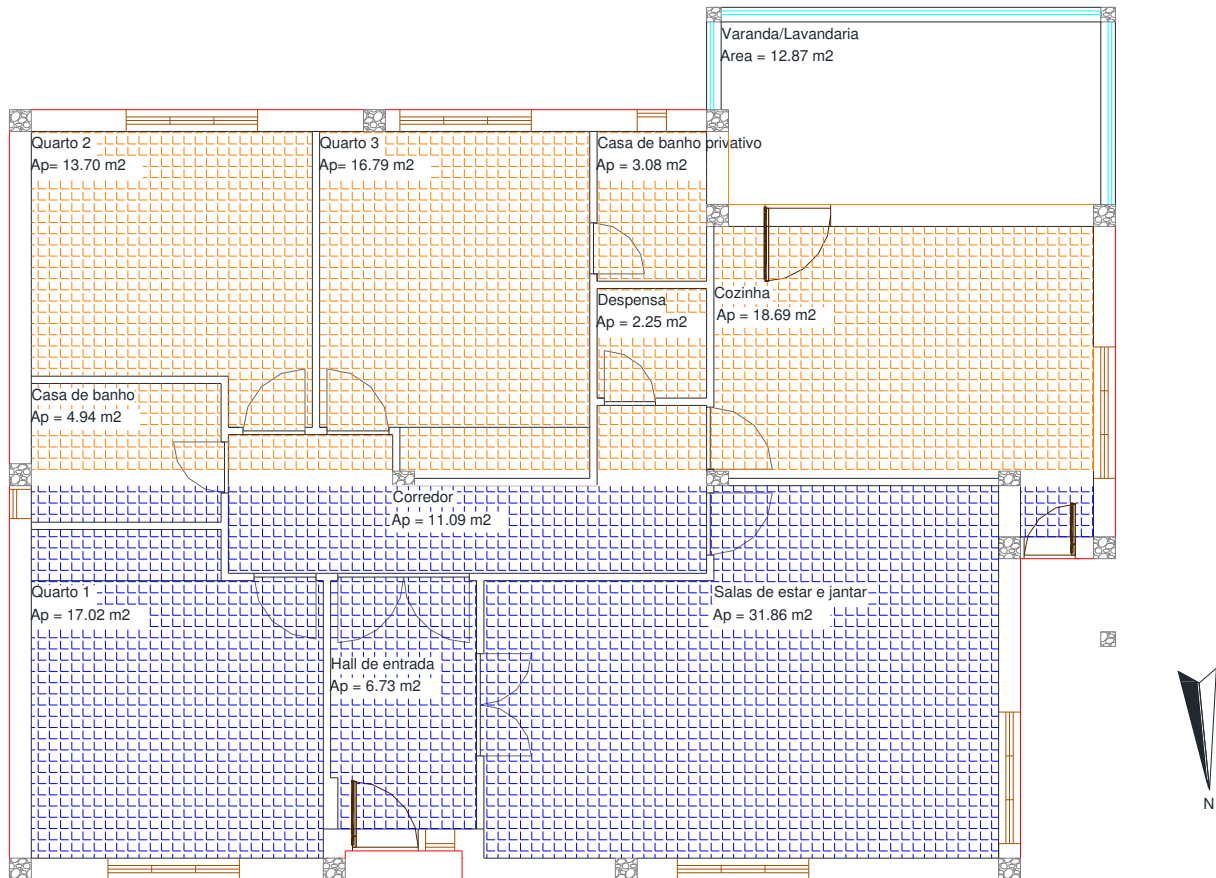


Figura 4.11 - Envolventes do edifício em planta.

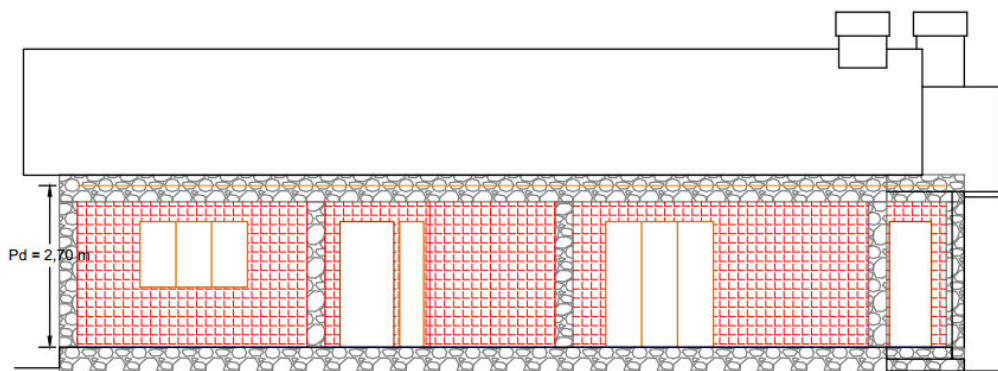


Figura 4.12 - Envolventes no alçado principal (voltado a Norte).

## Reabilitação energética de edifícios

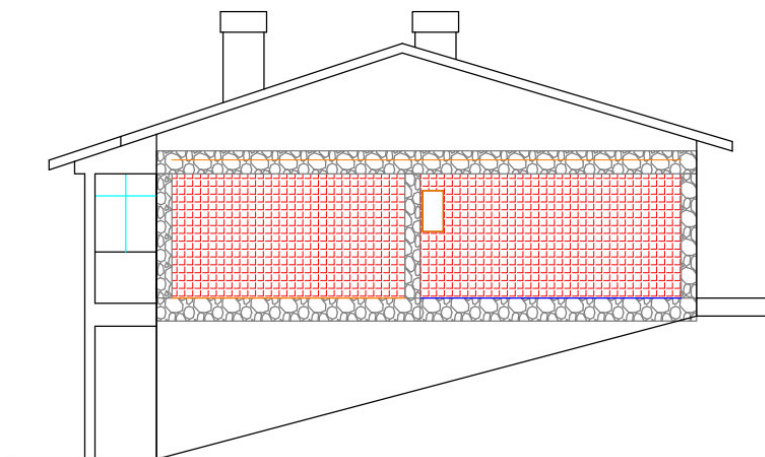


Figura 4.13 - Envolventes na alçada lateral esquerdo (voltado a Nascente).

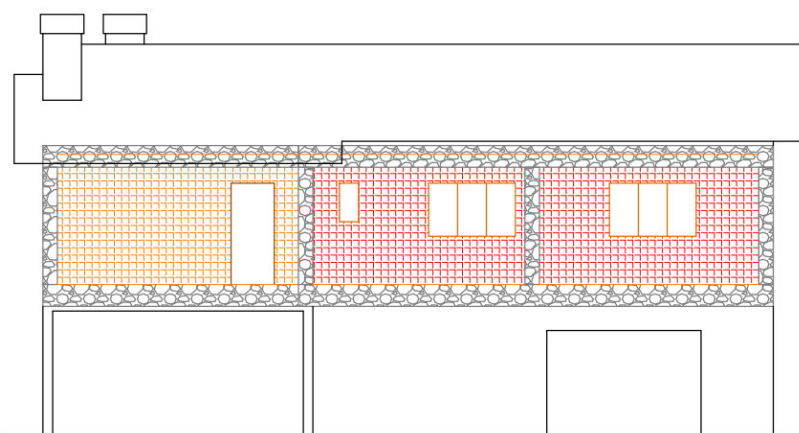


Figura 4.14 - Envolventes no alçado posterior (voltado a Sul).

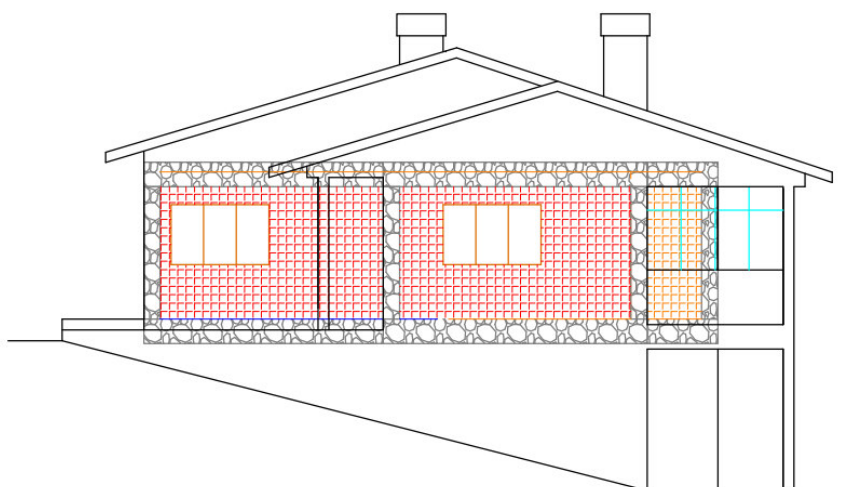


Figura 4.15 - Envolventes na alçada lateral direito (voltado a Poente).

## Reabilitação energética de edifícios

As envolventes encontram-se representadas, à escala, nos desenhos 7 ao 11 do Anexo I.

### 4.2.2 LEVANTAMENTO DIMENSIONAL

#### 4.2.2.1 Pé-direito

$$P_d = 2,70 \text{ m}$$

#### 4.2.2.2 Área útil de pavimento

Na alínea e) Artigo 2.º do Capítulo I do DL 118/2013, encontra-se definido que a «Área interior útil de pavimento», resulta do somatório das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis pertencentes ao edifício ou fração em estudo no âmbito do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). Desta forma:

Tabela 4.1 - Área Útil de Pavimento.

<i>Divisão</i>	<i>A<sub>p</sub> (m<sup>2</sup>)</i>
Quarto 1	17,02
Quarto 2	13,70
Quarto 3	16,79
Quarto de banho	4,94
Quarto de banho privativo	3,08
Corredor	11,09
Vestíbulo	6,73
Dispensa	2,25
Sala de estar e jantar	31,86
Cozinha	18,69
	Total = 126,15

## Reabilitação energética de edifícios

$$A_p = 126,15m^2$$

### 4.2.2.3 Área de envidraçados

Segundo as regras de simplificação incluídas na Tabela 01 do Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013, as portas de envolvente com uma área envidraçada inferior a 25% poderão considerar-se incluídas na secção corrente da envolvente opaca contígua, sendo que no caso contrário poderão ser tratadas globalmente como um vão envidraçado. Assim sendo:

Tabela 4.2 - Simplificação relativa às portas exteriores.

Porta	Orientação	largura da porta (m)	Altura da porta (m)	Área da porta (m <sup>2</sup> )
Cozinha	S	0,90	2,10	1,89
Cozinha	N	0,70	2,10	1,47
Vestíbulo	N	0,90	2,10	1,89

Tabela 4.3 - Simplificação relativa às portas exteriores (cont.)

Porta	Orientação	Número de vidros	largura dos vidros (m)	altura dos vidros (m)	Área dos vidros (m <sup>2</sup> )	% de área envidraçada
Cozinha	S	3	0,18	1,20	0,648	34,29
Cozinha	N	3	0,15	1,20	0,54	36,73
Vestíbulo	N	0	-	-	-	0

Com os resultados obtidos, as portas da cozinha contribuirão para a Área de envidraçados, pois a percentagem de área envidraçada é superior a 25%. Por outro lado, a porta de acesso ao vestíbulo considerar-se-á como parte da envolvente opaca corrente do

## Reabilitação energética de edifícios

edifício pois não possui área envidraçada (percentagem de área envidraçada é inferior a 25%).

Tabela 4.4 - Área de envidraçado ( $A_w$ ) do alçado principal (voltado a Norte).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de envidraçado (m)</i>	<i>Altura de envidraçado (m)</i>	<i>de <math>A_w</math> (m<sup>2</sup>)</i>
Quarto 1	1,80	1,10	1,98
Vestíbulo	0,40	2,10	0,84
Sala de estar e jantar	1,80	2,10	3,78
Cozinha	0,70	2,10	1,47
			Total = 8,07

Tabela 4.5 - Área de envidraçado ( $A_w$ ) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de envidraçado (m)</i>	<i>Altura de envidraçado (m)</i>	<i>de <math>A_w</math> (m<sup>2</sup>)</i>
Quarto de banho	0,50	0,80	0,40
			Total = 0,40

Tabela 4.6 - Área de envidraçado ( $A_w$ ) do alçado posterior (voltado a Sul)

<i>Divisão</i>	<i>Largura de envidraçado (m)</i>	<i>Altura de envidraçado (m)</i>	<i>de <math>A_w</math> (m<sup>2</sup>)</i>
Quarto 2	1,80	1,10	1,98
Quarto 3	1,80	1,10	1,98
Quarto de banho privativo	0,50	0,80	0,40
Cozinha para ENU varanda	0,90	2,10	1,89
			Total = 6,25

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.7 - Área de envidraçado ( $A_w$ ) do alçado lateral direito (voltado a Poente).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de envidraçado (m)</i>	<i>Altura de envidraçado (m)</i>	<i>de <math>A_w</math> (<math>m^2</math>)</i>
Sala	1,80	1,10	1,98
Cozinha	1,80	1,10	1,98
			Total = 3,96

### 4.2.2.4 Área de paredes em contacto com o exterior e área de pontes térmicas planas nas mesmas

Primeiramente refere-se que se tomou em consideração a simplificação enunciada na Tabela 01 do Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013, relativa a área de parede que diz que é possível ignorar áreas de parede associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m, caso que se verifica num recuado de 0,40 m para a porta principal do edifício de acesso ao vestíbulo. Assim nesse recuado, a envolvente a considera passa a ser o tracejado, representado na Figura 4.11.

A altura de parede ( $h$ ) a considerar, corresponde à medida compreendida entre o topo do pavimento e a base da viga, que se desenvolve ao longo de cada fachada. Como a altura da viga é constante (0,45 m) e os pavimentos das áreas úteis se encontram à mesma cota,  $h$  também será constante e corresponde ao  $h$  parede da Figura 4.16.

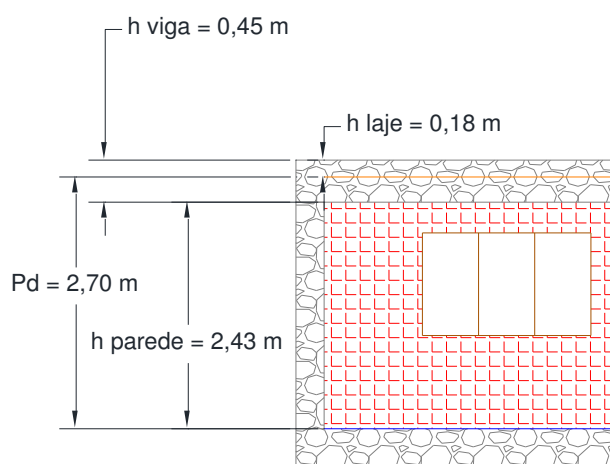


Figura 4.16 - Altura das paredes exteriores.

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.8 - Área de parede exterior ( $A_{\text{parede exterior}}$ ) do alçado principal (voltado a Norte).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )	$A_{\text{parede exterior}} = l \times h - A_w - A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )
Quarto 1	4,00	2,43	1,98	(1,80×0,20)	7,38
Vestíbulo	1,90		0,84	((0,90+0,40)×0,20)	3,52
Sala de estar e jantar	(1,80+4,95)		3,78	(1,80×0,20)	12,26
Cozinha	1,00		1,47	(0,70×0,20)	0,82
Total =					23,98

Tabela 4.9 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{\text{PTP}}$ ) do alçado principal (voltado a Norte).

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c)</i> (m)	<i>h das PTP viga</i> ( $h_{\text{PTP}}$ ) (m)	<i>nº de pilares intra - parede</i> (nP)	$A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )	$A_{\text{PTP}} = c \times h_{\text{PTP}} + nP \times 0,3 \times 2,7 + A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )
Quarto 1	4,00	0,45 - 0,18 = 0,27	0	0,36	1,44
Vestíbulo	1,90		0	0,26	0,77
Sala de estar e jantar	(1,80+4,95)		1	0,36	2,99
Cozinha	1,00		0	0,14	0,41
Total =					5,61

Tabela 4.10 - Área de parede exterior ( $A_{\text{parede exterior}}$ ) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )	$A_{\text{parede exterior}} = l \times h - A_w - A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )
Quarto 1	4,55	2,43	0,00	0	11,06
Quarto de banho	(1,15+0,55)		0,40	(0,40×0,20)	3,65
Quarto 2	3,40		0,00	0	8,26
Total =					22,97

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.11 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{PTP}$ ) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente).

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c)</i> (m)	<i>h das PTP viga</i> ( $h_{PTP}$ ) (m)	<i>nº de pilares intra – parede</i> (nP)	$A_{padietas}$ ( $m^2$ )	$A_{PTP} = c \times h_{PTP} + nP \times 0,3 \times 2,7 + A_{padietas}$ ( $m^2$ )
Quarto 1	4,55	0,27	0	0	1,23
Quarto de banho	(1,15+0,55)		1	0,08	1,35
Quarto 2	3,40		0	0	0,92
<b>Total = 3,50</b>					

Tabela 4.12 - Área de parede exterior ( $A_{parede\ exterior}$ ) do alçado posterior (voltado a Sul).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{padietas}$ ( $m^2$ )	$A_{parede\ exterior} = l \times h - A_w - A_{padietas}$ ( $m^2$ )
Quarto 2	3,90	2,43	1,98	(1,80×0,20)	7,14
Quarto 3	(0,65+2,85)		1,98	(1,80×0,20)	6,17
Quarto de banho privativo	1,55		0,40	(0,40×0,20)	3,29
<b>Total = 16,60</b>					

Tabela 4.13 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{PTP}$ ) do alçado posterior (voltado a Sul).

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c)</i> (m)	<i>h das PTP viga</i> ( $h_{PTP}$ ) (m)	<i>nº de pilares intra – parede</i> (nP)	$A_{padietas}$ ( $m^2$ )	$A_{PTP} = c \times h_{PTP} + nP \times 0,3 \times 2,7 + A_{padietas}$ ( $m^2$ )
Quarto 2	3,90	0,27	0	0,36	1,41
Quarto 3	(0,65+2,85)		1	0,36	2,12
Quarto de banho privativo	1,55		0	0,08	0,50
<b>Total = 4,03</b>					

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.14 - Área de parede exterior ( $A_{\text{parede exterior}}$ ) do alçado lateral direito (voltado a Poente).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{\text{padteiras}}$ ( $m^2$ )	$A_{\text{parede exterior}} = l \times h - A_w - A_{\text{padteiras}}$ ( $m^2$ )
Sala	4,10	2,43	1,98	(1,80×0,20)	7,62
Cozinha	4,25		1,98	(1,80×0,20)	8,05
<b>Total = 15,67</b>					

Tabela 4.15 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{\text{PTP}}$ ) do alçado lateral direito (voltado a Poente).

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c)</i> (m)	<i>h das PTP viga</i> ( $h_{\text{PTP}}$ ) (m)	<i>nº de pilares intra - parede</i> (nP)	$A_{\text{padteiras}}$ ( $m^2$ )	$A_{\text{PTP}} = c \times h_{\text{PTP}} + nP \times 0,3 \times 2,7 + A_{\text{padteiras}}$ ( $m^2$ )
Sala	4,10	0,27	0	0,36	1,47
Cozinha	4,25		0	0,36	1,51
<b>Total = 2,98</b>					

### 4.2.2.5 Área de paredes em contacto com espaços interiores não aquecidos/ espaços não uteis

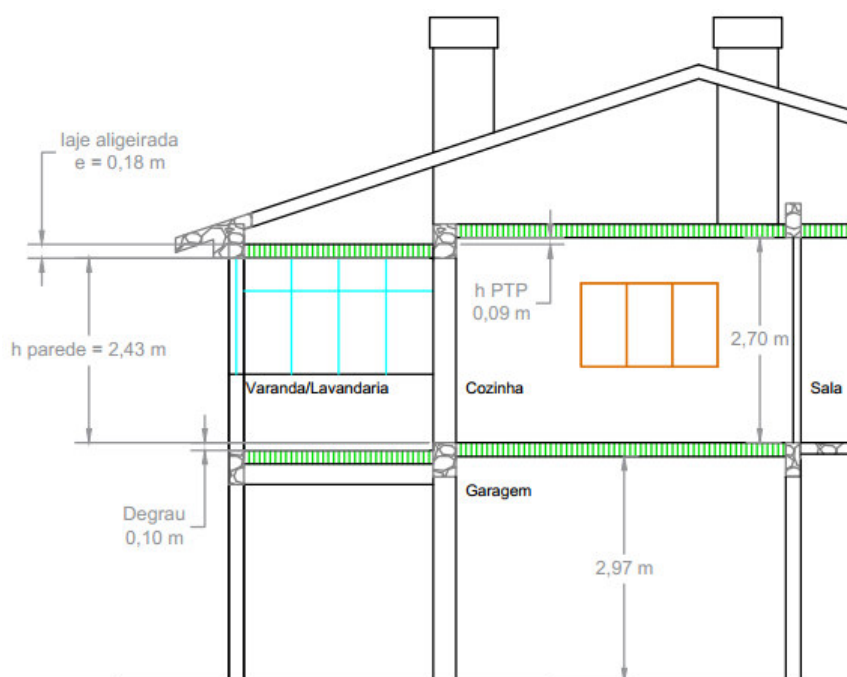


Figura 4.17 - Pormenor parede entre cozinha e varanda/lavandaria.

## Reabilitação energética de edifícios

No caso da parede entre a varanda/lavandaria e a cozinha e da parede entre a varanda e casa de banho privativo, a altura da parede ( $h$ ) é igual á da restante envolvente, como se pode constatar através da Figura 4.17.

Tabela 4.16 - Área de parede em contacto com ENU varanda ( $A_{\text{parede ENU}}$ ) do alçado posterior (voltado a Sul).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>de h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )	$A_{\text{parede ENU}} = l \times h - A_w - A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )
Cozinha	5,00	2,43	1,89	(0,9 × 0,2)	10,18
Total =					10,18

Tabela 4.17 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{\text{PTP}}$ ) do alçado posterior (voltado a Sul) em contacto com o ENU varanda.

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c)</i> (m)	<i>h das PTP viga (h<sub>PTP</sub>)</i> (figura 4.17) (m)	<i>nº de pilares intra - parede</i> (nP)	$A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )	$A_{\text{PTP}} = c \times h_{\text{PTP}} + nP \times 0,3 \times 2,7 + A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )
Cozinha	5,00	0,09	0	0,18	0,63
Total =					0,63

Tabela 4.18 - Área de parede em contacto com ENU varanda ( $A_{\text{parede ENU}}$ ) do alçado lateral direito (voltado a Poente).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>de h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{\text{parede ENU}} = l \times h - A_w$ ( $m^2$ )
Quarto de banho privativo	1,00	2,43	0,00	2,43
Total =				2,43

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.19 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{PTP}$ ) do alçado lateral direito (voltado a Poente) em contacto com o ENU varanda.

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c) (m)</i>	<i>h das PTP viga (<math>h_{PTP}</math>) (m)</i>	<i>nº de pilares intra-parede (nP)</i>	<i><math>A_{padias}</math> (<math>m^2</math>)</i>	<i><math>A_{PTP} = c \times h_{PTP} + nP \times 0,3 \times 2,7 + A_{padias}</math> (<math>m^2</math>)</i>
Cozinha	1,00	0,09	0	0	0,09
					Total = 0,09

### 4.2.2.6 Área de pavimento em contacto com espaços interiores não aquecidos/ espaços não uteis

#### 4.2.2.6.1 Teto em contacto com desvão de cobertura

A área de teto em contacto com o desvão de cobertura ( $A_{pavim. sob cobertura}$ ) tem valor igual à área útil de pavimento:  $A_{pavim. sob cobertura} = A_p = 126,15 m^2$ .

#### 4.2.2.6.2 Pavimento sobre garagem

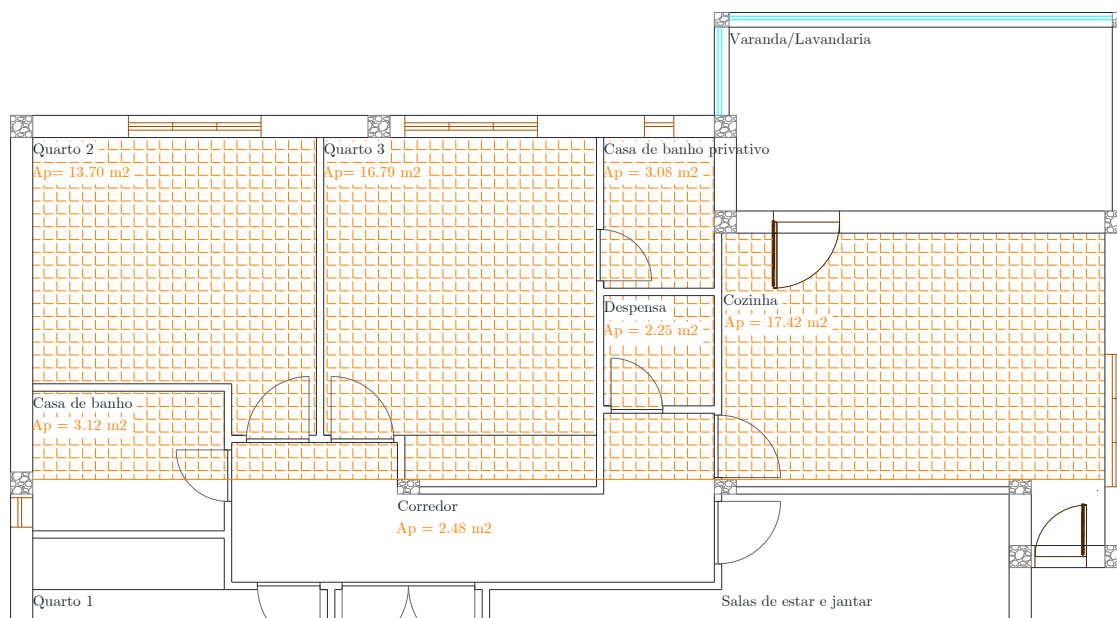


Figura 4.18 - Área útil de pavimento em contacto com a garagem.

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.20 - Área útil de pavimento em contacto com a garagem.

Divisão	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	
Quarto 2	13,70	<i>Total em zona de quartos = 30,49</i>
Quarto 3	16,79	
Quarto de banho	3,12	<i>Total nas restantes zonas = 28,35</i>
Quarto de banho privativo	3,08	
Corredor	2,48	
Despensa	2,25	
Cozinha	17,42	

$$A_{\text{pavim. sobre garagem}} = 58,84 \text{ m}^2$$

### 4.2.2.7 Área de pavimento em contacto com o solo

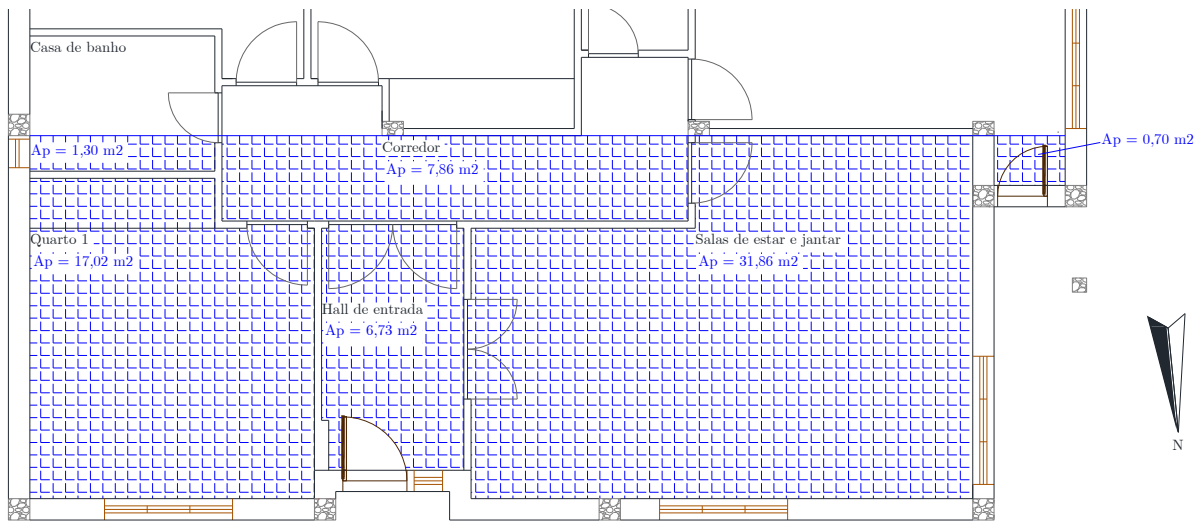


Figura 4.19 - Área útil de pavimento em contacto com o solo.

Tabela 4.21 - Área Útil de Pavimento em contacto com o solo.

Divisão	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	
Quarto 1	17,02	<i>Total em zona de quartos = 17,02</i>
Quarto de banho	1,30	<i>Total nas restantes zonas = 48,45</i>
Corredor	7,86	
Vestíbulo	6,73	
Sala de estar e jantar	31,86	
Cozinha	0,70	

$$A_{\text{pavim. sobre solo}} = 65,47 \text{ m}^2$$

#### 4.2.2.8 Determinação dos comprimentos das pontes térmicas lineares

Na Figura 4.20 está apresenta-se a planta do edifício, com a representação de todas as pontes térmicas lineares deste.

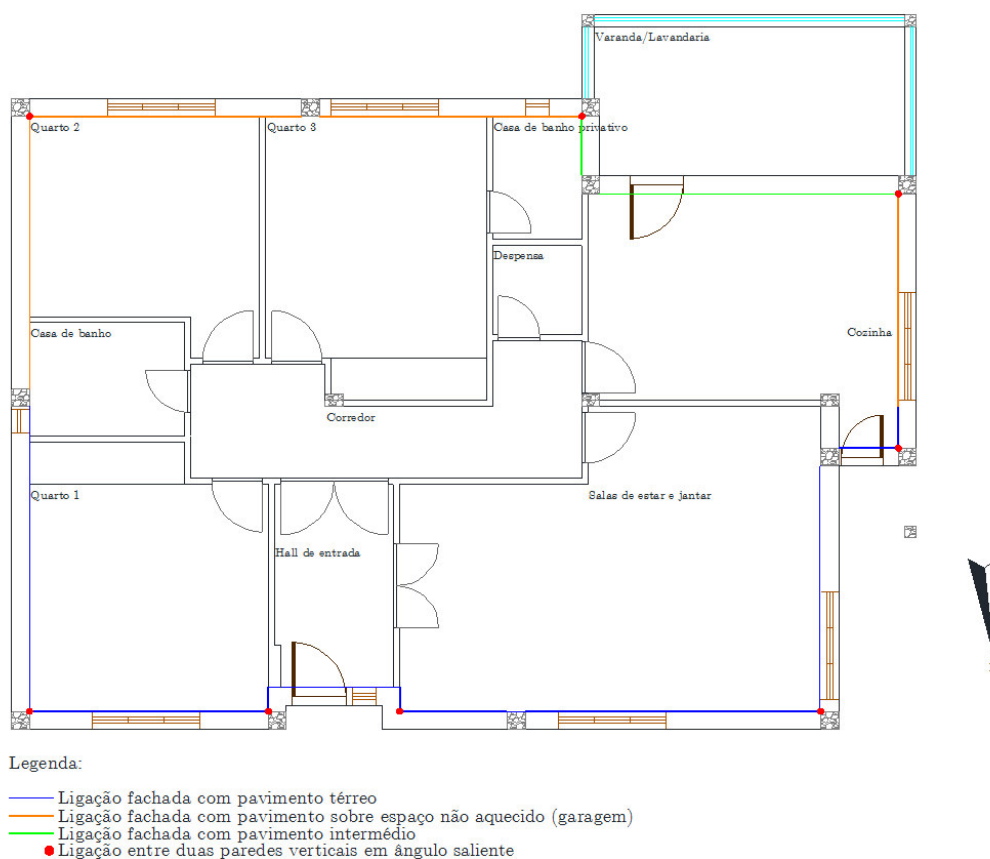


Figura 4.20 - PTL em planta.

As ligações das fachadas em contacto com o  $ENU_{\text{varanda}}$  consideraram-se, para o estado atual do edifício, serem com pavimento intermédio, situações representadas na Figura 4.21 à esquerda. Isto porque o edifício atualmente não possui qualquer isolamento, e quando se comparam os coeficientes de transmissão térmica lineares ( $\psi$ ), através dos valores por defeito para este coeficiente na Tabela 03 do Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013, constata-se que:

1. Ao nível do teto da habitação:

## Reabilitação energética de edifícios

Ligação fachada com cobertura (situação topo-direita da Figura 4.21):  $\psi = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  e

Ligação fachada com pavimento intermédio (situação topo-esquerda da Figura 4.21):  $\psi = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2$

### 2. Ao nível do chão da habitação:

Ligação fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido (situação baixo-direita da Figura 4.21):  $\psi = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  e

Ligação fachada com pavimento intermédio (situação baixo-esquerda da Figura 4.21):  $\psi = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2$

Em ambas as situações é mais gravoso considerar ligações de fachada com pavimento intermédio.

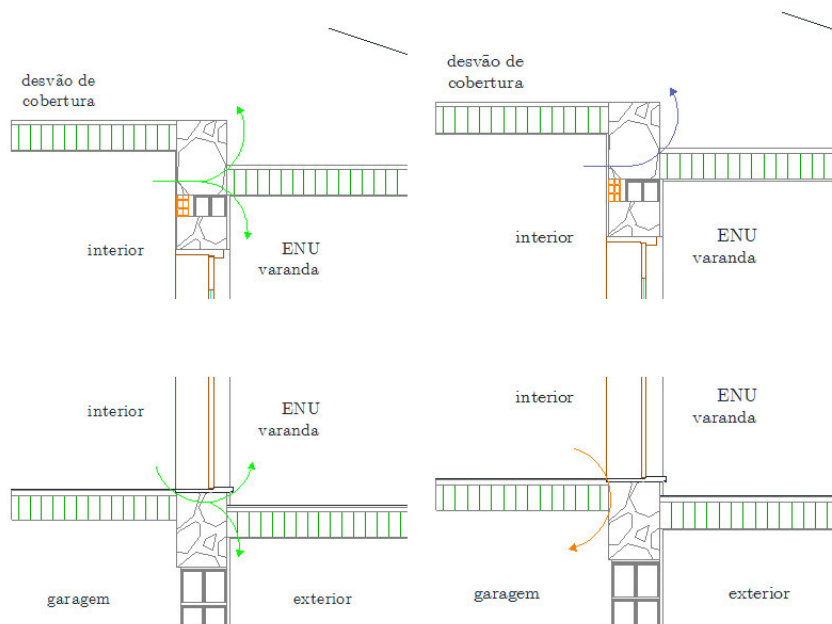


Figura 4.21 - PTL nas fachadas em contacto com o ENU<sub>varanda</sub>.

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.2.8.1 Ligação fachada com pavimento térreo

Tabela 4.22 - B das ligações entre fachada e pavimento térreo.

Divisão	Casa de banho	Quarto 1			Vestíbulo	Salas			Cozinha	
Orientação	E	E	N	W	N	E	N	W	N	W
<b>B (m)</b>	0,55	4,55	4,00	0,40	2,20	0,40	1,80+4,95	4,40	1,30	0,70

$$B_{\text{total}} = 25,25m$$

### 4.2.2.8.2 Ligação fachada com pavimento sobre local não aquecido, garagem

Tabela 4.23 - B das ligações entre fachada e pavimento sobre local não aquecido (garagem).

Divisão	Cozinha	Quarto de banho privativo	Quarto 3	Quarto 2		Quarto de banho
Orientação	W	S	S	S	E	E
<b>B (m)</b>	3,55	1,55	2,85+0,65	3,90	3,40	1,15

$$B_{\text{total}} = 17,05m$$

### 4.2.2.8.3 Ligação fachada com pavimento de nível intermédio

Tabela 4.24 - B das ligações entre fachada e pavimento de nível intermédio.

Divisão	Cozinha		Quarto de banho privativo	
Orientação	S (ao nível do pavimento da habitação)	S(ao nível do teto da habitação)	W(ao nível do pavimento da habitação)	W(ao nível do teto da habitação)
<b>B (m)</b>	5,30	5,30	1,30	1,30

$$B_{\text{total}} = 13,20m$$

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.2.8.4 Ligação fachada com cobertura

Os comprimentos  $B$  das ligações de fachadas com cobertura são os mesmos dos pontos 4.2.2.8.1. e 4.2.2.8.2. mas ao nível do teto da habitação.

$$B_{\text{total}} = 25,25 + 17,05 = 42,30m$$

### 4.2.2.8.5 Ligação de duas paredes verticais em ângulo saliente

Todas as ligações entre duas paredes verticais em ângulo saliente totalidade do pé-direito.

$$B = P_d = 2,70 \text{ m}$$

$$B_{\text{total}} = 2,70 \times 8 = 21,6m$$

### 4.2.2.8.6 Ligação fachada com caixilharia

Tabela 4.25 - B das ligações entre fachada e caixilharias.

Caixilharia	Quarto 1	Vestíbulo	Sala		Cozinha			Quarto de banho privativo	Quarto 3	Quarto 2	Quarto de banho
Orientação	N	N	N	W	N	W	S*	S	S	S	E
<b>B (m)</b>	(1,80 + 1,10) × 2	0,90 + 0,40 + 2,10 × 4	1,80 + 2,10 × 2	(1,80 + 1,10) × 2	0,70 + 2,10 × 2	(1,80 + 1,10) × 2	0,90 + 2,10 × 2	(0,40 + 0,80) × 2	(1,80 + 1,10) × 2	(1,80 + 1,10) × 2	(0,40 + 0,80) × 2
	5,80	9,70	6,00	5,80	4,90	5,80	5,10	2,40	5,80	5,80	2,40

\* caixilharia de envidraçado em contacto com  $ENU_{\text{varanda}}$

$$B_{\text{total}} = 59,5 \text{ m}$$

### 4.2.3 ZONAMENTO CLIMÁTICO

O zonamento climático do País baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei n.º 68/2008 de 14 de abril de 2008, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º 85/2009, de 3 de abril e pela Lei n.º 21/2010 de 23 de agosto, e está detalhado na Tabela 01 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. Como o edifício se situa em Vila Nova de Gaia, isto faz corresponder ao NUT III - Grande Porto.

#### 4.2.3.1 Parâmetros climáticos

Os valores dos parâmetros climáticos  $X$  associados a um determinado local, são obtidos a partir de valores de referência  $X_{REF}$  para cada NUTS III e ajustados com base na altitude desse local,  $z$ . Estas correções de altitude, são lineares, com declive  $a$ , proporcionais à diferença entre a altitude do local e uma altitude de referência  $z_{REF}$  para a NUTS III, segundo a seguinte expressão:

$$X = X_{REF} + a(z - z_{REF}) \quad [3]$$

##### 4.2.3.1.1 Altitude do local da habitação

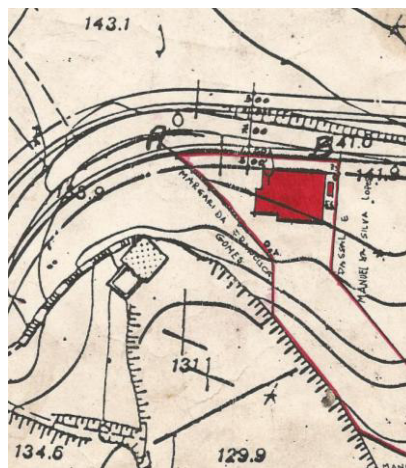


Figura 4.22 - Altitude do local da habitação,  $z$ .

## Reabilitação energética de edifícios

Pela observação da figura 4.22 retira-se que a altitude do local da habitação:

$$z = 141,9m$$

### 4.2.3.1.2 Estação de aquecimento

Os valores de referência e declives para ajustes em altitude, para a estação de aquecimento, estão tabelados por NUTS III na Tabela 04 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.

	<i>z</i>	<i>M</i>		<i>GD</i>		$\theta_{ext,i}$		<i>G<sub>Sul</sub></i>
	REF m	REF meses	<i>a</i> mês/km	REF °C	<i>a</i> °C/km	REF °C	<i>a</i> °C/km	kWh/m <sup>2</sup> por mês
Minho-Lima	268	7,2	1	1629	1500	8,2	-5	130
Alto Trás-os-Montes	680	7,3	0	2015	1400	5,5	-4	125
Cávado	171	6,8	1	1491	1300	9,0	-6	125
Ave	426	7,2	0	1653	1500	7,8	-6	125
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130
Tâmega	320	6,7	0	1570	1600	7,8	-5	135
Douro	579	6,9	0	1764	1400	6,3	-4	135

Figura 4.23 - Extrato da Tabela 04 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.

A altitude de referência  $z_{REF}$  para a NUTS III do Grande Porto é de:

$$z_{REF} = 94 m$$

*GD* é o número de graus-dias, na base de 18 °C, correspondente à estação convencional de aquecimento, que para o NUTS III do "Grande Porto" toma o valor de referência ( $GD_{REF}$ ) de 1250 °C e declive para ajustes em altitude,  $a = 1600$  °C/km.

Aplicando a equação [3], obtém-se:

$$GD = GD_{REF} + a(z - z_{REF}) \Leftrightarrow GD = 1250 \text{ °C} + 1600 \text{ °C/km} (141,9 \times 10^3 \text{ km} - 94 \times 10^3 \text{ km}) \Leftrightarrow GD = 1326,64 \text{ °C}$$

Quanto à duração da estação de aquecimento, (*M*):

$$M_{REF} = 6,2 \text{ meses, com } a = 2 \text{ meses/km}$$

$$M = M_{REF} + a(z - z_{REF}) \Leftrightarrow M = 6,30 \text{ meses}$$

## Reabilitação energética de edifícios

Para a temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento, ( $\theta_{ext,i}$ ):

$$\theta_{ext,i_{REF}} = 9,7 \text{ °C, com } a = -7 \text{ °C/km}$$

$$\theta_{ext,i} = \theta_{ext,i_{REF}} + a(z - z_{REF}) \Leftrightarrow \theta_{ext,i} = 9,36 \text{ °C}$$

A energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, ( $G_{sul}$ ) corresponde a:

$$G_{sul} = 130 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$$

Tabela 4.26 - Quadro resumo dos parâmetros climáticos da estação de aquecimento.

$GD$ (°C)	$M$ (meses)	$\theta_{ext,i}$ (°C)	$G_{sul}$ (kWh/m <sup>2</sup> · mês)
<b>1326,64</b>	6,30	9,36	130

### 4.2.3.1.3 Estação de arrefecimento

Os valores de referência e declives para ajustes em altitude, para a estação de arrefecimento, estão tabelados por NUTS III na Tabela 05 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.

	z REF m	$\theta_{ext,v}$		$I_{sol}$								
		REF °C	a °C/km	kWh/m <sup>2</sup> acumulados de junho a setembro								
				0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Tâmega	320	21,4	-3	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Douro	579	22,7	-6	805	220	350	490	490	420	490	490	350

Figura 4.24 - Extrato da Tabela 05 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.

Os parâmetros climáticos pertinentes para a estação de arrefecimento (verão) são os seguintes:

## Reabilitação energética de edifícios

- a duração da estação ( $L_v$ ) = 4 meses = 2928 horas
- Temperatura exterior média ( $\theta_{ext,v}$ ), cujo valor de referencia  $\theta_{ext,v_{REF}} = 20,9\text{ }^\circ\text{C}$ , e tem um declive para ajustes em altitude  $a = 0\text{ }^\circ\text{C}/\text{km}$ , logo  $\theta_{ext,v} = 20,9\text{ }^\circ\text{C}$
- Energia solar acumulada durante a estação  $I_{sol}$ , recebida na horizontal (inclinação  $0^\circ$ ) e em superfícies verticais (inclinação  $90^\circ$ ) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais, cujos valores se retiram diretamente da tabela 05 do despacho sem serem sujeitos a ajustes devidos à altitude do local.

Tabela 4.27 - Quadro resumo dos parâmetros climáticos da estação de arrefecimento.

$L_v$ (meses)	$\theta_{ext,v}$ ( $^\circ\text{C}$ )	$I_{sol}$ ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )								
		$0^\circ$	$90^\circ$ N	$90^\circ$ NE	$90^\circ$ E	$90^\circ$ SE	$90^\circ$ S	$90^\circ$ SW	$90^\circ$ W	$90^\circ$ NW
4	20,9	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Definidos os parâmetros climáticos, procede-se à determinação das zonas climáticas de verão e de inverno. A partir do número de graus-dias ( $GD$ ), na base de  $18\text{ }^\circ\text{C}$ , correspondente à estação convencional de aquecimento, obtêm-se as zonas climáticas de inverno através da Tabela 02 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013:

Tabela 4.28 - Tabela 02 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.

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

As zonas climáticas de verão são definidas a partir da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ( $\theta_{ext,v}$ ), conforme se verifica na Tabela 03 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013:

Tabela 4.29 - Tabela 03 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.

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

## Reabilitação energética de edifícios

O edifício em estudo localiza-se numa zona  $I2$ , pois  $GD = 1326,64\text{ °C}$  e numa zona  $V2$ , visto que  $\theta_{ext,v} = 20,9\text{ °C}$ .

### 4.2.4 PARÂMETROS TÉRMICOS

#### 4.2.4.1 Coeficiente de redução de perdas de elementos em contacto com espaços não úteis

##### 4.2.4.1.1 Varanda

No numero 1 do ponto 11.1 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013 refere que na impossibilidade de conhecer com precisão o valor da temperatura do local não útil (ENU), pode tomar os valores, para btr, indicados na Tabela 22 do mesmo despacho, que vêm em função da taxa de renovação do ar, da razão  $A_i/A_u$ , em que:

- $A_i$  é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil
- $A_u$  é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior
- e  $V_{enu}$  é o volume do espaço não útil.

Através do pormenor da Figura 4.17 obtém-se um pé-direito para este ENU de:

$$Pd_{ENU\ varanda} = 2,53m$$

Na planta do Anexo I verifica-se a área em planta:

$$A_{ENU\ varanda} = 12,87m^2$$

Assim:

$$V_{ENU\ varanda} = Pd_{ENU} \times A_{ENU} = 32,56m^3 \leq 50\ m^3$$

Em relação à razão  $A_i/A_u$ :

$$A_i = 5,00 \times 2,43 + 1,00 \times 2,43 = 14,58\ m^2$$

## Reabilitação energética de edifícios

$$A_u = 5,20 \times 2,53 + 1,20 \times 2,53 + 2,50 \times 2,53 = 22,52 \text{ m}^2$$

$$A_i / A_u = 14,58 / 22,52 = 0,647$$

$$0,5 \leq A_i / A_u = 0,647 < 1$$

Como neste ENU não se verifica que todas as ligações entre elementos estejam bem vedadas (ligações entre as caixilharias de alumínio e os restantes elementos da fachada), consideram-se as aberturas de ventilação permanentemente abertas, e considera-se então que seja um espaço não útil permeável ao ar (F).

Nestas condições, ENU permeável ao ar (F),  $V_{ENU} = 32,56 \text{ m}^3 \leq 50 \text{ m}^3$  e  $0,5 \leq A_i / A_u = 0,647 < 1$ , obtém-se um  $btr_{varanda} = 0,9$ .

### 4.2.4.1.2 Desvão de cobertura

O revestimento da cobertura é de telha cerâmica sem qualquer forro. Desta forma considera-se que se trata de um desvão fortemente ventilado, e segundo a nota anexada à Tabela 22 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, deve tomar-se um  $btr_{cobertura} = 1,0$ .

### 4.2.4.1.3 Garagem

Como para a varanda, também recorrendo ao pormenor da Figura 4.17 obtém-se um pé-direito para este ENU de:

$$Pd_{ENU \text{ garagem}} = 2,97 \text{ m}$$

Na planta do Anexo I verifica-se a área em planta:

$$A_{ENU \text{ garagem}} = 9,25 \times 4,65 + 5,30 \times 3,35 = 60,77 \text{ m}^2$$

Assim:

$$V_{ENU \text{ garagem}} = Pd_{ENU} \times A_{ENU} = 180,49 \text{ m}^3$$

$$50 \text{ m}^3 < V_{ENU \text{ garagem}} = 180,49 \text{ m}^3 \leq 200 \text{ m}^3$$

Em relação à razão  $A_i / A_u$ :

## Reabilitação energética de edifícios

$$A_i = 60,77 \text{ m}^2$$

$$A_u = (9,25 + 4,65 + 5,30 + 3,35 + 1,00) \times 2,97 - (2,77 + 3,12) = 55,05 \text{ m}^2$$

$$A_i / A_u = 60,77 / 55,05 = 1,104$$

$$1 \leq A_i / A_u = 1,104 < 2$$

A semelhança da varanda, a garagem não se trata de um espaço fortemente ventilado, e como não se verifica que todas as ligações entre elementos estejam bem vedadas (porta de correr que não garante total vedação), sem aberturas de ventilação permanentemente abertas, considera-se então que seja um espaço não útil permeável ao ar (F).

Como este ENU é permeável ao ar (F), tem  $50 \text{ m}^3 < V_{ENU \text{ garagem}} = 180,49 \text{ m}^3 \leq 200 \text{ m}^3$  e  $1 \leq A_i / A_u = 1,103 < 2$ , obtém-se um  $btr_{varanda} = 0,9$ .

Como todos os btr, são superiores a 0,7, aplicam-se os requisitos mínimos definidos para a envolvente exterior, como está referido no número 3 do ponto 11 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013.

Tabela 4.30 - btr dos ENU do edifício.

ENU	btr	Requisitos
Varanda/Lavandaria	0,9	exterior ( $btr > 0,7$ )
Desvão de Cobertura	1,0	exterior ( $btr > 0,7$ )
Garagem	0,9	exterior ( $btr > 0,7$ )

### 4.2.4.2 Coeficientes de transmissão térmica superficial

Os coeficientes de transmissão térmica superficial ( $U$ ) e as resistências térmicas de camadas ( $R_j$ ) calculam-se de acordo com as expressões [1] e [2] do ponto 3.1.1.4.

#### 4.2.4.2.1 Determinação das resistências e condutibilidades térmicas

##### 4.2.4.2.1.1 Resistência térmica superficial interior e exterior

Para as paredes em contacto com o exteriores, através da Tabela 01 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, que corresponde ao Quadro I.3 do ITE 50 do LNEC, relativos a resistências térmicas superficiais, obtêm-se os valores de  $R_{si}$  e  $R_{se}$ . Primeiramente verifica-se o *sentido do fluxo calor* que é considerado *horizontal* para paredes verticais ou até  $\mp 30^\circ$  com a vertical (dos Santos e Matias, 2010).

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/W$$
$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/W$$

Nas paredes em contacto com *ENU* dever-se-iam considerar duas resistências térmicas superficiais interiores,  $R_{si}$ , uma correspondente ao interior da fração e outra ao interior do espaço não útil (número 4 do ponto 2.1 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013). Mas como os *ENU*, deste caso em estudo, têm coeficientes *btr*  $> 0,7$ , a sua envolvente passa a ter requisitos de exterior e assim sendo, serão adotadas as resistências superficiais interior e exterior, como para as paredes em contacto com o exterior.

No caso dos pavimentos sobre a garagem, como se trata também de envolvente em contacto com um *ENU* com coeficiente *btr*  $> 0,7$  consideram-se:

$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/W$  e  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/W$  (Tabela 01 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013 - *sentido do fluxo de calor vertical e descendente*)

## Reabilitação energética de edifícios

Para os pavimentos sob o desvão de cobertura, mais uma vez por se tratar de envolvente em contacto com um ENU consideram-se duas resistências térmicas superficiais interiores,  $R_{si}$ , que neste caso é:

$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  e  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  (Tabela 01 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013 - *sentido do fluxo de calor vertical e ascendente*)

$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  e  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  (Tabela 01 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013 - *sentido do fluxo de calor vertical e descendente*)

Tabela 4.31 - Quadro resumo das resistências térmicas superficiais a aplicar.

	Paredes	Pavimentos sobre garagem e desvão de cobertura (fluxo descendente)	Pavimento sob desvão de cobertura (fluxo ascendente)
$R_{si} \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W)}$	0,13	0,17	0,10
$R_{se} \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W)}$	0,04	0,04	0,04

### 4.2.4.2.1.2 Resistência térmica de camadas

$R_{tijolo\ de\ 7} = 0,19 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  através do Quadro I.5 do ITE 50, com tijolos cerâmicos - furado (normal), de espessura 0,07m

$R_{bloco\ de\ 20} = 0,30 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  através do Quadro I.5 do ITE 50, com blocos de betão - normal, de espessura 0,20m

$R_{ar} = 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  através da Tabela 01 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013 e do Quadro I.4 do ITE 50, com fluxo de calor horizontal e espessura do espaço de ar de 30mm (25 a 300mm).

Relativamente à laje aligeirada de vigotas e abobadilhas, verificou-se que a base dos blocos é de  $0,32\text{m}$ , através da fotografia tirada no local, Figura 4.25, verifica-se que as abobadilhas apenas possuem uma fiada de furos, e como a altura total da laje se aproxima

## Reabilitação energética de edifícios

do intervalo da primeira coluna (0,13 a 0,15 m) do Quadro I.7 do ITE 50 consideraram-se as resistências térmicas do cruzamento destas informações.

$$R_{\text{laje aligeirada}} = 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \text{ (fluxo de calor ascendente)}$$

$$R_{\text{laje aligeirada}} = 0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \text{ (fluxo de calor descendente)}$$



Figura 4.25 - Laje de vigotas e abobadilhas - vista inferior através da garagem (demonstração do nº de fiadas de furos).

Tabela 4.32 - Quadro resumo das resistências térmicas de camadas a aplicar.

	Tijolo de 7	Blocos de 20	Caixa de ar	Laje aligeirada	
$R_j \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W)}$	0,19	0,30	0,18	0,15 (fluxo de calor ascendente)	0,16 (fluxo de calor descendente)

### 4.2.4.2.1.3 Condutibilidade térmica de materiais constituintes de camadas

Para a obtenção da  $R_j$  das restantes é necessário conhecer a  $\lambda$  de cada camada e determinar a massa volúmica ( $\rho$ ) dos materiais constituintes. Para a determinação das  $\rho$  recorreu-se às tabelas de "Ações Permanentes usuais em Construção de Edifícios" de março de 2010, disponibilizadas no âmbito da unidade curricular de Estruturas de Edifícios, do 2º Ano da Licenciatura em Engenharia Civil, através do moodle do ISEP, e complementando com as "Tabelas Técnicas" de Farinha e dos Reis de 1993.

## Reabilitação energética de edifícios

Para a camada de estuque interior, tanto de revestimento interior das paredes exteriores como de revestimento inferior dos tetos, considerou-se a designação do ITE 50 de "estuque tradicional" (Quadro I.2), e segundo as tabelas consultadas deve adotar-se  $\rho = 12 \text{ kN/m}^3 \approx 1200 \text{ kg/m}^3$  (argamassa de gesso). Desta forma a camada de estuque interior tem  $\lambda = 0,57 \text{ W/(m. } ^\circ\text{C)}$ .

Relativamente à camada de reboco de revestimento exterior das paredes exteriores, considerou-se a designação "argamassa e reboco tradicional" (Quadro I.2 do ITE 50) e segundo as tabelas consultadas deve adotar-se  $\rho = 21 \text{ kN/m}^3 \approx 2100 \text{ kg/m}^3$  (argamassa de cimento) que resulta numa  $\lambda = 1,8 \text{ W/(m. } ^\circ\text{C)}$ .

Segundo o Quadro I.2 do ITE 50, na parte relativa a revestimentos de pisos ou parede, verifica-se que ladrilhos ou rolos cerâmicos vidrados/ grés cerâmico tem  $\lambda = 1,3 \text{ W/(m. } ^\circ\text{C)}$ , para os revestimentos interiores das paredes exteriores dos quartos de banho e cozinha e para todos os revestimentos de pavimentos à exceção dos quartos que se encontram executados com azulejos.

Segundo o proprietário da moradia os tacos de madeira de revestimento do pavimento dos quartos, são de madeira de carvalho, e através das "Tabelas Técnicas", para esta madeira deve adotar-se  $\rho = 7,50 \text{ kN/m}^3 \approx 750 \text{ kg/m}^3$ . Através do Quadro I.2 do ITE 50 e com  $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$  obtém-se  $\lambda = 0,23 \text{ W/(m. } ^\circ\text{C)}$  correspondentes a madeiras maciças - madeiras densas.

Em relação ao pavimento sobre o solo, considerou-se que a laje de betão maciça foi executada com betão de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários) - betão normal com massa volúmica ( $\rho$ ) no intervalo  $2300 \text{ a } 2600 \text{ kg/m}^3$ , que segundo o Quadro I.2 do ITE 50 corresponde a uma  $\lambda = 2,0 \text{ W/(m. } ^\circ\text{C)}$ . Considerou-se que os elementos estruturais, que proporcionam a ocorrência de pontes térmicas planas (PTP), também são executados com o mesmo material (betão de inertes correntes - betão normal  $2300 < \rho < 2600 \text{ kg/m}^3$ ) Para a betonilha de regularização considerou-se a designação do Quadro I.2 do ITE 50 de argamassa e reboco tradicional que à semelhança do reboco aplicado nas paredes exteriores fica com uma  $\lambda = 1,8 \text{ W/(m. } ^\circ\text{C)}$ .

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.33 - Quadro resumo das condutibilidades térmicas de camadas a aplicar.

	Estuque	Reboco	Azulejos	Tacos	Laje maciça e elementos estruturais - PTP	Betonilha
$\lambda(W/(m \cdot ^\circ C))$	0,57	1,80	1,30	0,23	2,00	1,80

### 4.2.4.2.2 Paredes exteriores

#### 4.2.4.2.2.1 Parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas

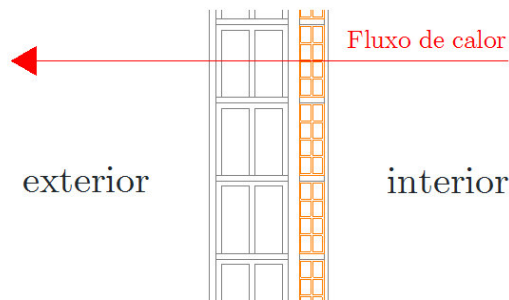


Figura 4.26 - Pormenor da parede exterior (Definição do fluxo de calor).

Parede constituída por (do interior para o exterior):

- Estuque interior com espessura (*esp*) de 1 cm
- Pano de alvenaria de tijolo cerâmico com *esp* = 7cm
- Caixa de ar com *esp* = 3cm
- Pano de alvenaria de bloco de cimento com *esp* = 20cm
- Reboco exterior (carapinhada com argamassa de cimento branco) com espessura *esp* = 2cm

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.34 - Resistências térmicas das camadas das paredes exterior em zona de quartos, vestíbulo e salas.

Camada	Superfície interior	Estuque interior	Tijolo de 7	Caixa de ar	Bloco de 20	Reboco exterior	Superfície exterior
Espessura (m)	-	0,01	0,07	0,03	0,20	0,02	-
$\lambda$ ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ )	-	0,57	-	-	-	1,80	-
$R_j$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	0,13	0,02	0,19	0,18	0,30	0,01	0,04
							$(R_{si})$
							$(R_{se})$

$$R_{total} = 0,87 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 1,149 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ C)$$

### 4.2.4.2.2.1.1 Ponte térmica plana na parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas

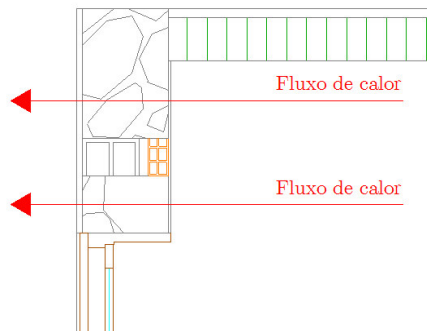


Figura 4.27 - Pormenor das PTP (Definição do fluxo de calor).

PTP constituída por (do interior para o exterior):

- Estuque interior com espessura (*esp*) de 1 cm
- Betão armado com *esp* = 30cm
- Reboco exterior (carapinhada com argamassa de cimento branco) com espessura *esp* = 2cm

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.35 - Resistências térmicas das camadas das PTP nas paredes exteriores em zona de quartos, vestíbulo e salas.

Camada	Superfície interior	Estuque interior	Betão armado	Reboco exterior	Superfície exterior
Espessura (m)	-	0,01	0,30	0,02	-
$\lambda$ (W/(m. °C))	-	0,57	2,00	1,80	-
$R_j$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	0,13 ( $R_{si}$ )	0,02	0,15	0,01	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} = 0,35 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 2,857 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

### 4.2.4.2.2 Parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha

A única diferença relativamente à parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas (ponto 4.2.4.2.1.), é o revestimento interior que deixa de ser um estuque e passa a ser azulejo, considerando uma espessura,  $esp = 1cm$  (incluindo camada de assentamento), para esta camada.

Tabela 4.36 - Resistências térmicas das camadas das paredes exteriores em zona de quartos de banho e cozinha.

Camada	Superfície interior	Azulejos	Tijolo de 7	Caixa de ar	Bloco de 20	Reboco exterior	Superfície exterior
Espessura (m)	-	0,01	0,07	0,03	0,20	0,02	-
$\lambda$ (W/(m. °C))	-	1,30	-	-	-	1,80	-
$R_j$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	0,13 ( $R_{si}$ )	0,01	0,19	0,18	0,30	0,01	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} = 0,86 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

## Reabilitação energética de edifícios

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 1,163 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$$

### 4.2.4.2.2.1 Ponte térmica plana na parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha

Face ao ponto 4.2.4.2.2.1.1. apenas difere o revestimento interior que deixa de ser estuque e passa a ser azulejo.

Tabela 4.37 - Resistências térmicas das camadas das PTP nas paredes exteriores em zona de quartos de banho e cozinha.

Camada	Superfície interior	Azulejos	Betão armado	Reboco exterior	Superfície exterior
Espessura (m)	-	0,01	0,30	0,02	-
$\lambda$ (W/(m. °C))	-	1,30	2,00	1,80	-
$R_j$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	0,13 ( $R_{si}$ )	0,01	0,15	0,01	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} = 0,34 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 2,941 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$$

### 4.2.4.2.3 Envolvente opaca em contacto com ENU

#### 4.2.4.2.3.1 Paredes entre a cozinha e $ENU_{varanda}$ e entre quarto de banho privativo e $ENU_{varanda}$

Como se trata de um ENU com um coeficiente  $btr > 0,7$ , tem requisitos de exterior, logo esta parede é em tudo semelhante à parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha (ponto 4.2.4.2.2.2.).

$$R_{total} = 0,86 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 1,163 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$$

#### 4.2.4.2.3.2 Pontes térmicas planas na parede entre a cozinha e $ENU_{varanda}$ (padieira da porta) e viga em contacto com $ENU_{cobertura}$

Como no ponto anterior, as PTP neste caso são em tudo semelhantes às apresentadas no ponto 4.2.4.2.2.1. - Ponte térmica plana na parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha.

$$R_{total} = 0,34 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 2,941 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$$

4.2.4.2.3.3 Pavimento sobre  $ENU_{garagem}$

4.2.4.2.3.3.1 Pavimento sobre  $ENU_{garagem}$  em zona de quartos

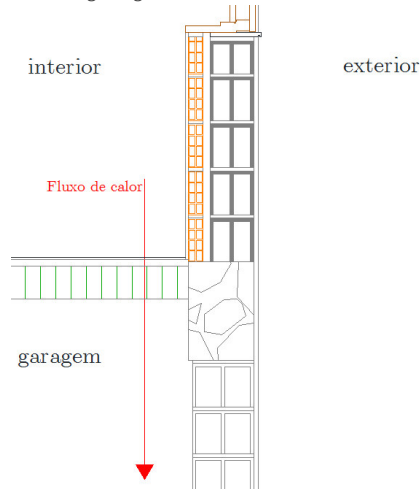


Figura 4.28 - Pormenor do pavimento sobre a garagem (Definição do fluxo de calor).

Este pavimento é constituído por (do interior para a garagem):

- Tacos de madeira (esp) de 1cm (incluindo camada de assentamento)
- Laje aligeirada de vigotas e abobadilhas (incluindo camada de betão complementar)  $esp = 15 + 3\text{ cm}$

O teto da garagem não possui qualquer revestimento.

Tabela 4.38 - Resistências térmicas das camadas do pavimento sobre a garagem em zona de quartos.

Camada	Superfície interior	Tacos	Laje aligeirada	Superfície exterior (ENU)
Espessura (m)	-	0,01	0,18	-
$\lambda$ ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ )	-	0,23	-	-
$R_j$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	0,17 ( $R_{si}$ )	0,04	0,16	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} = 0,41\text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$$

## Reabilitação energética de edifícios

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 2,439 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$$

### 4.2.4.2.3.3.2 Pavimento sobre $ENU_{garagem}$ nas restantes zonas

Este pavimento é constituído por (do interior para a garagem):

- Azulejo (esp) de 1cm (incluindo camada de assentamento)
- Laje aligeirada de vigotas e abobadilhas  $esp = 15 + 3 \text{ cm}$

Face ao pavimento sobre  $ENU_{garagem}$  em zona de quartos (4.2.4.2.3.3.1.), apenas muda o revestimento superior do pavimento, de tacos de madeira para azulejo.

Tabela 4.39 - Resistências térmicas das camadas do pavimento sobre a garagem nas restantes zonas.

Camada	Superfície interior	Azulejos	Laje aligeirada	Superfície exterior (ENU)
Espessura (m)	-	0,01	0,18	-
$\lambda$ (W/(m. °C))	-	1,30	-	-
$R_j$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	0,17 ( $R_{si}$ )	0,01	0,16	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} = 0,38 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 2,632 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$$

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.2.3.4 Teto em contacto com $ENU_{cobertura}$

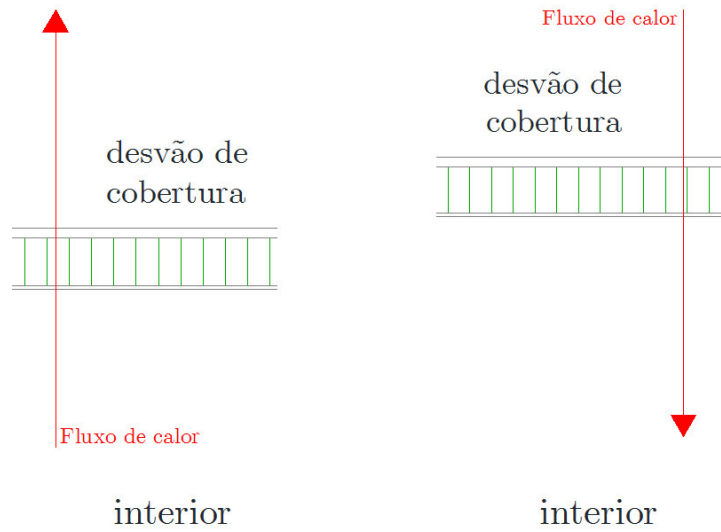


Figura 4.29 - Pormenor do teto (Definição dos fluxos de calor ascendente e descendente).

O teto é constituído por (do interior para o desvão de cobertura):

- Estuque (esp) de  $1\text{cm}$
- Laje aligeirada de vigotas e abobadilhas  $\text{esp} = 15 + 3\text{cm}$

Tabela 4.40 - Resistências térmicas das camadas do teto com fluxo de calor descendente.

Camada	Superfície interior	Estuque	Laje aligeirada	Superfície exterior (ENU)
Espessura (m)	-	0,01	0,18	-
$\lambda$ ( $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ )	-	0,57	-	-
$R_j$ ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ )	0,17 ( $R_{si}$ )	0,02	0,15 (fluxo de calor descendente)	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} (\text{fluxo de calor descendente}) = 0,38 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$$

## Reabilitação energética de edifícios

$$U_{\text{(fluxo de calor descendente)}} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 2,632 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$$

Tabela 4.41 - Resistências térmicas das camadas do teto com fluxo de calor ascendente.

Camada	Superfície interior	Estuque	Laje aligeirada	Superfície exterior (ENU)
Espessura (m)	-	0,01	0,18	-
$\lambda$ (W/(m. °C))	-	0,57	-	-
$R_j$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	0,10 ( $R_{si}$ )	0,02	0,16 (fluxo de calor ascendente)	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{\text{total}} \text{ (fluxo de calor ascendente)} = 0,32 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$$

$$U_{\text{(fluxo de calor ascendente)}} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 3,125 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$$

### 4.2.4.2.4 Envidraçados

#### 4.2.4.2.4.1 Envidraçados exteriores dos quartos, sala e cozinha

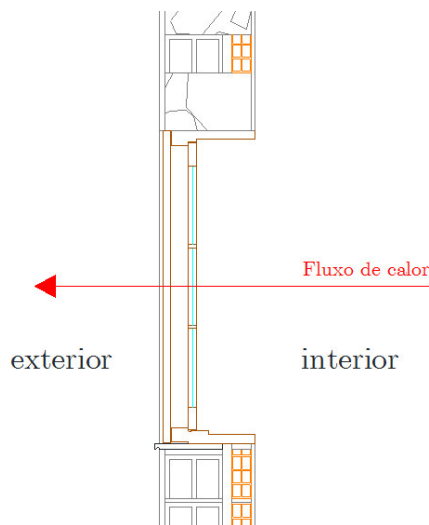


Figura 4.30 - Pormenor dos envidraçados exteriores (Definição do fluxo de calor).

Para a determinação do  $U_w$ , recorre-se ao Quadro III.1 do ITE 50, que se refere a vãos envidraçados verticais, com caixilharias de madeira.

Todos os envidraçados da habitação são simples (só uma janela) e têm vidros simples. Relativamente a este ponto, os envidraçados dos quartos, sala e cozinha, tem portadas exteriores de madeira maciça que considerou-se estarem incluídas na coluna de dispositivos de oclusão noturna com permeabilidade ao ar baixa.

$$U_{wdn} = 3,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

#### *4.2.4.2.4.2 Envidraçados exteriores dos quartos de banho, a porta cozinha para o exterior e envidraçado do vestíbulo)*

Comparativamente aos envidraçados do ponto 4.2.4.2.4.1., estes apenas diferem no facto de não possuírem as portadas exteriores.

$$U_w = 5,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

#### *4.2.4.2.4.3 Envidraçados em contacto com ENU (porta da cozinha para varanda)*

Este envidraçado tem as mesmas características dos do ponto anterior (4.2.4.2.4.2.).

$$U_w = 5,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Como está em contacto com um ENU, este coeficiente  $U_w$  deveria ser corrigido, porque as tabelas do ITE 50 referem-se a envidraçados em contacto com o exterior. Mas como este ENU têm requisitos de exterior ( $btr > 0,7$ ), mantém-se o  $U_w$  do ponto anterior.

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.42 - Quadro resumo dos U aplicados.

Elemento	$U [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$
Parede exterior (vestíbulo, quartos e salas)	1,15
PTP nas paredes exteriores (vestíbulo, quartos e salas)	2,86
Parede exterior (cozinha e quartos de banho)	1,16
PTP nas paredes exteriores (cozinha e quartos de banho)	2,94
Parede entre cozinha/ quarto de banho privativo e varanda	1,16
PTP padieira sobre porta da cozinha para varanda e viga para a cobertura	2,94
Pavimento sobre garagem (quartos)	2,44
Pavimento sobre garagem (restantes zonas)	2,63
Teto (fluxo de calor descendente)	2,63
Teto (fluxo de calor ascendente)	3,13
Envidraçados dos quartos, sala e cozinha	3,40
Envidraçados dos quartos de banho, do vestíbulo e porta da cozinha para exterior	5,10
Porta da cozinha para varanda	5,10

### 4.2.4.2.5 Pavimentos em contacto com o solo

A determinação do coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno, é conseguida através das Tabelas 03 a 05 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, que dependem dos seguintes parâmetros:

- Dimensão característica do pavimento  $B^*$ ,

$$\text{Sendo } B^* = \frac{A_p}{0,5 P} \quad [4]$$

em que:

$A_p [m^2]$  - Área interior útil de pavimento, medida pelo interior

$P [m]$  - Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total

de parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior.

## Reabilitação energética de edifícios

- Resistência térmica de todas as camadas do pavimento  $R_f$ , com exclusão de resistências térmicas superficiais,
- Largura ou profundidade do isolamento  $D$ , respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical.

### 4.2.4.2.5.1 Pavimento sobre solo em zona de quarto 1

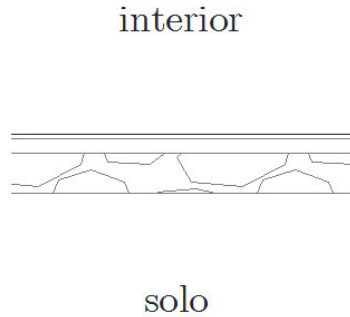


Figura 4.31 - Pormenor do pavimento sobre o solo (Definição do fluxo de calor).

Este pavimento é constituído por (do interior para o solo):

- Tacos de madeira (esp) de  $1\text{cm}$  (incluindo camada de assentamento)
- Betonilha de regularização  $\text{esp} = 4\text{cm}$
- Laje de piso com  $\text{esp} = 11\text{cm}$

$$R_f = \frac{0,01}{0,23} + \frac{0,04}{1,8} + \frac{0,11}{2,0} = 0,1207 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W$$

$$A_p = 17,02 \text{ m}^2$$

## Reabilitação energética de edifícios

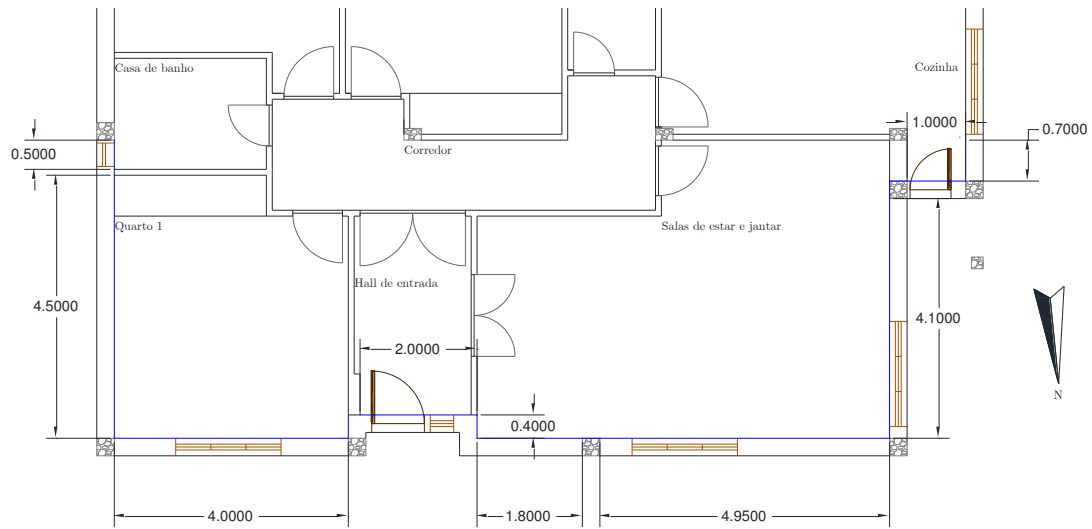


Figura 4.32 - Delimitação do perímetro em contacto com o solo.

$$P = 4,50 + 4,00 + 0,40 = 8,90 \text{ m}$$

$$B' = \frac{A_p}{0,5 P} = \frac{17,02}{0,5 \times 8,90} = 3,825$$

Como se verifica na Figura 4.33 a diferença de cotas ( $z$ ) entre o terreno exterior e a do pavimento interior sobre solo é  $z \approx 0\text{m}$ .

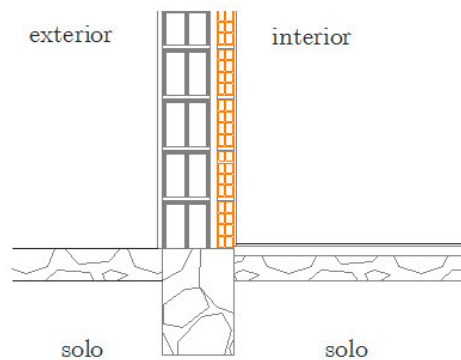


Figura 4.33 - Diferença de cotas ( $z$ ) entre o terreno exterior e a do pavimento interior sobre solo.

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.2.5.2 Pavimento sobre solo nas restantes zonas

Este pavimento é constituído por (do interior para o solo):

- Azulejo (esp) de 1cm (incluindo camada de assentamento)
- Betonilha de regularização  $esp = 4cm$
- Laje de piso com  $esp = 11cm$

$$R_f = \frac{0,01}{1,3} + \frac{0,04}{1,8} + \frac{0,11}{2,0} = 0,0849 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W$$

$$A_p = 65,47 - 17,02 = 48,45 \text{ m}^2$$

$$P = 0,50 + 2,00 + 0,40 + 1,80 + 4,95 + 4,10 + 1,00 + 0,70 = 15,45 \text{ m}$$

$$B' = \frac{A_p}{0,5 P} = \frac{48,45}{0,5 \times 15,45} = 6,272$$

### 4.2.4.3 Coeficientes de transmissão térmicas lineares

Como a Tabela 07 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, apenas contempla soluções para paredes com isolamento térmico, existe a necessidade de consultar a Tabela 03 do Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013.

#### 4.2.4.3.1 Ligação fachada com pavimento térreo

$$\psi = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{°C})$$

#### 4.2.4.3.2 Ligação fachada com pavimento sobre local não aquecido (garagem)

$$\psi = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{°C})$$

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.3.3 Ligação fachada com cobertura

$$\psi = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$$

### 4.2.4.3.4 Ligação fachada com pavimento de nível intermédio

$\psi = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  (este valor corresponde a metade da perda originada na ligação)

### 4.2.4.3.5 Ligação de duas paredes verticais em ângulo saliente

$$\psi = 0,50 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$$

### 4.2.4.3.6 Ligação fachada com caixilharia

$$\psi = 0,30 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$$

## 4.2.4.4 Fatores solares de vãos envidraçados

### 4.2.4.4.1 Fator de orientação para as diferentes exposições

$$X_j = 0,27 \text{ para vãos orientados a N}$$

$$X_j = 1 \text{ para vãos orientados a S}$$

$$X_j = 0,56 \text{ para vãos orientados a E/W}$$

### 4.2.4.4.2 Fator solar do vidro

O fator solar do vidro aplicado no vão envidraçado, para uma incidência solar normal à superfície,  $g_{\perp,vi}$ , deve ser fornecido pelos fabricantes, mas quando não se tem

## Reabilitação energética de edifícios

acesso a essa informação pode-se recorrer aos dados da Tabela 12 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013.

Como não é possível conhecer a real espessura dos vidros considerou-se terem a espessura dos vidros considerados correntes, vidro simples, incolor de 6mm, segundo o número 9 do ponto 7 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. Os envidraçados dos quartos de banho, as portas da cozinha de acesso ao exterior e à varanda e o envidraçado que se encontra junto à porta do vestíbulo, são igualmente de vidro simples, mas estes são "martelados", tendo sido considerados, segundo as definições da Tabela 13 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, vidro simples fosco. Esta designação remete para uma nota que indica que nestas situações podem ser utilizados valores de fator solar correspondes às soluções de vidro incolor de igual composição. Desta forma serão todos os envidraçados tratados por igual:

$$g_{\perp,vi} = 0,85 - \text{vidro simples, incolor 6mm}$$

$$g_{\perp,vi,enu} = 0,85 - \text{vidro simples, incolor 6mm (envidraçados da varanda)}$$

### 4.2.4.4.3 Fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar

A cor da proteção clara, média e escura define-se em função do coeficiente de reflexão da superfície exterior da proteção, com base no estabelecido na Tabela 08 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, para o coeficiente de absorção ad radiação solar ( $\alpha$ ) de algumas cores típicas.

As portadas são de cor castanha que é considerada uma cor escura e recorrendo à Tabela 13 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, obtém-se:

$g_{Tvc} = 0,09$  - proteções exteriores, portadas de madeira de cor escura com vidro simples

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.4.4 Fator solar global

O fator solar global,  $g_T$ , de um vão envidraçado com as proteções solares totalmente ativadas, obtém-se através da seguinte expressão para vidros simples:

$$g_T = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,85} \quad [5]$$

Aplicando a expressão [5] e considerando apenas até à primeira proteção solar opaca, do exterior para o interior, (portadas de madeira) incluindo-a, (número 7 do ponto 7 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013):

$$g_T = 0,85 \cdot \frac{0,09}{0,85} = 0,09 = g_{Tvc} , \text{ pois consideraram-se vidros correntes}$$

Para os envidraçados que não possuem portadas de madeira:

$$g_T = g_{\perp,vi} = 0,85$$

### 4.2.4.4.5 Fator solar do vão envidraçado na estação de aquecimento

O fator solar  $g_i$  é igual ao fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes  $g_i = g_{Tp}$  que, no caso de ausência desses dispositivos, será igual ao fator solar do vidro para uma incidência solar normal ( $g_{\perp,vi}$ ) afetado do fator de seletividade angular ( $F_{w,i}$ ), mediante a expressão  $g_i = F_{w,i} \cdot g_{\perp,vi}$

Como os envidraçados dos quartos de banho, vestíbulo e as portas da cozinha, como não têm proteções:

$$g_i = g_{i,int} = F_{w,i} \cdot g_{\perp,vi}$$

Os envidraçados da varanda não possuem dispositivos de proteção solar, logo o fator solar  $g_{i,enu}$  será:

$$g_{i,enu} = F_{w,i} \cdot g_{\perp,vi}$$

Para o cálculo das necessidades nominais de aquecimento, o fator  $F_{w,i}$  toma o valor:

## Reabilitação energética de edifícios

$$F_{w,i} = 0,9.$$

Os restantes envidraçados considerou-se:

$$g_i = g_{Tp}$$

### 4.2.4.4.6 Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento

Para efeito de cálculo das necessidades de arrefecimento considera-se que, de forma a minimizar a incidência de radiação solar, os dispositivos de proteção solar móveis encontram-se ativos uma fração do tempo que depende do octante no qual o vão está orientado.

$$g_v = F_{mv} \cdot g_T + (1 - F_{mv}) \cdot g_{Tp} \quad [6]$$

#### 4.2.4.4.6.1 *Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes*

Sendo as portadas exteriores de madeira, dispositivos de proteção solar móveis, não existem outros dispositivos de proteção solar que sejam permanentes/ fixos. Assim:

$$g_{Tp} = F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi}$$

Para o cálculo das necessidades nominais de arrefecimento e nos vãos com vidro plano (incolor, colorido ou refletante) simples ou duplo, a redução dos ganhos solares causada pela variação do ângulo de incidência da radiação solar é contabilizada conforme a Tabela 21 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).

$$F_{w,v} = 0,85 - \text{vidro simples orientado a N}$$

$$F_{w,v} = 0,80 - \text{vidro simples orientado a S}$$

$$F_{w,v} = 0,90 - \text{vidro simples orientado a E ou W}$$

$$g_{Tp} = 0,85 \cdot 0,85 = 0,723 \text{ (vidro simples orientado a N)}$$

## Reabilitação energética de edifícios

$$g_{Tp} = 0,80 \cdot 0,85 = 0,680 \text{ (vidro simples orientado a S)}$$

$$g_{Tp} = 0,90 \cdot 0,85 = 0,765 \text{ (vidro simples orientado a E ou W)}$$

### 4.2.4.4.6.2 Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativos

$$F_{m,v} = 0 \text{ - envidraçados orientados a N}$$

$$F_{m,v} = 0,60 \text{ - envidraçados orientados a S}$$

$$F_{m,v} = 0,60 \text{ - envidraçados orientados a E ou W}$$

$$F_{m,v} = 0 \text{ - envidraçados sem proteções solares móveis}$$

### 4.2.4.4.7 Fator de obstrução da radiação solar

O fator de obstrução dos vãos envidraçados,  $F_s$ , representa a redução na radiação solar que incide nestes devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstáculos, como obstruções exteriores ao edifício, tais como outros edifícios, orografia, vegetação ou então obstruções criadas por elementos do edifício, tais como outros corpos do mesmo edifício, palas, varandas e elementos de enquadramento do vão externos à caixilharia.

O fator  $F_s$  calcula-se com recurso à seguinte expressão:

$$F_s = F_h \times F_0 \times F_f \quad [7]$$

em que:

$F_h$  - Fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;

$F_0$  - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;

## Reabilitação energética de edifícios

$F_f$  - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício.

### 4.2.4.4.7.1 Fator de sombreamento do horizonte por obstruções

#### 4.2.4.4.7.1.1 Estação de arrefecimento

O efeito do sombreamento do horizonte na estação de arrefecimento, despreza-se, tomando o fator  $F_h$  um valor igual a 1.

#### 4.2.4.4.7.1.2 Estação de aquecimento

Como não existe informação disponível sobre obstruções exteriores ao edifício e se trata de um edifício isolado localizado fora das zonas urbanas (em Portugal Continental Latitude de  $39^\circ$ ), o fator de sombreamento do horizonte  $F_h$  deve ser determinado mediante a adoção de um ângulo de horizonte por defeito de  $20^\circ$ .

### 4.2.4.4.7.2 Envidraçados orientados a Norte

Segundo o numero 3 do ponto 8 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013:  $X_j \cdot F_h \cdot F_0 \cdot F_f \geq 0,27$ . Para fazer cumprir a condição  $X_j \cdot F_h \cdot F_0 \cdot F_f \geq 0,27$  nos envidraçados orientados a Norte deixa-se de considerar  $F_0 \cdot F_f = 0,9$  em consequência do sombreamento dos contornos do envidraçado. Assim o produto  $F_0 \cdot F_f = 1$ , com  $F_h = 1$  tanto para a estação de aquecimento como para a de arrefecimento, obtém-se  $F_s = 1$  e  $X_j \cdot F_s = 0,27 \times 1 = 0,27 \geq 0,27$ .

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.4.7.3 Ângulos $\alpha$ para determinação dos fatores de sombreamento do elementos horizontais

O sombreamento por elementos horizontais ,depende do comprimento/ângulo da obstrução, da latitude, da exposição e do clima local, sendo os valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais  $F_0$  os constantes nas Tabelas 16 e 17 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013), relativos à estação de aquecimento e arrefecimento respetivamente.

#### 4.2.4.4.7.3.1 Envidraçado do quarto de banho orientado a Este

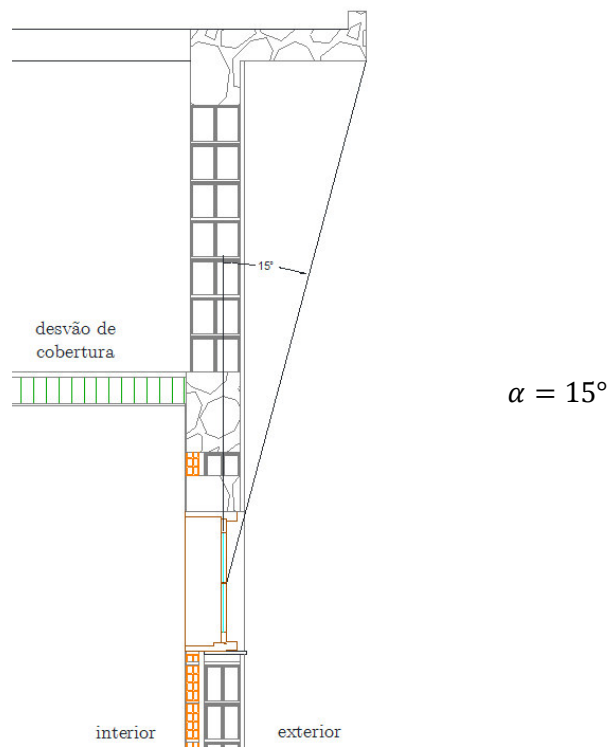


Figura 4.34 - Esquema da obstrução horizontal do envidraçado do quarto de banho voltado a E.

4.2.4.4.7.3.2 Envidraçados orientados a Sul

4.2.4.4.7.3.2.1 Envidraçados dos quartos 2 e 3

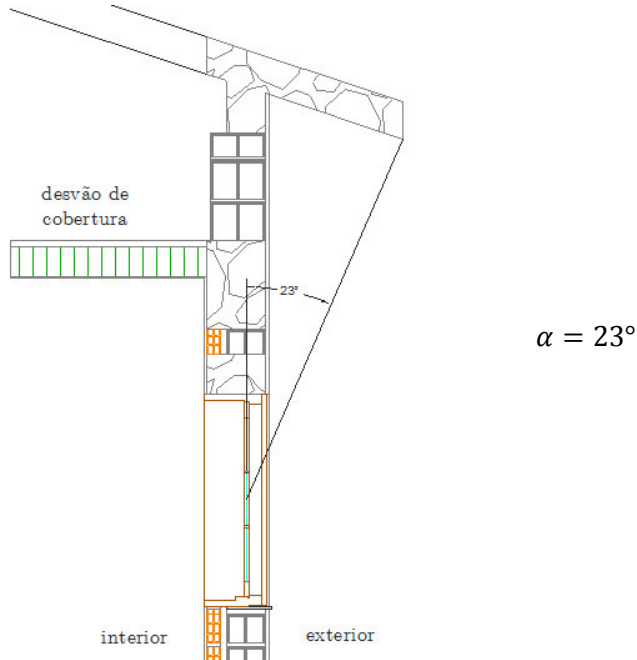


Figura 4.35 - Esquema da obstrução horizontal dos envidraçados dos quarto 2 e 3 voltados a S.

4.2.4.4.7.3.2.2 Envidraçado do quarto de banho privativo

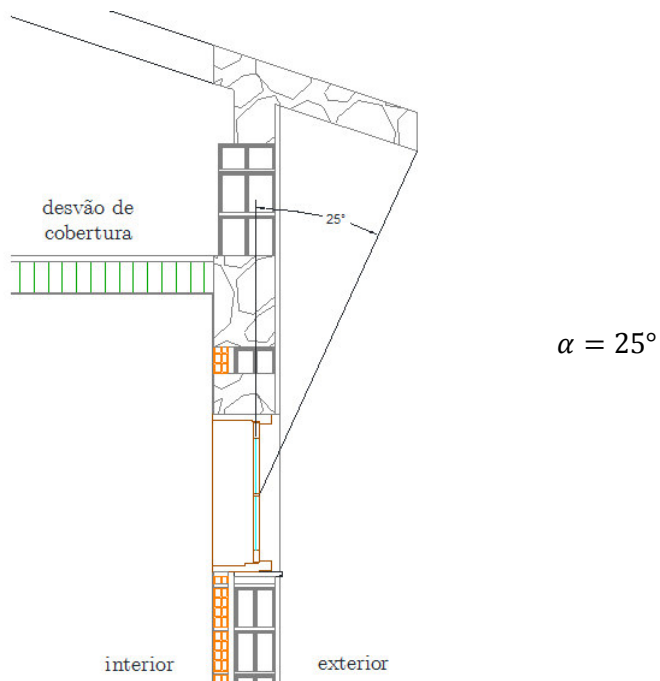


Figura 4.36 - Esquema da obstrução horizontal do envidraçado do quarto de banho privativo voltado a S.

4.2.4.4.7.3.2.3 Porta da cozinha para ENU varanda

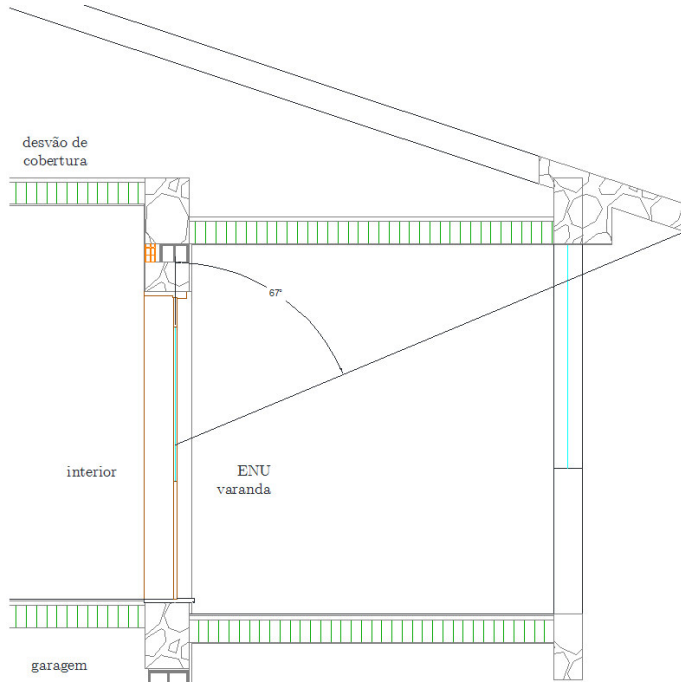
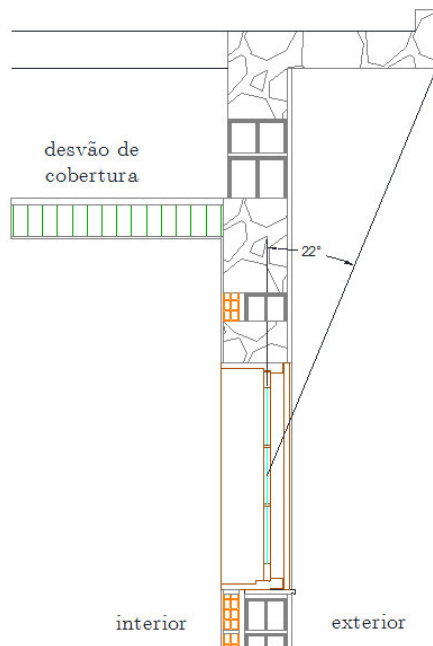


Figura 4.37 - Esquema da obstrução horizontal da porta da cozinha para o ENU varanda voltada a S.

$$\alpha = 67^\circ$$

4.2.4.4.7.3.3 Envidraçados orientados a Oeste

4.2.4.4.7.3.3.1 Envidraçado da sala



$$\alpha = 22^\circ$$

Figura 4.38 - Esquema da obstrução horizontal do envidraçado da sala voltado a W.

### 4.2.4.4.7.3.2 Envidraçado da cozinha

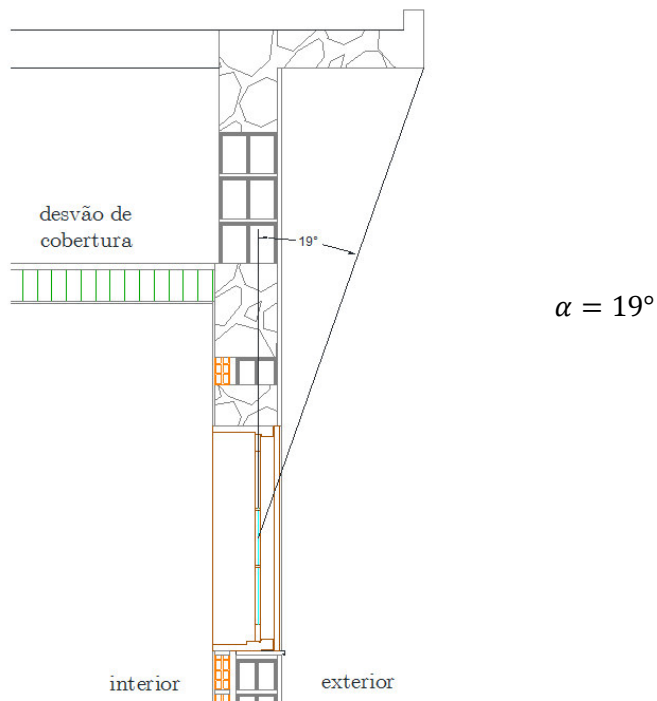


Figura 4.39 - Esquema da obstrução horizontal do envidraçado da cozinha voltado a W.

### 4.2.4.4.7.4 Ângulos $\beta$ para determinação dos fatores de sombreamento do elementos verticais

O sombreamento por elementos verticais, depende igualmente do comprimento/ângulo da obstrução, da latitude, da exposição e do clima local, sendo os valores dos fatores de sombreamento de elementos verticais  $F_f$  os constantes nas Tabelas 18 e 19 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013), relativos à estação de aquecimento e arrefecimento respetivamente.

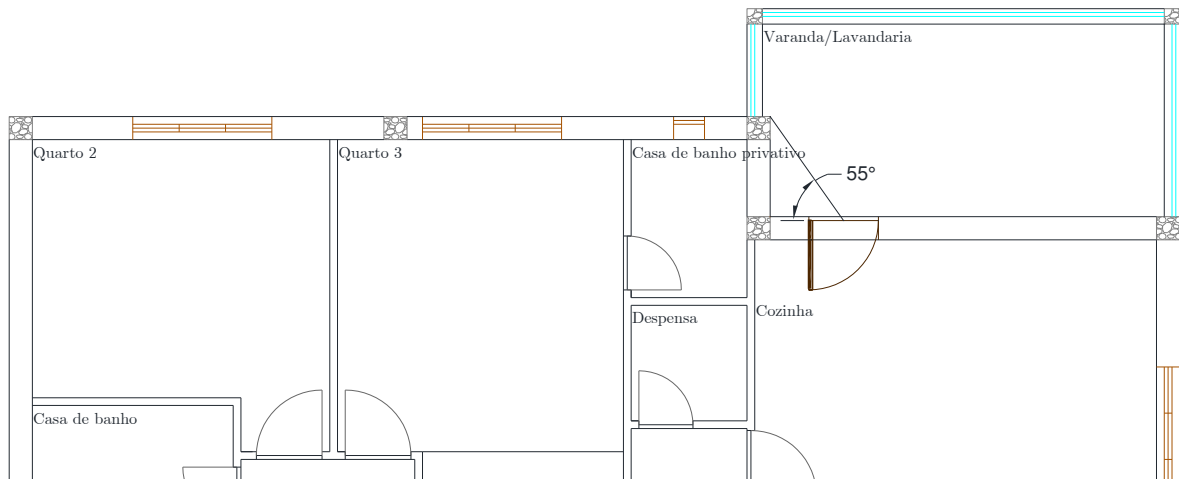


Figura 4.40 - Ângulos  $\beta$  para determinação dos fatores de sombreamento dos elementos verticais  $F_f$  dos vãos envidraçados.

#### 4.2.4.4.7.4.1.1 Porta da cozinha para ENU varanda

$$\beta_{esq} = 55^\circ$$

*Não existindo* sombreamento por elementos verticais assume-se  $F_f = 1$

#### 4.2.4.4.8 Fração envidraçada

Os valores típicos da fração envidraçada de diferentes tipos de caixilharia estão representados na Tabela 20 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013.

$F_g = 0,57$  - caixilharia de madeira ou PVC com quadrícula

$F_{g,int} = 0,57$  - caixilharia de madeira ou PVC com quadrícula

$F_{g,enu} = 0,70$  - caixilharia de alumínio ou aço sem quadrícula

#### 4.2.4.5 Fatores relacionados com a envolvente opaca

A determinação do fator de obstrução de superfícies opacas é totalmente opcional. Quando esta é considerada, deve seguir-se uma abordagem igual à prevista para os vãos envidraçados. (numero 4 do ponto 8 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.5.1 Envolvente opaca orientada a Norte

à semelhança do que se passa com os envidraçados, e de acordo com o numero 3 do ponto 8 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013:  $X_j \cdot F_h \cdot F_0 \cdot F_f \geq 0,27$ . Assim o produto  $F_0 \cdot F_f \cdot F_h = 1$ , tanto para a estação de aquecimento como para a de arrefecimento, e assim se obtém  $F_s = 1$  e  $X_j \cdot F_s = 0,27 \times 1 = 0,27 \geq 0,27$ .

### 4.2.4.5.2 Fator de sombreamento do horizonte por obstruções

#### 4.2.4.5.2.1 Estação de arrefecimento

Mesmas condições do ponto 4.2.4.4.7.1.1.

$$F_h = 1.$$

#### 4.2.4.5.2.2 Estação de aquecimento

Mesmas condições do ponto 4.2.4.4.7.1.2.

$F_h$  deve ser determinado mediante a adoção de um ângulo de horizonte por defeito de  $20^\circ$

4.2.4.5.3 Fator de sombreamento do elementos horizontais

4.2.4.5.3.1 *Envolvente opaca orientada a Este*

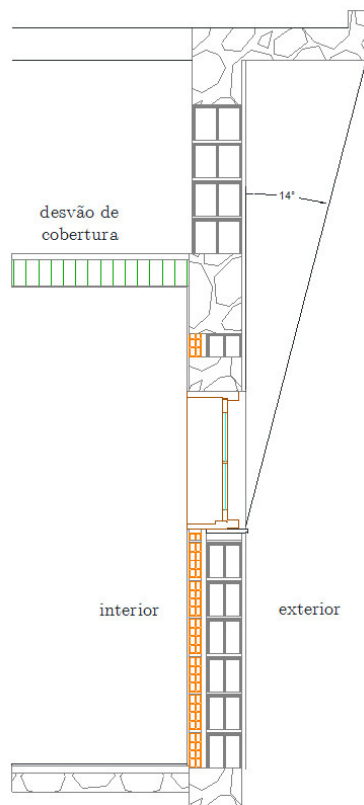


Figura 4.41 - Esquema das obstruções horizontais da envolvente opaca voltada a E.

Parede do quarto 1, quarto de banho e quarto 2

$$\alpha = 14^\circ \text{ (considerando altura média da beirada)}$$

4.2.4.5.3.2 *Envoltente opaca orientada a Sul*

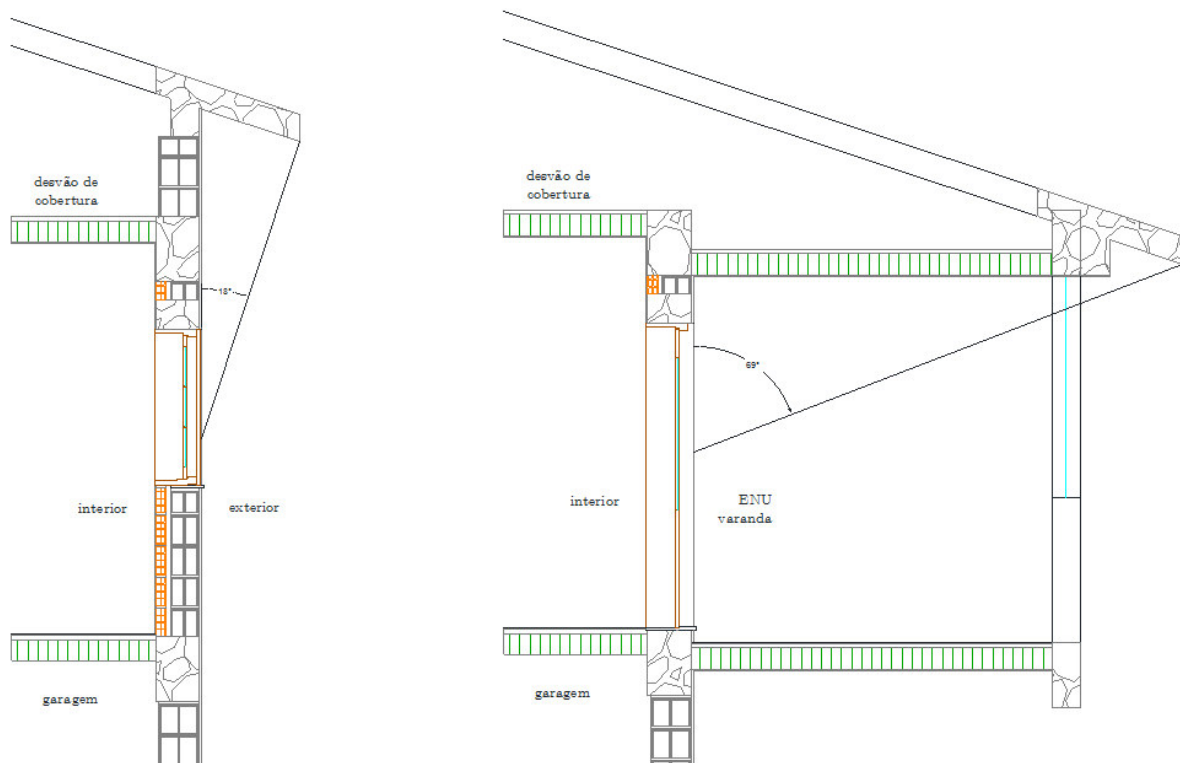


Figura 4.42 - Esquema das obstruções horizontais da envoltente opaca voltada a S.

Parede do quarto 2, quarto 3 e quarto de banho privativo

$$\alpha = 18^\circ$$

Parede entre a cozinha e o ENU varanda

$$\alpha = 69^\circ$$

4.2.4.5.3.3 *Envolvente opaca orientada a Oeste*

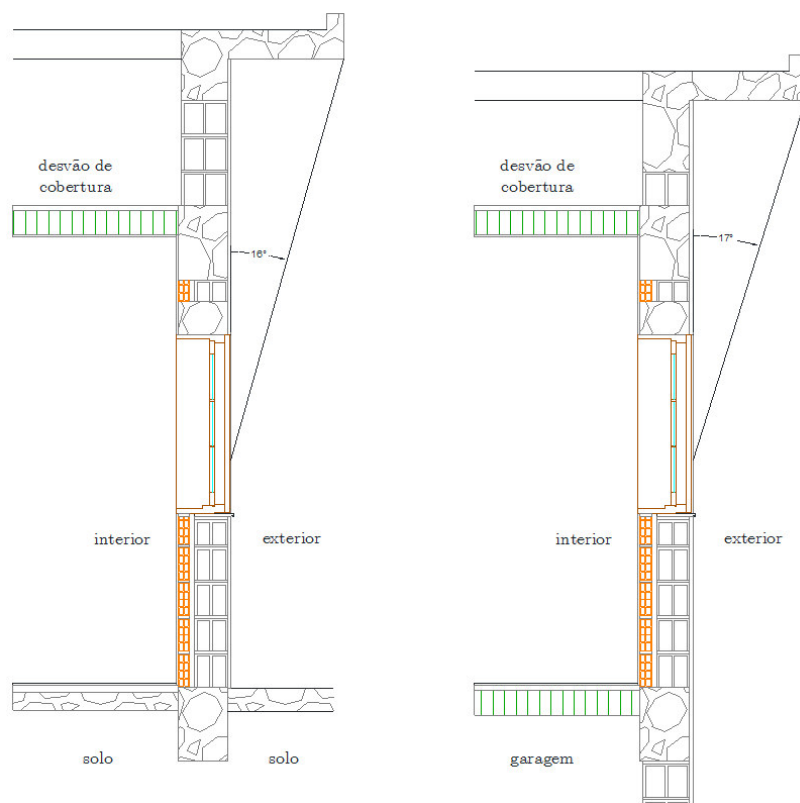


Figura 4.43 - Esquema das obstruções horizontais da envolvente opaca voltada a W.

4.2.4.5.3.3.1 *Parede da sala*

$$\alpha = 16^\circ \text{ (considerando altura média da beirada)}$$

4.2.4.5.3.3.2 *Parede da cozinha*

$$\alpha = 17^\circ \text{ (considerando altura média da beirada)}$$

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.5.3.3 Parede entre o quarto de banho privativo e o ENU varanda

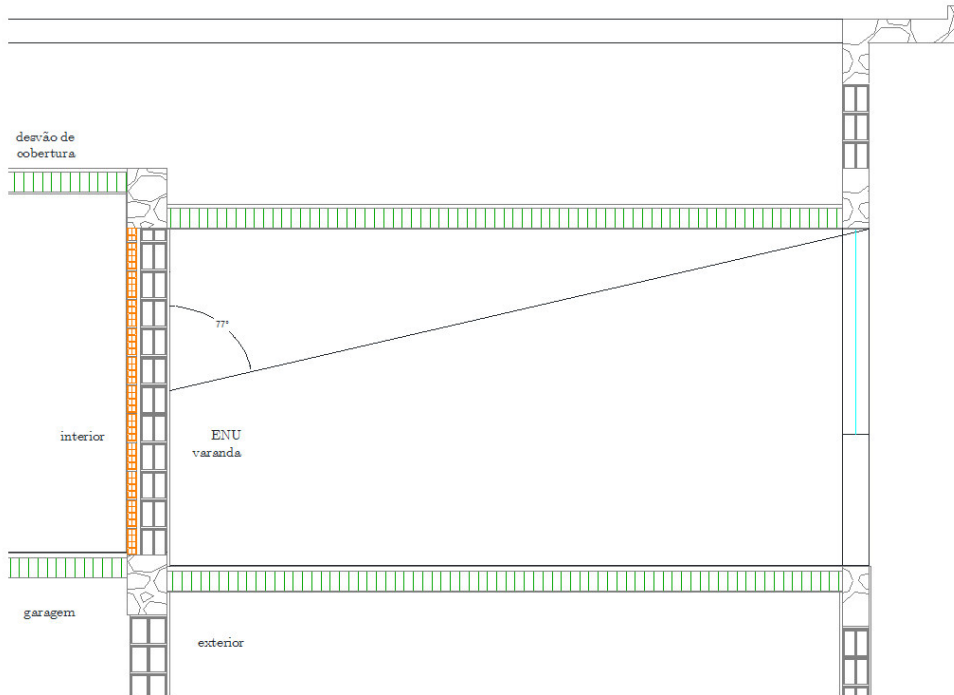


Figura 4.44 - Esquema das obstruções horizontais da envolvente opaca, entre o quarto de banho privativo e a varanda, voltada a W.

$$\alpha = 77^\circ$$

### 4.2.4.5.3.4 Ângulos $\beta$ para determinação dos fatores de sombreamento do elementos verticais

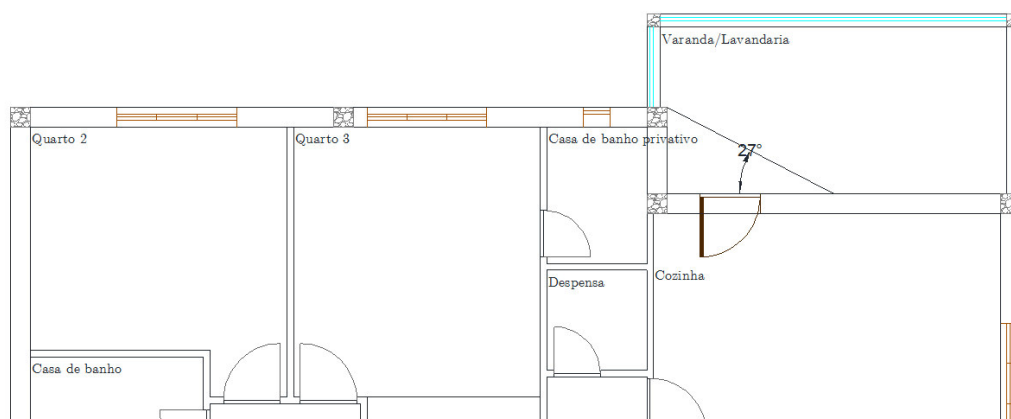


Figura 4.45 - Ângulos  $\beta$  para determinação dos fatores de sombreamento do elementos verticais  $F_f$  da envolvente opaca.

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.5.3.4.1 Parede entre a cozinha e o ENU varanda, voltada a Sul

$$\beta_{esq} = 27^\circ$$

### 4.2.4.5.3.4.2 Parede entre a quarto de banho privativo e o ENU varanda, voltada a Oeste

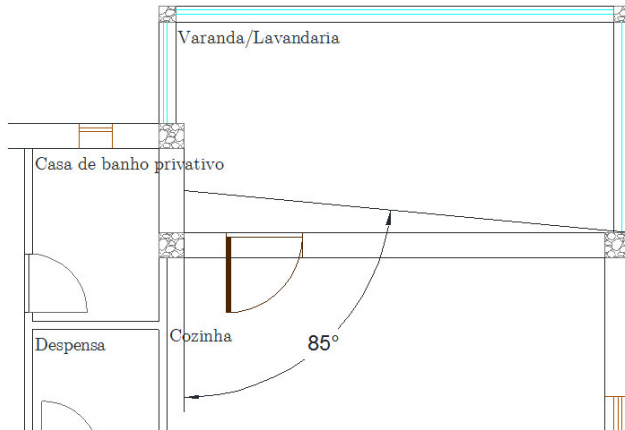


Figura 4.46 - Ângulos  $\beta$  para determinação dos fatores de sombreamento do elementos verticais  $F_f$  da envolvente opaca, entre quarto de banho privativo e varanda.

$$\beta_{dir} = 85^\circ$$

### 4.2.4.6 Inércia térmica

A massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento,  $I_t$ , calcula-se através da seguinte expressão:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{s_i} \cdot r \cdot S_i}{A_p} \quad [8]$$

em que:

$M_{s_i}$  - Massa superficial útil do elemento  $i$ , [ $kg/m^2$ ]

$r$  - Fator de redução da massa superficial útil

$S_i$  - Área da superfície interior do elemento  $i$ , [ $m^2$ ]

$A_p$  - Área interior útil de pavimento, [ $m^2$ ]

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.6.1 Massa superficial útil de elementos de construção

A massa superficial útil de cada elemento de construção,  $M_{s_i}$ , em  $kg/m^2$  é função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento e do isolamento térmico e das características das soluções de revestimento superficial.

#### 4.2.4.6.1.1 Elementos da envolvente exterior ou da envolvente interior, ou elementos de construção em contacto com outra fração autónoma ou com edifício adjacente

##### 4.2.4.6.1.1.1 Paredes exteriores e em contacto com a varanda

Para elementos da envolvente exterior ou interior (EL1), o valor de  $M_{s_i}$ , nunca pode ser superior a  $150 kg/m^2$ . As paredes exteriores e em contacto com a varanda, do caso em estudo, não possuem isolamento térmico e tem caixa de ar, logo  $M_{s_i} = m_{p_i}$ , onde  $m_{p_i}$  corresponde à massa do elemento desde a caixa de ar até à face interior.

$$m_{p_i} \approx 120 kg/m^2 \leq 150 kg/m^2$$

(paredes simples – alvenaria de tijolo furado de 7cm de espessura)

$$M_{s_i} = 120 kg/m^2$$

##### 4.2.4.6.1.1.2 Esteira do desvão da cobertura inclinada e os pavimentos sobre a garagem

A esteira do desvão da cobertura inclinada e os pavimentos sobre a garagem, no caso em estudo, não possuem isolamento térmico e não tem caixa de ar, logo  $M_{s_i} = \frac{m_t}{2}$ , onde  $m_t$  corresponde à massa total do elemento.

$$m_t = \approx 1400 kg/m^3$$

(lajes de aligeiradas de pavimentos – vigota simples e blocos cerâmicos)

$$m_t = 252 kg/m^2 \text{ (lage com 18cm de espessura)}$$

$$\frac{m_t}{2} \approx 126 \text{ kg/m}^2 \leq 150 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{s_i} = 126 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.2.4.6.1.2 Elementos em contacto com o solo

Para elementos em contacto com o solo (EL2), o valor de  $M_{s_i}$  nunca pode ser superior a  $150 \text{ kg/m}^2$ . Como os pavimentos em contacto com o solo não têm isolamento térmico,  $M_{s_i} = 150 \text{ kg/m}^2$ .

#### 4.2.4.6.1.3 Elementos de compartimentação interior da fração autónoma

Para elementos de compartimentação interior da fração autónoma, compreendendo parede ou pavimento (EL3), o valor de  $M_{s_i}$  nunca poderá ser superior a  $300 \text{ kg/m}^2$ . Como as paredes de compartimentação interior não têm sem isolamento térmico,  $M_{s_i} = m_t$ , onde  $m_t$  corresponde à massa total do elemento.

$$m_t \approx 120 \text{ kg/m}^2 \leq 150 \text{ kg/m}^2$$

(paredes simples – alvenaria de tijolo furado de 7cm de espessura)

$$M_{s_i} = 120 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.2.4.6.2 Fator de redução da massa superficial

O fator de redução da massa superficial,  $r$ , depende da resistência térmica do revestimento superficial interior, com inclusão da resistência térmica de uma eventual caixa de ar associada,  $R$ .

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.4.6.2.1 $r$ de elementos *EL1*

#### 4.2.4.6.2.1.1 *Paredes exteriores*

Revestimento superficial interior: camada de 1 *cm* de estuque (quartos, sala e vestíbulo)

$$R = \frac{0,01}{0,57} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \rightarrow r = 1$$

Revestimento superficial interior: camada de 1 *cm* de azulejo (cozinha e quartos de banho)

$$R = \frac{0,01}{1,30} = 0,008 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \rightarrow r = 1$$

#### 4.2.4.6.2.1.2 *Paredes em contacto com a varanda*

Revestimento superficial interior: camada de 1 *cm* de azulejo (cozinha e quarto de banho privativo)  $\rightarrow r = 1$

#### 4.2.4.6.2.1.3 *Esteira do desvão da cobertura inclinada*

Revestimento superficial interior: camada de 1 *cm* de estuque  $\rightarrow r = 1$

#### 4.2.4.6.2.1.4 *Pavimentos sobre a garagem*

Revestimento superficial interior: camada de 1 *cm* de tacos de madeira (quarto 2 e 3)

$$R = \frac{0,01}{0,23} = 0,043 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \rightarrow r = 1$$

## Reabilitação energética de edifícios

Revestimento superficial interior: camada de 1cm de azulejo (restantes zonas)

→ r = 1

### 4.2.4.6.2.2 r de elementos EL2

Revestimento superficial interior: camada de 1cm de tacos de madeira (quarto 1)

→ r = 1

Revestimento superficial interior: camada de 1cm de azulejo (restantes zonas)

→ r = 1

### 4.2.4.6.2.3 r de elementos EL3

Revestimento superficial interior: camada de 1cm de estuque

$$R = \frac{0,01}{0,57} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W \text{ em ambas as faces} \rightarrow r = 1$$

Tabela 4.43 - Área de paredes divisórias (elementos de compartimentação).

Paredes no sentido	Comprimento (m)	$P_d$ (m)	Área de paredes divisórias $A_d$ (m <sup>2</sup> )
<b>N – S</b>	22,85	2,70	61,70
<b>E – W</b>	24,20		65,34
			Total = 127,04

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 4.44 - Produtos entre massas superficiais úteis dos elementos, com os fatores de redução da massa superficial útil e respetivas áreas das superfícies interiores dos elementos.

EL	Elemento	$M_{s_i}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$r$	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$M_{s_i} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
1	Parede exterior (quartos, sala e vestíbulo)	120	1	(7,38+3,52+12,26+11,06+8,26+7,12+6,17+7,62)=63,39	7607
	Parede exterior (quartos de banho e cozinha)	120	1	(0,82+3,65+3,29+8,05)=15,81	1897
	Paredes em contacto com ENU varanda	120	1	(10,18+2,43)=12,61	1513
	Esteira do desvão da cobertura inclinada	126	1	126,15( $A_p$ )	15895
	Pavimento sobre ENU garagem (quartos 2 e 3)	126	1	(13,70+16,79)=30,49	3842
	Pavimento sobre ENU garagem (restantes zonas)	126	1	(3,12+3,08+2,48+2,25+17,42)=28,35	3572
2	Pavimento sobre o solo (quarto 1)	150	1	17,02	2553
	Pavimento sobre o solo (restantes zonas)	150	1	(1,30+7,86+6,73+31,86+0,71)=48,45	7268
3	Paredes divisórias (elementos de compartimentação)	120	1	127,04	15245
<b>Total =</b>					<b>59392</b>

$$I_t = \frac{\sum_i M_{s_i} \cdot r \cdot S_i}{A_p} = \frac{59392}{126,15} = 470,80 \text{ kg/m}^2$$

$$I_t = 470,80 \text{ kg/m}^2 > 400 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{Classe de inércia térmica forte}$$

### 4.2.5 TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR

Para a determinação da taxa de renovação do ar ( $R_{ph}$ ), recorreu-se a uma ferramenta de cálculo (folhas de cálculo em formato Excel), citada no número 3 do ponto 12.1 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, desenvolvida por Armando Pinto do LNEC. As folhas de cálculo podem ser consultadas no Anexo II para a situação atual do edifício.

Dados introduzidos na ferramenta de cálculo:

No que respeita ao enquadramento do edifício, trata-se de uma habitação existente, localizada no município de Vila Nova de Gaia e pertence à zona A (Portugal Continental a mais de 5km da costa). A altitude do local é 141,9m mas introduziram-se 142 visto que a ferramenta apenas trabalha com valores inteiros nesta célula. Todas as fachadas têm envolvente exposta ao exterior. Sendo uma habitação unifamiliar, térrea com apenas o rés-do-chão,  $H_{edif} = H_{FA} = P_d + \text{espessura da laje de teto} \approx 2,90m$ . A nível de obstáculos existem habitações vizinhas, de difícil obtenção das distâncias e alturas das mesmas, pelo que se adotaram valores por defeito da ferramenta,  $H_{obs} = 0m$  e  $D_{obs} = 1000m$ . A velocidade média do vento no local ( $u$ ) não é conhecida pelo que se considerou o valor calculado pela ferramenta segundo número 7 do ponto 12.1 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013.

Em relação à área dos vãos, no alçados Norte, para além da área de envidraçados ( $A_w$ ) determinada no levantamento dimensional, considerou-se também a porta do vestíbulo, que por simplificação foi incluído na área de envolvente opaca corrente. No alçado Sul não se considerou a porta da cozinha para o  $ENU_{varanda}$  uma vez que não se encontra exposta a vento.

Quanto às caixilharias, não existe informação sobre a classe de permeabilidade ao ar, e considera-se que existe vedante em todo o perímetro das juntas das mesmas (sob compressão), sendo desta forma consideradas de classe 2 (nº 3 do ponto 3.1 do Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013).

Relativamente a condutas de ventilação natural sem obstrução do escoamento do ar, existe uma de exaustão, quadrada de dimensões  $0,50 m \times 0,50 m$ , com uma altura

## Reabilitação energética de edifícios

acima do teto aproximadamente de 3 m e a cobertura faz uma inclinação de 17 a 18°. Para definir a perda de carga da conduta é necessário conhecer o diâmetro equivalente ( $D_{eq}$ ) da conduta:

$$D_{eq} = 1,3 \times \frac{(a \times b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}} = 1,3 \times \frac{(0,5 \times 0,5)^{0,625}}{(0,5+0,5)^{0,25}} = 0,547m$$

Com  $D_{eq} = 0,547m > 0,200m$ , mas como a área da abertura é apenas  $A_{abertura} = 0,20 \times 0,20 = 0,04m^2$ , deve verificar-se  $A_{abertura} > 10\% A_{conduta} = 0,1 \times 0,50 \times 0,50 = 0,025m^2$  pois assim, esta conduta continua a ser considerada mas por  $A_{abertura} < 70\% A_{conduta} = 0,1 \times 0,50 \times 0,50 = 0,18m^2$ , tem uma perda de carga alta.

Das referidas folhas de cálculo com estes dados, resulta:

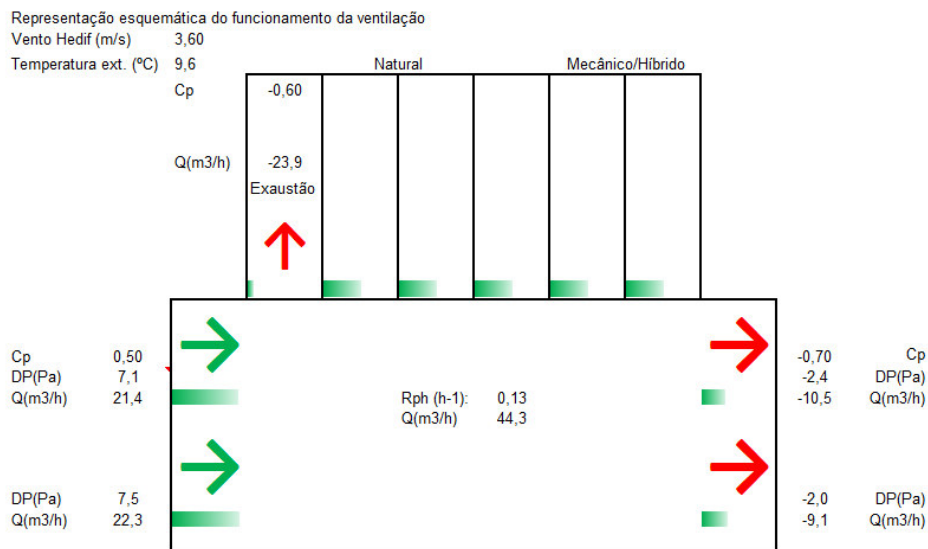


Figura 4.47 - Representação esquemática do funcionamento da ventilação (edifício atual).

$$R_{ph,i} = 0,4 h^{-1}$$

$$R_{ph,v} = 0,6 h^{-1}$$

### 4.2.6 PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

A energia útil necessária para a preparação de AQS durante um ano será calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_a = (M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d) / 3600000 \quad [kWh/ano] \quad [9]$$

## Reabilitação energética de edifícios

em que:

$\Delta T$  - Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS e que toma o valor de referência de 35°C

$n_d$  - Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais que se considera de 365 dias

### 4.2.6.1 Consumo médio diário de referência

Nos edifícios de habitação, o consumo médio diário de referência será calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh} \quad [\text{litros}] \quad [10]$$

em que:

$n$  - Número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e  $n + 1$  ocupantes nas tipologias do tipo  $T_n$  com  $n > 0$ .

$f_{eh}$  - Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior,  $f_{eh} = 0,90$ , sendo que nos restantes casos,  $f_{eh} = 1$ .

O edifício tem tipologia T3  $\rightarrow n = 3 + 1 = 4$

Os chuveiros ou sistemas de duche do edifício não possuem rotulagem  $\rightarrow f_{eh} = 1$

$$M_{AQS} = 40 \cdot 4 \cdot 1 = 160 \text{ l}$$

$$Q_a = (160 \cdot 4187 \cdot 35 \cdot 365) / 3600000 = 2377,96 \text{ kWh/ano}$$

## Reabilitação energética de edifícios

O atual equipamento utilizado para a preparação de AQS é um termoacumulador elétrico, Figura 4.48, que veio substituir um anterior à cerca de 7 anos. O valor base de eficiência para termoacumuladores elétricos convencionais de produção de AQS em edifícios existentes é de 0,90 e tendo o sistema entre 1 e 10 anos deve ser multiplicado pelo fator de correção correspondente 0,95 obtendo-se uma eficiência corrigida de 0,855.



Figura 4.48 - Termoacumulador elétrico.

As tubagens de distribuição de água quente encontram-se isoladas, Figura 4.49, e para o efeito do preenchimento das tabelas de calculo adotadas para a determinação das necessidades de energia, no ponto seguinte, considerou-se que têm resistência térmica superior ou igual a  $0,25 m^2 \cdot ^\circ C/W$ .



Figura 4.49 - Isolamento das tubagens de distribuição de água quente.

## Reabilitação energética de edifícios

### 4.2.7 NECESSIDADES DE ENERGIA

Para a determinação das necessidades de energia da habitação no seu estado atual, recorreu-se a uma ferramenta de cálculo, em folhas de cálculo, formato Excel, desenvolvidas pelo Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (ITeCons). As folhas de cálculo podem ser consultadas no Anexo III.

Destas folhas de cálculo obtém-se os seguintes resultados:

Tabela 4.45 - Necessidades de energia do edifício atual.

Estado atual do edifício		
$N_{ic}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_i$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{ic}/N_i$
199,01	58,08	3,42 (342%)
$N_{vc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_v$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{vc}/N_v$
3,04	9,13	0,33 (33%)
$Qa/A_p$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$Qa/A_p$ ref. (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$(Qa/A_p)/(Qa/A_p$ ref.)
18,84	18,84	1 (100%)
$N_{tc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_t$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$R_{Nt} = N_{tc}/N_t$
552,63	202,39	2,73 (273%)
Classe Energética: F		

A moradia em estudo tem uma classe energética F. A razão entre as necessidades nominais anuais de energia primária,  $N_{tc} = 553 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$ , e o limite das necessidades nominais anuais de energia primária  $N_t = 204 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$ ,  $R_{Nt} = 2,73$  (classe energética F:  $R_{Nt} \geq 2,51$ ). Através dos resultados expostos na Tabela 4.45 verifica-se que a parcela que mais interfere no mau desempenho energético desta moradia é a das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento,  $N_{ic}$ , face ao respetivo limite,  $N_i$ , tendo sido cerca de 3,5 vezes superior.



## 5 REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO EM ESTUDO

Neste capítulo serão propostas medidas de reabilitação energética, no ponto 5.1, com o objetivo de alcançar uma melhor classe de eficiência energética. No ponto 5.2 será feita uma análise da viabilidade económica do conjunto das propostas de reabilitação energética.

### 5.1 MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA PROPOSTAS

Em primeiro lugar refere-se que, de forma a alcançar uma melhor classe de eficiência energética, se tentará baixar os coeficientes  $U$  de toda a envolvente do edifício, abaixo dos valores de referência  $U_{ref}$  através das seguintes medidas de melhoria:

- Medida de melhoria 1: nas paredes exteriores e em contacto com o  $ENU_{varanda}$ , recorrer-se-á à aplicação de isolamento pelo exterior (ETICS),
- Medida de melhoria 2: nos pavimentos recorrer-se-á à aplicação de isolamento sobre os mesmos, devido ao pavimento sobre solo,
- Medida de melhoria 3: ao nível da cobertura colocar isolamento sobre a laje de esteira visto que o desvão é não habitável,
- Medida de melhoria 4: intervir nos envidraçados recorrendo a vidro duplo.

#### 5.1.1 MEDIDA DE MELHORIA 1 - ETICS NAS PAREDES EXTERIORES E EM CONTACTO COM $ENU_{VARANDA}$

O coeficiente  $U_{ref}$  para paredes exteriores é igual a  $0,35 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

Considerando isolamento pela exterior (ETICS), optou-se por utilizar painéis de lã mineral natural (LMN) com  $8\text{ cm}$  de espessura e com uma condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) de  $0,036 W/(m \cdot ^\circ C)$  (Painel ETICS FKD-S-C1 (PTP-S-035) "KNAUF INSULATION" - ficha técnica no Anexo VI B i).

## Reabilitação energética de edifícios

### 5.1.1.1 Parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas após medida 1

Tabela 5.1 - Resistências térmicas das camadas das paredes exteriores em zona de quartos, vestíbulo e salas após medida de melhoria 1.

Camada	Superfície interior	Estuque interior	Tijolo de 7	Caixa de ar	Bloco de 20	Reboco exterior	Sistema ETICS (LMN)	Superfície exterior
Espessura (m)	-	0,01	0,07	0,03	0,20	0,02	0,08	-
$\lambda$ (W/(m. °C))	-	0,57	-	-	-	1,80	0,036	-
$R_j$ (m <sup>2</sup> . °C/W) ( $R_{si}$ )	0,13	0,02	0,19	0,18	0,30	0,01	2,22	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} = 3,09 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

$$U_{cor} = \frac{1}{R_{total}} = 0,324 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)} \leq U_{ref}$$

#### 5.1.1.1.1 Ponte térmica plana na parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas após medida 1

Tabela 5.2 - Resistências térmicas das camadas das PTP nas paredes exteriores em zona de quartos, vestíbulo e salas após medida de melhoria 1.

Camada	Superfície interior	Estuque interior	Betão armado	Reboco exterior	Sistema ETICS (LMN)	Superfície exterior
Espessura (m)	-	0,01	0,30	0,02	0,08	-
$\lambda$ (W/(m. °C))	-	0,57	2,00	1,80	0,036	-
$R_j$ (m <sup>2</sup> . °C/W) ( $R_{si}$ )	0,13	0,02	0,15	0,01	2,22	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} = 2,57 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

## Reabilitação energética de edifícios

$$U_{PTP} = \frac{1}{R_{total}} = 0,389 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$U_{ref} < U_{PTP} \leq 0,9 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$  (número 3 do ponto 2.2 da Portaria n.º 349 – B/2013)

### 5.1.1.2 Parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha e paredes entre a cozinha e $ENU_{varanda}$ e entre quarto de banho privativo e $ENU_{varanda}$ após medida 1

Tabela 5.3 - Resistências térmicas das camadas das paredes exteriores em zona de quartos de banho e cozinha e paredes entre a cozinha e  $ENU_{varanda}$  e entre quarto de banho privativo e  $ENU_{varanda}$  após medida de melhoria 1.

Camada	Superfície interior	Azulejos	Tijolo de 7	Caixa de ar	Bloco de 20	Reboco exterior	Sistema ETICS (LMN)	Superfície exterior
Espessura (m)	-	0,01	0,07	0,03	0,20	0,02	0,08	-
$\lambda$ ( $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ )	-	1,30	-	-	-	1,80	0,036	-
$R_j$ ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ )	0,13 ( $R_{si}$ )	0,01	0,19	0,18	0,30	0,01	2,22	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} = 3,08 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$$

$$U_{cor} = \frac{1}{R_{total}} = 0,325 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

## Reabilitação energética de edifícios

5.1.1.2.1 Ponte térmica plana na parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha e nas paredes entre a cozinha e  $ENU_{varanda}$  e entre quarto de banho privativo e  $ENU_{varanda}$  após medida 1

Tabela 5.4 - Resistências térmicas das camadas das PTP nas paredes exteriores em zona de quartos de banho e cozinha e paredes entre a cozinha e  $ENU_{varanda}$  e entre quarto de banho privativo e  $ENU_{varanda}$  após medida de melhoria 1.

Camada	Superfície interior	Azulejos	Betão armado	Reboco exterior	Sistema ETICS (LMN)	Superfície exterior
Espessura (m)	-	0,01	0,30	0,02	0,08	-
$\lambda$ ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ )	-	1,30	2,00	1,80	0,036	-
$R_j$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	0,13 ( $R_{si}$ )	0,01	0,15	0,01	2,22	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} = 2,56 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$$

$$U_{PTP} = \frac{1}{R_{total}} = 0,391 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

$U_{ref} < U_{PTP} \leq 0,9 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ C)$  (número 3 do ponto 2.2 da Portaria n.º 349 – B/2013)

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.5 - Quadro resumo dos U das paredes após aplicação de ETICS.

Elemento	$U [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$
Parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas (ETICS)	0,32
Ponte térmica plana (PTP) na parede exterior em zona de vestíbulo, quartos e salas (ETICS)	0,39
Parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha e paredes entre a cozinha e <b>ENU<sub>varanda</sub></b> e entre quarto de banho privativo e <b>ENU<sub>varanda</sub></b> (ETICS)	0,33
Ponte térmica plana (PTP) na parede exterior em zona de quartos de banho e cozinha e nas paredes entre a cozinha e <b>ENU<sub>varanda</sub></b> e entre quarto de banho privativo e <b>ENU<sub>varanda</sub></b> (ETICS)	0,39

### 5.1.2 MEDIDA DE MELHORIA 2 - APLICAÇÃO DE ISOLAMENTO SOBRE OS PAVIMENTOS

O coeficiente  $U_{ref}$  para elementos em contacto com o solo é igual a  $0,50 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$  e o  $U_{ref}$  para pavimentos sobre locais não aquecidos é  $0,30 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

Aplicando isolamento sobre os pavimentos, optou-se pela utilização de painéis rígidos de poliestireno extrudido (XPS) com  $5\text{ cm}$  de espessura e com uma condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) de  $0,034 W/(m \cdot ^\circ C)$  (Painel Polyfoam C4 LJ 1250 "KNAUF INSULATION" - ficha técnica no Anexo VI B ii).

5.1.2.1 Pavimento sobre solo em zona de quarto 1 após medida 2

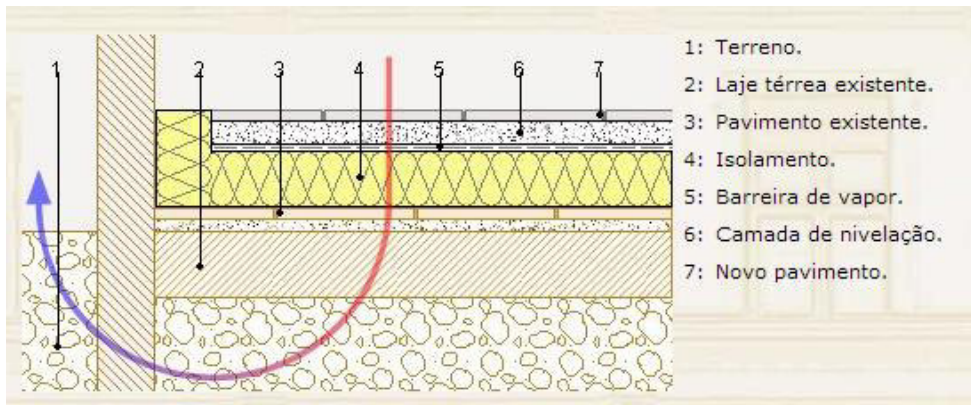


Figura 5.1 - Representação das camadas constituintes da proposta de melhoria ao nível dos pavimentos.

Este pavimento após a aplicação do isolamento é constituído por (do interior para o solo):

- Revestimento de madeira novo (esp) de  $1\text{cm}$  (incluindo camada de assentamento)
- Betonilha de regularização (nova)  $\text{esp} = 5\text{cm}$
- Barreira de vapor de filme de LDPE, camada desprezável no cálculo da  $R_{total}$  devido aos  $0,2\text{ mm}$  de espessura
- Paineis rígidos de XPS  $\text{esp} = 5\text{cm}$
- Betonilha de regularização (atual)  $\text{esp} = 4\text{cm}$
- Laje de piso com  $\text{esp} = 11\text{cm}$

$$R_f = \frac{0,01}{0,23} + \frac{0,05}{1,8} + \frac{0,05}{0,034} + \frac{0,04}{1,8} + \frac{0,11}{2,0} = 1,619 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

$A_p$  e  $P$  não se alteraram com as medidas de melhoria a aplicar, logo  $B' = \frac{A_p}{0,5 P} = 3,825$  (ponto 4.2.4.2.5.1.). O desnível entre o pavimento interior e exterior com esta camada de isolamento passa a ser inferior a zero:  $z < 0 \text{ m}$ .

### 5.1.2.2 Pavimento sobre solo nas restantes zonas após medida 2

Pavimento constituído por:

- Azulejos (novos) (esp) de  $1\text{cm}$  (incluindo camada de assentamento)
- Betonilha de regularização (nova)  $\text{esp} = 4\text{cm}$
- Barreira de vapor de filme de LDPE, camada desprezável no cálculo da  $R_{total}$  devido aos  $0,2\text{ mm}$  de espessura
- Painel rígidos de XPS  $\text{esp} = 5\text{cm}$
- Azulejos (atuais) (esp) de  $1\text{cm}$  (incluindo camada de assentamento)
- Betonilha de regularização (atual)  $\text{esp} = 4\text{cm}$
- Laje de piso com  $\text{esp} = 11\text{cm}$

$$R_f = \frac{0,01}{1,3} + \frac{0,04}{1,8} + \frac{0,05}{0,034} + \frac{0,01}{1,3} + \frac{0,04}{1,8} + \frac{0,11}{2,0} = 1,585 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

$A_p$  e  $P$  não se alteraram com as medidas de melhoria a aplicar, logo  $B' = \frac{A_p}{0,5 P} = 6,272$  (ponto 4.2.4.2.5.2.). O desnível entre o pavimento interior e exterior com esta camada de isolamento passa a ser inferior a zero:  $z < 0 \text{ m}$ .

### 5.1.2.3 Pavimento sobre ENU<sub>garagem</sub> em zona de quartos após medida 2

De forma a não se verificarem degraus a meio da habitação, a solução aplicada nos pavimentos sobre solo mantém-se para os pavimentos sobre a garagem.

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.6 - Resistências térmicas das camadas dos pavimentos sobre ENU<sub>garagem</sub> em zona de quartos após medida de melhoria 2.

Camada	Superfície interior	Tacos (novo)	Betonilha de regularização	Isolamento (XPS)	Laje aligeirada	Superfície exterior (ENU)
Espessura (m)	-	0,01	0,05	0,05	0,18	-
$\lambda$ (W/(m. °C))	-	0,23	1,80	0,034	-	-
$R_j$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	0,17 (R <sub>si</sub> )	0,04	0,03	1,47	0,16	0,04 (R <sub>se</sub> )

$$R_{total} = 1,91 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 0,524 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

### 5.1.2.4 Pavimento sobre ENU<sub>garagem</sub> nas restantes zonas após medida 2

Tabela 5.7 - Resistências térmicas das camadas dos pavimentos sobre ENU<sub>garagem</sub> nas restantes zonas após medida de melhoria 2.

Camada	Superfície interior	Azulejos	Betonilha de regularização	Isolamento (XPS)	Azulejos	Laje aligeirada	Superfície exterior (ENU)
Espessura (m)	-	0,01	0,04	0,05	0,01	0,18	-
$\lambda$ (W/(m. °C))	-	1,30	1,80	0,034	1,30	-	-
$R_j$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	0,17 (R <sub>si</sub> )	0,01	0,02	1,47	0,01	0,16	0,04 (R <sub>se</sub> )

$$R_{total} = 1,88 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = 0,532 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

## Reabilitação energética de edifícios

### 5.1.2.5 Alterações no levantamento dimensional após medida 2

O pé-direito ( $P_d$ ) foi reduzido com a camadas colocadas o sobre os pavimentos:

$$P_d = 2,60 \text{ m}$$

Com a redução do  $P_d$  as áreas de parede exterior e de portas e envidraçados que se desenvolvem até ao nível do pavimento, reduzem-se de uma faixa de 10 *cm*.

#### 5.1.2.5.1 Áreas de envidraçados alteradas devido à medida de melhoria 2

Tabela 5.8 - Área de envidraçado ( $A_w$ ) do alçado principal (voltado a Norte) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de envidraçado (m)</i>	<i>Altura de envidraçado (m)</i>	<i><math>A_w</math> (<math>m^2</math>)</i>
Vestíbulo	0,40	2,10 - 0,10	0,80
Sala de estar e jantar	1,80	2,10 - 0,10	3,60
Cozinha	0,70	2,10 - 0,10	1,40
			Total = 5,80

Tabela 5.9 - Área de envidraçado ( $A_w$ ) do alçado posterior (voltado a Sul) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de envidraçado (m)</i>	<i>Altura de envidraçado (m)</i>	<i><math>A_w</math> (<math>m^2</math>)</i>
Cozinha para ENU varanda	0,90	2,10 - 0,10	1,80
			Total = 1,80

## Reabilitação energética de edifícios

5.1.2.5.2 Áreas de paredes em contacto com o exterior e áreas de pontes térmicas planas nas mesmas, alteradas devido à medida de melhoria 2

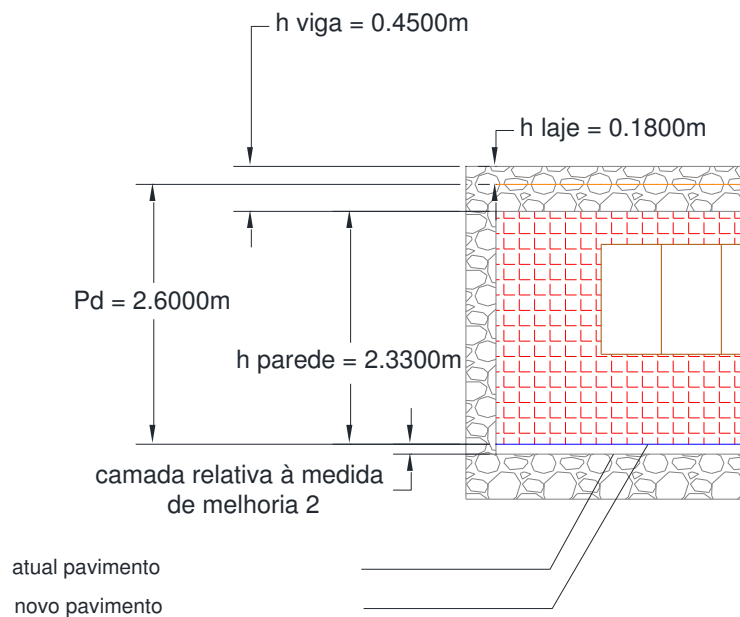


Figura 5.2 - Altura das paredes exteriores após medida de melhoria 2.

Tabela 5.10 - Área de parede exterior ( $A_{\text{parede exterior}}$ ) do alçado principal (voltado a Norte) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )	$A_{\text{parede exterior}} = l \times h - A_w - A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )
Quarto 1	4,00	2,33	1,98	(1,80×0,20)	6,98
Vestíbulo	1,90		0,80	((0,90+0,40)×0,20)	3,37
Sala de estar e jantar	(1,80+4,95)		3,60	(1,80×0,20)	11,77
Cozinha	1,00		1,40	(0,70×0,20)	0,79
Total =					21,91

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.11 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{PTP}$ ) do alçado principal (voltado a Norte) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c) (m)</i>	<i>h das PTP viga (<math>h_{PTP}</math>) (m)</i>	<i>nº de pilares intra - parede (nP)</i>	<i><math>A_{padieiras}</math> (<math>m^2</math>)</i>	<i><math>A_{PTP} = c \times h_{PTP} + nP \times 0,3 \times 2,6 + A_{padieiras}</math> (<math>m^2</math>)</i>
Quarto 1	4,00	0,45 - 0,18 = 0,27	0	0,36	1,44
Vestíbulo	1,90		0	0,26	0,77
Sala de estar e jantar	(1,80+4,95)		1	0,36	2,96
Cozinha	1,00		0	0,14	0,41
<b>Total = 5,58</b>					

Tabela 5.12 - Área de parede exterior ( $A_{parede\ exterior}$ ) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l) (m)</i>	<i>h (m)</i>	<i><math>A_w</math> (<math>m^2</math>)</i>	<i><math>A_{padieiras}</math> (<math>m^2</math>)</i>	<i><math>A_{parede\ exterior} = l \times h - A_w - A_{padieiras}</math> (<math>m^2</math>)</i>
Quarto 1	4,55	2,33	0,00	0	10,60
Quarto de banho	(1,15+0,55)		0,40	(0,40×0,20)	3,46
Quarto 2	3,40		0,00	0	7,92
<b>Total = 21,98</b>					

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.13 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{PTP}$ ) do alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c)</i> (m)	<i>h das PTP viga</i> ( $h_{PTP}$ ) (m)	<i>nº de pilares intra – parede</i> (nP)	$A_{padietas}$ ( $m^2$ )	$A_{PTP} = c \times h_{PTP} + nP \times 0,3 \times 2,6 + A_{padietas}$ ( $m^2$ )
Quarto 1	4,55	0,27	0	0	1,23
Quarto de banho	(1,15+0,55)		1	0,08	1,32
Quarto 2	3,40		0	0	0,92
Total =					3,47

Tabela 5.14 - Área de parede exterior ( $A_{parede\ exterior}$ ) do alçado posterior (voltado a Sul) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{padietas}$ ( $m^2$ )	$A_{parede\ exterior} = l \times h - A_w - A_{padietas}$ ( $m^2$ )
Quarto 2	3,90	2,33	1,98	(1,80×0,20)	6,75
Quarto 3	(0,65+2,85)		1,98	(1,80×0,20)	5,82
Quarto de banho privativo	1,55		0,40	(0,40×0,20)	3,13
Total =					15,70

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.15 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{PTP}$ ) do alçado posterior (voltado a Sul) -  
(Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c)</i> (m)	<i>h das PTP viga</i> ( $h_{PTP}$ ) (m)	<i>nº de pilares intra – parede</i> (nP)	$A_{padietas}$ ( $m^2$ )	$A_{PTP} = c \times h_{PTP} + nP \times 0,3 \times 2,6 + A_{padietas}$ ( $m^2$ )
Quarto 2	3,90	0,27	0	0,36	1,41
Quarto 3	(0,65+2,85)		1	0,36	2,09
Quarto de banho privativo	1,55		0	0,08	0,50
<b>Total = 4,00</b>					

Tabela 5.16 - Área de parede exterior ( $A_{parede\ exterior}$ ) do alçado lateral direito (voltado a Poente) -  
(Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{padietas}$ ( $m^2$ )	$A_{parede\ exterior} = l \times h - A_w - A_{padietas}$ ( $m^2$ )
Sala	4,10	2,33	1,98	(1,80×0,20)	7,21
Cozinha	4,25		1,98	(1,80×0,20)	7,56
<b>Total = 14,77</b>					

Tabela 5.17 - Área de Pontes térmicas planas (PTP) ( $A_{PTP}$ ) do alçado lateral direito (voltado a Poente) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Comprimento de viga (c)</i> (m)	<i>h das PTP viga</i> ( $h_{PTP}$ ) (m)	<i>nº de pilares intra – parede</i> (nP)	$A_{padietas}$ ( $m^2$ )	$A_{PTP} = c \times h_{PTP} + nP \times 0,3 \times 2,6 + A_{padietas}$ ( $m^2$ )
Sala	4,10	0,27	0	0,36	1,47
Cozinha	4,25		0	0,36	1,51
<b>Total = 2,98</b>					

## Reabilitação energética de edifícios

### 5.1.2.5.3 Áreas de paredes em contacto com espaços interiores não aquecidos/ espaços não uteis alteradas devido à medida de melhoria 2

Tabela 5.18 - Área de parede em contacto com ENU varanda ( $A_{\text{parede ENU}}$ ) do alçado posterior (voltado a Sul) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )	$A_{\text{parede ENU}} = l \times h - A_w - A_{\text{padieiras}}$ ( $m^2$ )
Cozinha	5,00	2,33	1,80	(0,9 × 0,2)	9,67
Total =					9,67

Tabela 5.19 - Área de parede em contacto com ENU varanda ( $A_{\text{parede ENU}}$ ) do alçado lateral direito (voltado a Poente) - (Medida de melhoria 2).

<i>Divisão</i>	<i>Largura de parede (l)</i> (m)	<i>h</i> (m)	$A_w$ ( $m^2$ )	$A_{\text{parede ENU}} = l \times h - A_w$ ( $m^2$ )
Quarto de banho privativo	1,00	2,33	0,00	2,33
Total =				2,33

### 5.1.2.5.4 Dados relativos às pontes térmicas lineares alteradas com a medida melhoria 2

#### 5.1.2.5.4.1 Comprimentos B das pontes térmicas lineares

##### 5.1.2.5.4.1.1 B da ligação fachada com pavimento de nível intermédio

Com a medida de melhoria 1 o edifício passa a possuir isolamento nas fachadas, e quando se comparam os coeficientes de transmissão térmica lineares ( $\psi$ ), através dos valores por defeito para este coeficiente na Tabela 07 do Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013, constata-se que:

## Reabilitação energética de edifícios

1. Ao nível do teto da habitação:

Ligação fachada com cobertura com sistema de isolamento das paredes pelo exterior e isolamento sobre a laje de cobertura (considerando já neste ponto a medida de melhoria 3 de forma a manter toda a informação relativa a PTL num só ponto):  $\psi = 0,80 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  e

Ligação fachada com pavimento intermédio com sistema de isolamento das paredes pelo exterior:  $\psi = 0,15 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2$

2. Ao nível do chão da habitação:

Ligação fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido com sistema de isolamento das paredes pelo exterior e isolamento sobre o pavimento:  $\psi = 0,50 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  e

Ligação fachada com pavimento intermédio com sistema de isolamento das paredes pelo exterior:  $\psi = 0,15 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2$

Em ambas as situações deixa de ser mais gravoso considerar ligações de fachada com pavimento intermédio, pelo que, ao nível do teto se passa a considerar ligação fachada com cobertura e ao nível do chão, ligação fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido.

## Reabilitação energética de edifícios

### 5.1.2.5.4.1.2 *B da ligação fachada com pavimento sobre local não aquecido (garagem)*

Tabela 5.20 - B das ligações entre fachada e pavimento sobre local não aquecido (garagem) -  
(Medida de melhoria 2).

Divisão	Cozinha		Quarto de banho privativo		Quarto 3	Quarto 2		Quarto de banho
	Orientação	W	S*	W*	S	S	E	E
<b><i>B (m)</i></b>	3,55	5,30	1,30	1,55	2,85+0,65	3,90	3,40	1,15

\* em contacto com  $ENU_{varanda}$

$$B_{total} = 23,65m$$

### 5.1.2.5.4.1.3 *B da ligação fachada com cobertura*

Os comprimentos  $B$  das ligações de fachadas com cobertura são os mesmos dos pontos 5.2.8.1. e 5.2.8.2. mas ao nível do teto da habitação aos quais se acrescentam agora os  $B$  ao nível do pavimento da habitação do ponto 5.2.8.3.

$$B_{total} = 42,30 \text{ (calculado no ponto 5.2.8.4)} + 5,30^* + 1,30^* = 48,90m$$

\* em contacto com  $ENU_{varanda}$

### 5.1.2.5.4.1.4 *B da ligação de duas paredes verticais em ângulo saliente*

$$B = P_d = 2,60 \text{ m}$$

$$B_{total} = 2,0 \times 8 = 20,8m$$

## Reabilitação energética de edifícios

### 5.1.2.5.4.2 B da ligação fachada com caixilharia

Tabela 5.21 - B das ligações entre fachada e caixilharias - (Medida de melhoria 2).

Caixilharia	Quarto 1	Vestíbulo	Sala		Cozinha			Quarto de banho	Quarto 3	Quarto 2	Quarto de banho
Orientação	N	N	N	W	N	W	S*	S	S	S	E
<b>B (m)</b>	(1,80 + 1,10) × 2	0,90 + 0,40 + 2,00 × 4	1,80 + 2,00 × 2	(1,80 + 1,10) × 2	0,70 + 2,00 × 2	(1,80 + 1,10) × 2	0,90 + 2,00 × 2	(0,40 + 0,80) × 2	(1,80 + 1,10) × 2	(1,80 + 1,10) × 2	(0,40 + 0,80) × 2
	5,80	9,30	5,80	5,80	4,70	5,80	4,90	2,40	5,80	5,80	2,40

\* caixilharia de envidraçado em contacto com  $ENU_{varanda}$

$$B_{total} = 58,5m$$

### 5.1.2.5.4.3 Coeficientes de transmissão térmicas lineares

Agora recorre-se à Tabela 07 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, que contempla soluções para paredes com isolamento térmico.

#### 5.1.2.5.4.3.1 Ligação fachada com pavimento térreo

$$\psi = 0,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \text{ (isolamento pelo exterior da fachada)}$$

#### 5.1.2.5.4.3.2 Ligação fachada com pavimento sobre local não aquecido (garagem)

$\psi = 0,50 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  (isolamento pelo exterior da fachada e isolamento sobre o pavimento)

## Reabilitação energética de edifícios

### 5.1.2.5.4.3.3 *Ligação fachada com cobertura*

$\psi = 0,80 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  (isolamento pelo exterior da fachada e isolamento sobre a laje de cobertura)

### 5.1.2.5.4.3.4 *Ligação de duas paredes verticais em ângulo saliente*

$\psi = 0,40 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  (isolamento pelo exterior da fachada)

### 5.1.2.5.4.3.5 *Ligação fachada com caixilharia*

$\psi = 0,10 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  (isolamento pelo exterior da fachada e o isolante térmico contacta com a caixilharia)

## 5.1.3 MEDIDA DE MELHORIA 3 - APLICAÇÃO DE ISOLAMENTO SOBRE A LAJE DE ESTEIRA NO DESVÃO DE COBERTURA NÃO HABITÁVEL

O coeficiente  $U_{ref}$  para pavimentos em contacto com locais não aquecidos é  $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Aplicando isolamento sobre a esteira do desvão de cobertura, optou-se pela utilização de manta de lã mineral natural (LMN), revestida numa das suas faces com uma barreira de vapor, constituída por alumínio e papel kraft, fornecida em rolos, de **20 cm** de espessura e com uma condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) de  $0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  (Manta Alumínio (TI 312) "KNAUF INSULATION" - ficha técnica no Anexo VI B iii).

Teto constituído por (do interior para o desvão de cobertura):

## Reabilitação energética de edifícios

- Estuque (esp) de 1 cm
- Laje aligeirada de vigotas e abobadilhas  $esp = 15 + 3\text{ cm}$
- Manta de lã mineral natural (LMN)  $esp = 20\text{ cm}$

Tabela 5.22 - Resistências térmicas das camadas do teto após medida de melhoria 3 com fluxo de calor descendente.

Camada	Superfície interior	Estuque	Laje aligeirada	Isolamento (LMN)	Superfície exterior (ENU)
Espessura (m)	-	0,01	0,18	0,20	-
$\lambda$ ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ )	-	0,57	-	0,040	-
$R_j$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	0,17 ( $R_{si}$ )	0,02	0,15 (fluxo de calor descendente)	5,00	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} \text{ (fluxo de calor descendente)} = 5,38\text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$$

$$U \text{ (fluxo de calor descendente)} = \frac{1}{R_{total}} = 0,186\text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

Tabela 5.23 - Resistências térmicas das camadas do teto após medida de melhoria 3 com fluxo de calor ascendente.

Camada	Superfície interior	Estuque	Laje aligeirada	Isolamento (LMN)	Superfície exterior (ENU)
Espessura (m)	-	0,01	0,18	0,20	-
$\lambda$ ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ )	-	0,57	-	0,040	-
$R_j$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	0,10 ( $R_{si}$ )	0,02	0,16 (fluxo de calor ascendente)	5,00	0,04 ( $R_{se}$ )

$$R_{total} \text{ (fluxo de calor ascendente)} = 5,32\text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$$

$$U_{\text{(fluxo de calor ascendente)}} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 0,188 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$$

### 5.1.3.1 Alterações no levantamento dimensional após medida 3

5.1.3.1.1 Áreas de pontes térmicas planas nas paredes em contacto com espaço não aquecido alteradas devido à medida de melhoria 3

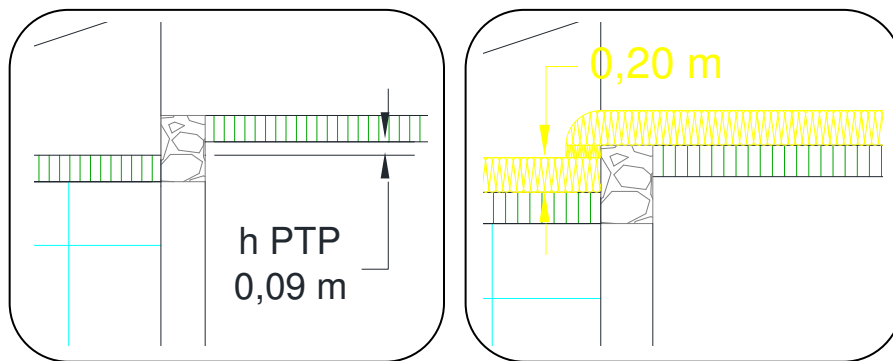


Figura 5.3 - Pormenor da PTP na parede entre a cozinha e o desvão de cobertura antes e depois da aplicação da medida de melhoria 3.

Como se pode verificar pela Figura 5.3 com a aplicação da manta de lã mineral natural sobre a esteira do desvão de cobertura, a PTP que existia inicialmente desapareceu.

### 5.1.4 MEDIDA DE MELHORIA 4 - ENVIDRAÇADOS

O coeficiente  $U_{ref}$  para vãos envidraçados é igual a  $2,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$ .

Relativamente aos vidros, altera-se a solução existente de vidro simples incolor de  $6\text{mm}$  de espessura, por uma solução de vidro duplo (6-16-6) composto por "Templa.lite Solar.lite Azul - Control Glass" de  $6\text{mm}$  pelo exterior e um vidro de baixa emissividade térmica "LOW.S - Control Glass" também de  $6\text{mm}$  pelo interior entre os quais se encerra

## Reabilitação energética de edifícios

um espaço de  $16\text{mm}$  preenchido com gás Árgon (LOW.S - Control Glass - ficha técnica e Catálogo Control Glass no Anexo VI B iv).

As caixilharias serão mantidas e desta forma é apenas necessário proceder à substituição dos atuais vidros pelos duplos.

Em relação às proteções solares manter-se-ão as portadas existentes, adaptando-as às novas dimensões, como o caso da altura da porta da sala voltada a norte, que tem a sua altura reduzida em 10 cm.

### 5.1.4.1 U dos envidraçados exteriores dos quartos, sala e cozinha após medida 4

Para a determinação do  $U_w$  destas portas, recorre-se ao Quadro III.1 do ITE 50, que se refere a vãos envidraçados verticais, com caixilharias de madeira.

Com esta medida de melhoria os envidraçados da habitação são simples (só uma janela) e têm vidros duplos com lâmina de ar de  $16\text{mm}$  com baixa emissividade (*low  $\epsilon$* ). Relativamente a este ponto, os envidraçados dos quartos, sala e cozinha, tem portadas exteriores de madeira maciça que considerou-se estarem incluídas na coluna de dispositivos de oclusão noturna com permeabilidade ao ar baixa.

$$U_{wdn} = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

### 5.1.4.2 U dos envidraçados exteriores dos quartos de banho e do vestíbulo após medida 4

Comparativamente aos envidraçados anteriores, estes apenas diferem no facto de não possuírem as portadas exteriores.

$$U_w = 2,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

**5.1.4.3 U das portas da cozinha para o exterior e em contacto com  $ENU_{\text{varanda}}$  após medida 4**

Para a determinação do  $U_w$  destas portas, recorre-se também ao Quadro III.1 do ITE 50, que se refere a vãos envidraçados verticais, com caixilharias de madeira.

Com esta medida de melhoria as portas são simples e têm vidros duplos com lâmina de ar de 16mm com baixa emissividade (*low ε*) e sem proteções solares.

$$U_w = 2,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

**5.1.4.4 Fator solar do vidro após medida 4**

$g_{\perp,vi} = 0,50$  - vidro duplo colorido na massa 6mm + incolor 6mm

$g_{\perp,vi,enu} = 0,85$  - vidro simples, incolor 6mm (envidraçados da varanda)

**5.1.4.5 Fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar após medida 4**

$g_{Tvc} = 0,06$  - proteções exteriores, portadas de madeira de cor escura com vidro duplo

**5.1.4.6 Fator solar global após medida 4**

O fator solar global,  $g_T$ , de um vão envidraçado com as proteções solares totalmente ativadas, obtém-se através da seguinte expressão para vidros duplos:

$$g_T = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,75} \quad [11]$$

## Reabilitação energética de edifícios

Aplicando a expressão [11]:

$$g_T = 0,50 \cdot \frac{0,06}{0,75} = 0,04$$

### 5.1.4.6.1 Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes após medida 4

Considerando as portadas exteriores de madeira como dispositivos de proteção solar móveis, não existem dispositivos de proteção solar permanentes/ fixos. Assim:

$$g_{Tp} = F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi}$$

$$g_{Tp} = 0,85 \cdot 0,50 = 0,425 \text{ (vidro duplo orientado a N)}$$

$$g_{Tp} = 0,80 \cdot 0,50 = 0,40 \text{ (vidro duplo orientado a S)}$$

$$g_{Tp} = 0,90 \cdot 0,50 = 0,45 \text{ (vidro duplo orientado a E ou W)}$$

### 5.1.4.7 Fração envidraçada após medida 4

Os valores típicos da fração envidraçada de diferentes tipos de caixilharia estão representados na Tabela 20 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013.

$$F_g = 0,57 \text{ - caixilharia de madeira ou PVC com quadrícula}$$

$$F_{g,int} = 0,57 \text{ - caixilharia de madeira ou PVC com quadrícula}$$

$$F_{g,enu} = 0,70 \text{ - caixilharia de alumínio ou aço sem quadrícula}$$

### 5.1.4.8 Fatores solares de vãos envidraçados após medida 4

Os fatores solares de vãos envidraçados que sofrem alterações com as medidas de melhoria implementada  $F_0$  - Fator de sombreamento por elementos horizontais e o  $F_f$  - Fator de sombreamento por elementos verticais.

Relativamente a  $F_0$ , este fator muda nos envidraçados que se desenvolvem até ao nível do pavimento interior. Tendo o pavimento interior sido elevado em 10 *cm*, o ponto médio destes envidraçado sobe em 5 *cm*. Considerando que aplicando os novos envidraçados, estes se mantem na posição dos envidraçados atuais (em relação à profundidade relativamente ao plano da fachada), resulta numa alteração dos ângulos das palas horizontais pouco significativas (entre 1° a 3°), pelo que se consideram os valores obtidos para os envidraçados atuais.

Quanto ao  $F_f$ , este fator apenas afeta a porta cozinha de acesso ao *ENU<sub>varanda</sub>*. A pala vertical provoca sombreamento neste envidraçado é a interceção entre as paredes exteriores do quarto de banho privativo, que no estado atual do edifício formam um ângulo de 55° com o centro do envidraçado. Com a aplicação da medida de melhoria 1 (ETICS que totaliza uma espessura de 10 *cm*), o ângulo formado passa a ser de 60°, e resulta em:

$$\beta_{esq} = 60^\circ$$

Estação de aquecimento:  $F_f = 0,830$  - S

Estação de arrefecimento:  $F_f = 0,840$  - S

que comparando com os  $F_f$  relativos ao estado atual do edifício:

$$\beta_{esq} = 55^\circ$$

Estação de aquecimento:  $F_f = 0,847$  - S

Estação de arrefecimento:  $F_f = 0,850$  - S

## Reabilitação energética de edifícios

verifica-se que mesmo com uma variação de  $5^\circ$  no ângulo que a pala vertical faz com o centro do envidraçado, isto não se traduz em diferenças muito significativas (aproximadamente 2 centésimas). Desta forma manter-se-ão os  $F_f$  e  $F_0$ , que resulta na manutenção do fator  $F_s$  visto que também o fator de sombreamento horizonte  $F_h$  não é alterado pela medida adotadas.

### 5.1.5 TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR APÓS MEDIDAS DE MELHORIA

Novamente para determinar a taxa de renovação do ar ( $R_{ph}$ ), recorreu-se a uma ferramenta de cálculo (folhas de cálculo em formato Excel), citada no número 3 do ponto 12.1 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, desenvolvida por Armando Pinto do LNEC. As folhas de cálculo relativas ao edifício com as melhoria aplicadas encontram-se disponíveis no Anexo IV.

Dados alterados relativamente ao edifício atual:

- $P_d = 2,60m$ ,
- $H_{edif} = H_{FA} = P_d + \text{espessura da laje de teto com isolamneto} \approx 3,00m$ ,
- Os envidraçados que se desenvolvem até ao nível do piso têm a sua área ( $A_{env}$ ) reduzida de uma faixa de  $10\text{ cm}$ , cujas áreas foram anteriormente determinadas.

Quanto às caixilharias, não foram obtidas informações sobre a classe de permeabilidade ao ar, e considera-se que existe vedante em todo o perímetro das juntas das mesmas (sob compressão), sendo desta forma consideradas de classe 2 (n.º 3 do ponto 3.1 do Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013).

Das referidas folhas de cálculo com estes dados, resulta:

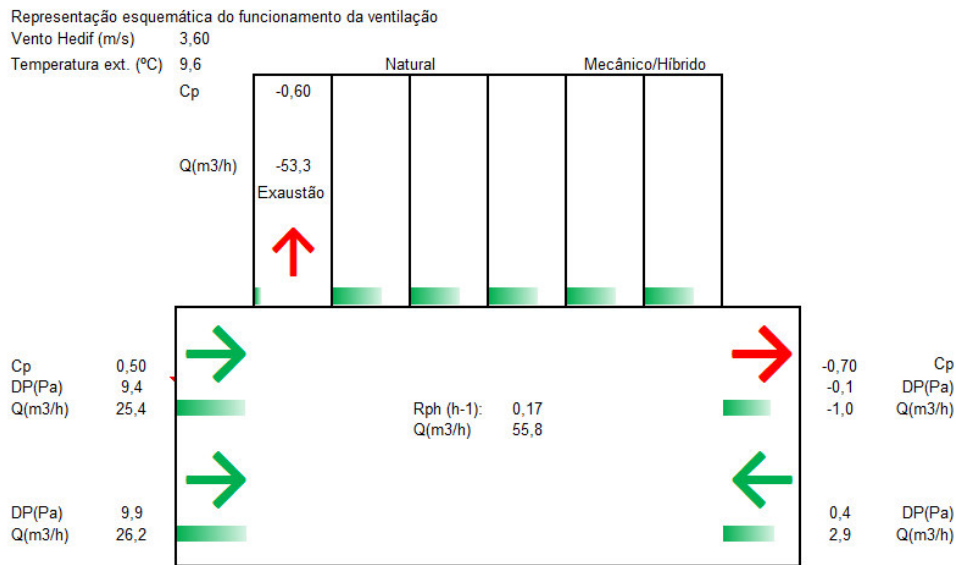


Figura 5.4 - Representação esquemática do funcionamento da ventilação (edifício melhorado).

$$R_{ph,i} = 0,4 \text{ h}^{-1}$$

$$R_{ph,v} = 0,6 \text{ h}^{-1}$$

### 5.1.6 NECESSIDADES DE ENERGIA COM A IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE MELHORIA PROPOSTAS

Para a determinação das necessidades de energia da habitação após as melhorias propostas, recorreu-se mais uma vez à ferramenta de cálculo, do Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (ITeCons). As folhas de cálculo, para o edifício melhorado, podem ser consultadas no Anexo V.

Destas folhas de cálculo obtém-se os seguintes resultados considerando apenas a implementação da medida de melhoria 1:

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.24 - Necessidades de energia após medida de melhoria 1.

Edifício após medidas de melhoria 1		
$N_{ic}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_i$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{ic}/N_i$
169,08	58,08	2,91 (291%)
$N_{vc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_v$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{vc}/N_v$
3,23	9,13	0,35 (35%)
$Qa/A_p$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$Qa/A_p$ ref. (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$(Qa/A_p)/(Qa/A_p$ ref.)
18,84	18,84	1 (100%)
$N_{tc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_t$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$R_{Nt} = N_{tc}/N_t$
477,81	202,39	2,36 (236%)
Classe Energética: E		

A ferramenta de cálculo, do ITeCons tem uma folha de cálculo que faz uma análise económica das medidas de melhoria (Anexo VI). Os fatores de conversão de entre energia final e energia primária em  $kgCO_2/kWh$  e o fator  $F_{pu}$  em  $kWh_{EP}/kWh$  assumidos pela ferramenta conforme o presente no Despacho (extrato) n.º15793-D/2013 encontram-se na tabela seguinte, bem como os custos por defeito de cada fonte de energia:

Tabela 5.25 - Custos, fatores de conversão e  $F_{pu}$  por fonte de energia (Ferramenta ITeCons).

	€/kWh	kgCO <sub>2</sub> /kWh	F <sub>pu</sub>
Electricidade	0,17	0,144	2,5
Gasóleo	0,096	0,267	1
Gás Natural	0,09	0,202	1
GPL (canalizado)	0,156	0,170	1
GPL (garrafas)	0,151	0,170	1
Biomassa (Não Renovável)	0,05	0,000	1
Biomassa	0,05	0,000	1
Climaespaço	-	-	-
Renovável Térmica	0	0	1
Renovável Eléctrica	0	0	2,5

Posto isto, apresentam-se os resultados relativos ao estado atual do edifício:

$$\text{Custos anuais globais de energia útil} = 4740,60 \text{ €/ano}$$

$$\text{Emissões de CO}_2 = 10,04 \text{ tonCO}_2/\text{ano}$$

Com a medida de melhoria 1:

$$\text{Custos anuais globais de energia útil} = 4098,71 \text{ €/ano}$$

$$\text{Emissões de CO}_2 = 8,68 \text{ tonCO}_2/\text{ano}$$

## Reabilitação energética de edifícios

o que implica reduções:

- *anuais da fatura energética de 641,88 €/ano*
- *de emissões de CO<sub>2</sub> de 1,36 tonCO<sub>2</sub>/ano*

Agora apresentam-se os resultados considerando a implementação das medidas de melhorias 1 e 2:

Tabela 5.26 - Necessidades de energia após medida de melhoria 1 e 2.

Edifício após medidas de melhoria 1 e 2		
$N_{ic} \text{ (kWh/(m}^2 \cdot \text{ano))}$	$N_i \text{ (kWh/(m}^2 \cdot \text{ano))}$	$N_{ic} / N_i$
132,46	57,10	2,32 (232%)
$N_{vc} \text{ (kWh/(m}^2 \cdot \text{ano))}$	$N_v \text{ (kWh/(m}^2 \cdot \text{ano))}$	$N_{vc} / N_v$
5,41	9,13	0,59 (59%)
$Qa/A_p \text{ (kWh/(m}^2 \cdot \text{ano))}$	$Qa/A_p \text{ ref. (kWh/(m}^2 \cdot \text{ano))}$	$(Qa/A_p) / (Qa/A_p \text{ ref.})$
18,84	18,84	1 (100%)
$N_{tc} \text{ (kWh/(m}^2 \cdot \text{ano))}$	$N_t \text{ (kWh/(m}^2 \cdot \text{ano))}$	$R_{Nt} = N_{tc} / N_t$
386,25	199,94	1,93 (193%)
Classe Energética: D		

Com as medidas de melhoria 1 e 2 na análise económica obtém-se:

*Custos anuais globais de energia útil = 3311,33 €/ano*

*Emissões de CO<sub>2</sub> = 7,02 tonCO<sub>2</sub>/ano*

o que implica, face ao estado atual do edifício, reduções:

- *anuais da fatura energética de 1427,27 €/ano*
- *de emissões de CO<sub>2</sub> de 3,02 tonCO<sub>2</sub>/ano*

## Reabilitação energética de edifícios

Considerando a implementação das medidas de melhorias 1, 2 e 3:

Tabela 5.27 - Necessidades de energia após medida de melhoria 1, 2 e 3.

Edifício após medidas de melhoria 1, 2 e 3		
$N_{ic}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_i$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{ic} / N_i$
39,85	57,05	0,70 (70%)
$N_{vc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_v$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{vc} / N_v$
3,50	9,13	0,38 (38%)
$Qa/A_p$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$Qa/A_p$ ref. (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$(Qa/A_p)/(Qa/A_p$ ref.)
18,84	18,84	1 (100%)
$N_{tc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_t$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$R_{Nt} = N_{tc} / N_t$
154,73	199,83	0,77 (77%)
Classe Energética: B-		

Com as medidas de melhoria 1, 2 e 3 na análise económica obtém-se:

*Custos anuais globais de energia útil = 1327,33 €/ano*

*Emissões de CO<sub>2</sub> = 2,81 tonCO<sub>2</sub>/ano*

o que implica, face ao estado atual do edifício, reduções:

- *anuais da fatura energética de 3413,27 €/ano*
- *de emissões de CO<sub>2</sub> de 7,23 tonCO<sub>2</sub>/ano*

Considerando agora estarem implementadas as medidas de melhorias 1, 2, 3 e 4:

Tabela 5.28 - Necessidades de energia após medida de melhoria 1, 2, 3 e 4.

Edifício após medidas de melhoria 1, 2, 3 e 4		
$N_{ic}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_i$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{ic} / N_i$
39,76	57,05	0,70 (70%)
$N_{vc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_v$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{vc} / N_v$
2,16	9,13	0,24 (24%)
$Qa/A_p$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$Qa/A_p$ ref. (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$(Qa/A_p)/(Qa/A_p$ ref.)
18,84	18,84	1 (100%)
$N_{tc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_t$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$R_{Nt} = N_{tc} / N_t$
154,51	199,83	0,77 (77%)
Classe Energética: B-		

Com as medidas de melhoria 1, 2, 3 e 4 na análise económica obtém-se:

## Reabilitação energética de edifícios

*Custos anuais globais de energia útil = 1325,43 €/ano*

*Emissões de CO<sub>2</sub> = 2,81 tonCO<sub>2</sub>/ano*

o que implica, face ao estado atual do edifício, reduções:

- *anuais da fatura energética de 3415,16 €/ano*
- *de emissões de CO<sub>2</sub> de 7,23 tonCO<sub>2</sub>/ano*

## 5.2 ANÁLISE ECONÓMICA DAS MEDIDAS DE MELHORIA PROPOSTAS

Os custos unitários para cada trabalho necessário para a execução das quatro medidas de melhoria, foram gerados através de uma aplicação *online* da CYPE Ingenieros, S.A..

Para a concretização da medida de melhoria 1 (aplicação de ETICS), considerou-se a preparação do paramento de suporte e a aplicação do isolamento térmico pelo exterior das fachadas. Para ambos os trabalhos, os valores de custo unitário da Tabela 5.29, em €/m<sup>2</sup> encontram-se discriminados no Anexo VI A i).

Tabela 5.29 - Custos relativos à medida de melhoria 1.

Atividade	Custo unitário (€/m <sup>2</sup> )	Área de fachada por orientação (m <sup>2</sup> ) (Figura 5.5)					Custo total (€)
		N	E	S	W	Total	
Preparação do paramento de suporte	34,80						8397,24
Aplicação do isolamento pelo exterior	38,37	36,43	62,47	80,12	62,28	241,3	9258,68

## Reabilitação energética de edifícios

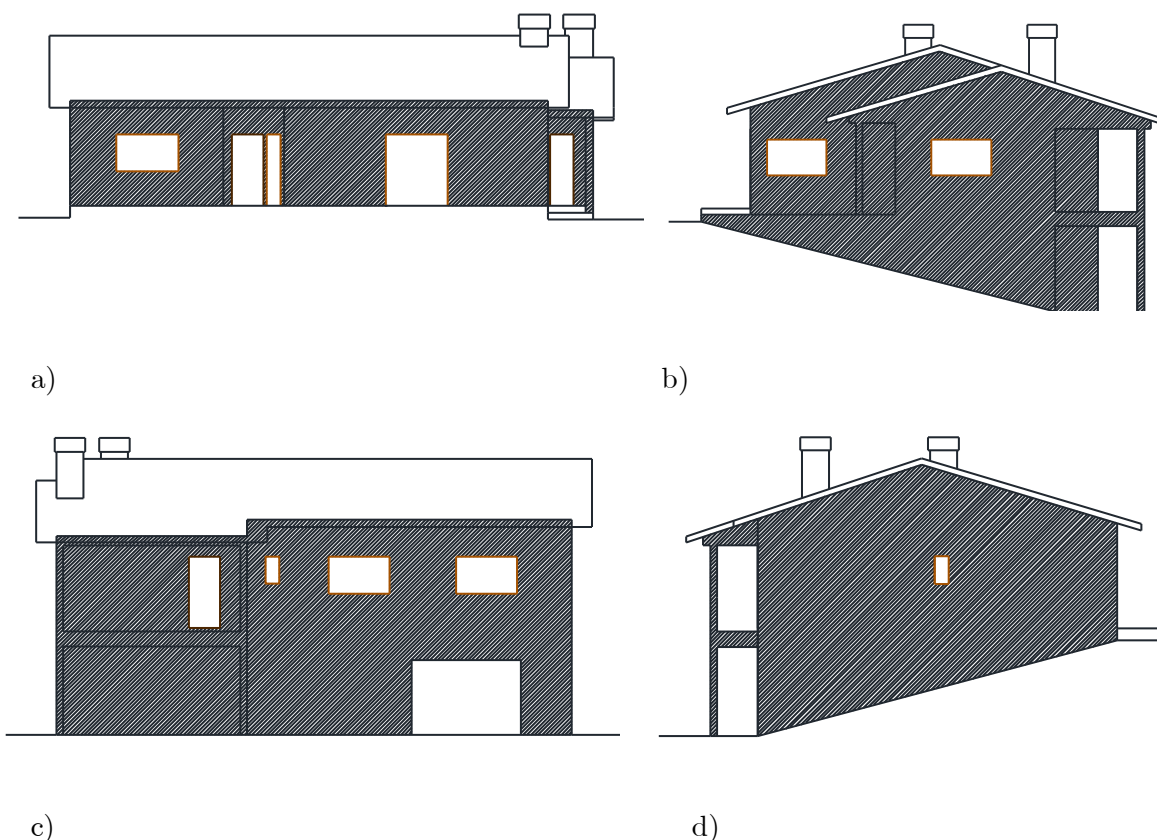


Figura 5.5 - Área de fachadas a intervir. a) Fachada N, b) Fachada W,  
c) Fachada S e d) Fachada E .

Os trabalhos de preparação do paramento suporte têm um custo total de 8398€ e a aplicação do isolamento tem um custo total de 9259€.

Total de custo da aplicação da medida de melhoria 1 = 17657€

Para a concretização da medida de melhoria 2 (aplicação de isolamento térmico sobre os pavimentos), considerou-se a remoção dos tacos de madeira que revestem os pavimentos dos quartos e posteriormente a aplicação do isolamento sobre os pavimentos. Para ambos os trabalhos, os valores de custo unitário das Tabela 5.30 e 5.31, em €/m<sup>2</sup> encontram-se discriminados no Anexo VI A ii).

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.30 - Custos relativos à atividade de remoção de tacos da medida de melhoria 2.

Atividade	Custo unitário (€/m <sup>2</sup> )	Área de pavimento dos quartos (m <sup>2</sup> )				Custo total (€)
		Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Total	
Remoção dos tacos de madeira	7,33	17,02	13,70	16,79	47,51	348,25

Tabela 5.31- Custos relativos à atividade de aplicação de isolamento sobre o pavimento da medida de melhoria 2.

Atividade	Custo unitário (€/m <sup>2</sup> )	Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Custo total (€)
Aplicação do isolamento sobre os pavimentos	45,09	126,15	5688,10

O trabalho de remoção dos tacos de madeira têm um custo total de 349€ e a aplicação do isolamento tem um custo total de 5689€.

Total de custo da aplicação da medida de melhoria 2 = 6038€

Para a concretização da medida de melhoria 3 (aplicação de isolamento sobre a laje de esteira), considerou-se a colocação do isolamento, simplesmente estendendo os rolos de lã mineral, sobre a laje de esteira. Para este trabalho o valor de custo unitário da Tabela 5.32, em €/m<sup>2</sup> encontra-se discriminado no Anexo VI A iii).

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.32 - Custos relativos à medida de melhoria 3.

Atividade	Custo unitário (€/m <sup>2</sup> )	Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Custo total (€)
Colocação de isolamento sobre a laje de esteira	14,52	126,15	1831,70

O trabalho de colocação de isolamento tem um custo total de 1832€.

Total de custo da aplicação da medida de melhoria 3 = 1832€

Para a concretização da medida de melhoria 4 (substituição de vidro simples por duplo), considerou-se a substituição dos vidros de todos os envidraçados do edifício por vidro duplo. Para este trabalho o valor de custo unitário da Tabela 5.33, em €/m<sup>2</sup> encontra-se discriminado no Anexo VI A iv).

## Reabilitação energética de edifícios

Tabela 5.33 - Custos relativos à medida de melhoria 4.

Atividade	Custo unitário (€/m <sup>2</sup> )	Área de vidro (m <sup>2</sup> )	Custo total (€)	
Substituição de vidros	140,33	Porta da cozinha para exterior	0,54 *	75,78
		Porta da cozinha para varanda	0,648 *	90,93
		Janela do quarto 1	0,8 × 1,98 **	222,28
		Envidraçado do vestíbulo	0,8 × 0,80 **	89,81
		Porta da sala	0,8 × 3,60 **	404,15
		Janela do quarto de banho	0,8 × 0,40 **	44,91
		Janela do quarto 2	0,8 × 1,98 **	222,28
		Janela do quarto 3	0,8 × 1,98 **	222,28
		Janela do quarto de banho privativo	0,8 × 0,40 **	44,91
		Janela da cozinha	0,8 × 1,98 **	222,28
Janela da sala	0,8 × 1,98 **	222,28		

\* valores obtidos na Tabela 4.3

\*\* por simplificação assumiu-se área de vidro como sendo 80% da área total do envidraçado (Tabelas 4.4 a 4.7 e Tabela 5.8)

O trabalho de substituição de vidros tem um custo total de 1862€.

Total de custo da aplicação da medida de melhoria 4 = 1862€

De forma a simplificar a análise da viabilidade económica da proposta de intervenção, adotou-se para este caso em estudo, o designado período de retorno simples (*PRS*), definido no Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013, que se refere à viabilidade económica de um conjunto de medidas de eficiência energética de sistemas técnicos em edifícios de comércio e serviços.

## Reabilitação energética de edifícios

O  $PRS$  é dado pela expressão  $PRS = C/P$ , em que:

- $C$  - valor total dos custos de investimento;
- $P$  - valor da poupança anual resultante da aplicação das medidas em estudo;
- Custos de energia constantes e iguais aos do momento de investimento;
- Não se consideram os custos financeiros, nem efeitos da inflação.

Desta forma:

$C = 27389 \text{ €}$  (custo das quatro medidas de melhoria) e  $P = 3415,16 \text{ €/ano}$

(poupança anual aplicando as quatro medidas de melhoria)

$$PRS = \frac{27389}{3415,16} = 8,02 \text{ anos} \approx 8 \text{ anos}$$



## 6 CONCLUSÕES

Os elevados consumos de energia do setor doméstico, mostram a necessidade e o interesse em estudar as questões de reabilitação energéticas dos edifícios. As preocupações ambientais relacionadas com o consumo de energia levaram o Parlamento e o Conselho Europeu a publicar a Diretiva 2010/31/UE onde se refere que os edifícios deverão ser de balanço energético quase zero (nZEB). Segundo a Diretiva, os nZEB devem ter um desempenho energético muito elevado, as necessidades de energia serem quase nulas e cobertas através de energias renováveis, produzidas no local ou nas proximidades. Em Portugal, foi publicado a 20 de agosto de 2013 o Decreto-Lei 118/2013, como forma de promover a eficiência energética dos edifícios através do novo Sistema de certificação Energética dos Edifícios (SCE) que integra o Regulamento Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento Energético dos Edifícios de comércio e Serviços (RECS).

No âmbito deste trabalho realizou-se um estudo sobre medidas de reabilitação energética de edifícios para promover a eficiência do comportamento térmico. Sendo possível concluir, que é possível reabilitar termicamente um edifício através da sua envolvente. Ao nível das paredes exteriores com soluções de isolamento térmico:

- pelos exterior;
- pelo interior;
- ou através de injeção de espumas ou grânulos em espaços de ar de paredes duplas.

Ao nível dos pavimentos as soluções encontradas variam conforme a posição do isolamento face ao pavimento, podendo ser colocado:

- superiormente;
- inferiormente;
- ou ainda a um nível intermédio, como é exemplo a aplicação de isolamento entre vigas de um pavimento de madeira.

## Reabilitação energética de edifícios

Nas coberturas, quando estas são inclinadas, as soluções variam. O isolamento térmico pode ser aplicado na laje de esteira (horizontal) ou nas vertentes inclinadas, em ambos os casos as soluções de isolamento variam com a posição que o isolante toma relativamente aos elementos estruturais. Desta forma o isolamento pode ser aplicado:

- na laje de esteira (para desvão não habitável) em posição:
  - superior;
  - ou inferior,
- ou nas vertentes em posição:
  - superior;
  - ou inferior.

No caso de coberturas planas o isolamento térmico pode ser colocado nas seguintes posições:

- superior ao elemento estrutural (laje)
  - coberturas invertidas, quando o isolamento aplica-se sobre a impermeabilização;
  - isolante térmico suporte de impermeabilização, quando o isolamento aplica-se sob a impermeabilização,
- inferior, quando o isolamento se encontra sobre um teto falso;
- ou intermédia, quando o isolamento é aplicado entre a laje de esteira e a camada de forma.

Ao nível da envolvente transparente pode recorrer-se:

- à substituição de vidros simples por duplos;
- à criação de janelas duplas;
- à aplicação de caixilharias com corte térmico;
- à colocação de proteções solares;
- ao isolamento de caixas de estores.

Para além das intervenções na envolvente do edifício, pode-se ainda recorrer a tecnologias solares ativas como:

- os painéis fotovoltaicos;

## Reabilitação energética de edifícios

- coletores solares térmicos para a produção de águas quentes sanitárias.

Em relação aos sistemas e instalações de equipamentos (iluminação, climatização, produção de AQS e outros equipamentos domésticos) também pode recorrer-se à substituição destes por outros com melhores rendimentos e de menores consumos.

No caso de estudo, uma moradia unifamiliar, determinaram-se as necessidades energéticas para condicionamento térmico e os respetivos custos anuais. A moradia em estudo tem uma classe energética F, com um rácio de classe energética ( $R_{Nt}$ ) igual a 2,73 (*classe energética F:  $R_{Nt} \geq 2,51$* ).

A seguir estudaram-se quatro medidas possíveis de serem aplicadas que incluem a intervenção ao nível da envolvente opaca e transparente. Sendo as seguintes quatro medidas de melhoria:

- aplicação de ETICS, nas paredes exteriores, de revestimento delgado, recorrendo a placas de lã mineral natural;
- aplicação de uma camada de isolamento sobre os pavimentos, recorrendo-se a painéis rígidos de poliestireno;
- revestimento da laje de esteira do desvão de cobertura com uma manta de lã mineral natural;
- substituição dos vidros simples por vidros duplos.

A aplicação deste conjunto de medidas de melhoria da eficiência energética, resultaram numa melhoria da classe energética, tendo subido a B-, com  $R_{Nt} = 0,77$  que verifica-se ser muito próximo do limite superior da classe B (*classe energética B:  $0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$* ).

Os custos iniciais de investimento para a aplicação das medidas de melhoria totalizam 27389 €, em que a maior parcela se refere à aplicação de ETICS (medida de melhoria 1), nas paredes exteriores, com um custo de 17657 €, principalmente devido à grande área a intervencionar. As restantes medidas têm menores custos:

- a medida 2 (isolamento sobre pavimentos) tem um custo de 6038 €;
- a medida 3 (isolamento sobre laje de esteira da cobertura) 1832 €;

## Reabilitação energética de edifícios

- a medida 4 (substituição de vidro simples por duplo) 1862 €.

A poupança anual de energia obtida com a aplicação deste conjunto de medidas de melhoria é de 3415 €/ano. O investimento realizado tem um período de retorno de cerca de 8 anos. Este período de retorno do investimento considera-se aceitável, o que traduz a viabilidade económica deste investimento.

Analisando cada medida de melhoria individualmente, verifica-se que a medida 1, sendo a mais dispendiosa ao nível do investimento inicial, não é a medida que mais impacto tem em termos de poupança em custos de energia anuais, contribuindo com uma redução de 642 €/ano, face à poupança do conjunto das medidas de 3415 €/ano. Por outro lado a medida 3 é a menos cara no investimento inicial e incrementa as poupanças com custos de energia anuais em cerca de 2000 €/ano (poupanças anuais com fatura energética com medida 1 e 2: 1427 €/ano, com medida 1, 2 e 3: 3413 €/ano). Relativamente à medida 4 verifica-se uma diminuição nas poupanças com custos de energia anuais de cerca de 2 €/ano (poupanças anuais com fatura energética com medida 1, 2, 3 e 4: 3415 €/ano). De forma proporcional à poupança em custos de energia anuais, evoluíram as reduções nas emissões de  $CO_2$ , associados à produção de energia, com a aplicação das diferentes medidas.

Estas medidas visaram em primeiro lugar garantir a classe energética *B-*, onde se verifica que as  $N_{tc}$  são inferiores ou iguais às  $N_t$  com os valores de referência. Para obter essa classe energética, o principal objetivo passou então, pela tentativa de aproximar todos os parâmetros térmicos da envolvente do edifício aos valores de referência. Este objetivo, na generalidade situações foi concretizado, embora na medida de melhoria 3 se tenha recorrido a uma espessura de 20 cm da manta de lã mineral natural, mas que claramente se verifica ser a medida mais eficaz deste conjunto contribuindo com a maior redução fatura energética anual. A medida de melhoria 4 não se traduziu em maiores poupanças de energia anuais, mas cumpriram-se os valores de referência para a envolvente transparente.

Os objetivos foram conseguidos, tendo-se verificado ser possível com a aplicação de medidas de melhoria da eficiência energética, alcançar a classe energética *B-* a partir de um edifício com uma classe energética *F*, ficando muito próximo do limite superior da

## Reabilitação energética de edifícios

classe *B*. Aliando essa melhoria da classe energética, ao facto do período de retorno do investimento ser razoável (8 anos), considera-se um bom resultado para a proposta de intervenção.



## BIBLIOGRAFIA

---

### Artigos consultados

Farinha, J. S. B. e dos Reis, A. C., Tabelas Técnicas, 1993

Santos, C. A. P. & Matias, L., Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, versão atualizada 2006, ICT Informação Técnica Edifícios - ITE 50, 2010, LNEC

### Sites consultados

Abreu M. I., Oliveira R. e Lopes J., O contexto atual da reabilitação energética do parque edificado em Portugal ,2012 [Consult. 29-09-2014]. Disponível em: <URL: [https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/10310/3/Const2012\\_RO\\_cd\\_livrores\\_artigo\\_3.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/10310/3/Const2012_RO_cd_livrores_artigo_3.pdf)>

ADENE - Certificação Energética e Ar Interior EDIFÍCIOS Enquadramento e Objectivos, 2014 [Consult. 02-01-2014]. Disponível em: <URL: <http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/Apresentacao/Enquadramentoeobjectivos/Paginas/default.aspx>>

ANFAJE - Nova Regulamentação Térmica já tem Portarias definidas ,2014 [Consult. 02-01-2014]. Disponível em: <URL: [http://www.anfaje.pt/conteudo.aspx?lang=pt&id\\_object=3712&name=Nova-Regulamentacao-Termica-ja-tem-Portarias-definidas](http://www.anfaje.pt/conteudo.aspx?lang=pt&id_object=3712&name=Nova-Regulamentacao-Termica-ja-tem-Portarias-definidas)>

Ascenso R., Nearly zero energy buildings - O que vai mudar com os NZEB, 2014 [Consult. 05-08-2014]. Disponível em: <URL: <http://www.edificioseenergia.pt/media/53562/tcapa%201.pdf>>

Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas (AICCOPN) - Sistema de certificação energética dos edifícios - Nova regulamentação, 2014 [Consult. 02-01-2014]. Disponível em: <URL: [http://www.aiccopn.pt/news.php?news\\_id=1927](http://www.aiccopn.pt/news.php?news_id=1927)>

DGEG - Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais, 2004 [Consult. 27-05-2014]. Disponível em: <URL: [http://www.eficiencia-energetica.com/images/upload/Reabilitacao\\_energetica.pdf](http://www.eficiencia-energetica.com/images/upload/Reabilitacao_energetica.pdf)>

## Reabilitação energética de edifícios

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC)  
Departamento de Engenharia Mecânica - Documentação SCE, 2014 [Consult. 02-01-2014].  
Disponível em: <URL: [http://www2.dem.uc.pt/cursos.sce/Documentos\\_SCE.htm](http://www2.dem.uc.pt/cursos.sce/Documentos_SCE.htm)>

Fernandes D., dos Santos C. P. & Faria P., A realidade da reabilitação em Portugal – uma abordagem térmico-energética, 2013 [Consult. 29-05-2014]. Disponível em: <URL: [http://run.unl.pt/bitstream/10362/11260/1/CI50%20%20F021\\_FERNANDES%20et%20al\\_Com.2CIHEL\\_LNEC3.13.pdf](http://run.unl.pt/bitstream/10362/11260/1/CI50%20%20F021_FERNANDES%20et%20al_Com.2CIHEL_LNEC3.13.pdf)>

Flores-Folen I., Ferreira V., Gaspar F., Santos S., Oliveira F.S., Cravinho A., Gomes J., Serrado D., Cabaça S. e lourenço P., Paredes, [Consult. 20-09-2014]. Disponível em: <URL: <http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/tc-cor/17%20Paredes%20-%20COR.pdf>>

Fragoso R., O novo enquadramento legal do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), 2013, [Consult. 15-06-2014]. Disponível em: <URL: [http://www.adene.pt/sites/default/files/131216sce\\_rfragoso.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/131216sce_rfragoso.pdf)>

Gonçalves H., - Net Zero Energy Buildings (NZEB), 2012 [Consult. 30-05-2014]. Disponível em: <URL: [http://www.lneg.pt/download/5653/Net%20Zero%20Energy%20Buildings%20\(NZEB\)\\_Helder%20Gon%27alves.pdf](http://www.lneg.pt/download/5653/Net%20Zero%20Energy%20Buildings%20(NZEB)_Helder%20Gon%27alves.pdf)>

Gonçalves, H. & Graça, J. M. - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, 2004 [Consult. 03-06-2014]. Disponível em: <URL: <http://www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>>

Infopédia, Porto Editora - Alterações climáticas, 2003-2014. [Consult. 28-05-2014]. Disponível em: <URL: [http://www.infopedia.pt/\\$alteracoes-climaticas](http://www.infopedia.pt/$alteracoes-climaticas)>

Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana (IRHU) e Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia (MAOTE), Portal da habitação - Construção sustentável, 2014 [Consult. 15-06-2014]. Disponível em: <URL: <http://www.portaldahabitacao.pt/pt/portal/habitacao/construcao/construcaosustentavel.html>>

Instituto Nacional de Estatística - CENSOS - Resultados definitivos. Portugal - 2011, 2012 [Consult. 30-08-2014]. Disponível em: <URL:

## Reabilitação energética de edifícios

[http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine\\_censos\\_publicacao\\_det&contexto=pu&PUBLICACOESpub\\_boui=73212469&PUBLICACOESmodo=2&selTab=tab1&pcensos=61969554](http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_publicacao_det&contexto=pu&PUBLICACOESpub_boui=73212469&PUBLICACOESmodo=2&selTab=tab1&pcensos=61969554)>

Instituto Nacional de Estatística - CENSOS 2011, 2009 - 2014 [Consult. 14-06-2014]. Disponível em: <URL: [http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos2011\\_apresentacao](http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos2011_apresentacao)>

Instituto Nacional de Estatística (INE) & Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG)- Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010, 2011 [Consult. 03-06-2014]. Disponível em: <URL: [http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaques&DESTAQUESdest\\_boui=107694566&DESTAQUESmodo=2](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=107694566&DESTAQUESmodo=2)>

Kropp J. e Sholze M., - Informação sobre Alterações Climáticas para uma Adaptação Eficaz - Um Manual Prático, 2010 [Consult. 28-05-2014]. Disponível em: <URL: <https://www.pik-potsdam.de/research/climate-impacts-and-vulnerabilities/research/research-field-2-NSP/downloads/adaptation-manual-2009-PT/view>>

Pinheiro M.D. - Ambiente e Construção Sustentável, 2006 [Consult. 18-05-2014]. Disponível em: <URL: [http://www.lidera.info/resources/ACS\\_Manuel\\_Pinheiro.pdf](http://www.lidera.info/resources/ACS_Manuel_Pinheiro.pdf)>

União Europeia, Plano de Acção para a Eficiência Energética (2007 – 2012), [Consult. 03-10-2014]. Disponível em: <URL: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/l27064\\_pt.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27064_pt.htm)>

### Monografias

Anastácio S. S., 2010, Reabilitação energética em edifícios de habitação existente: um caso de estudo da Zona J, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa (Dissertação de Mestrado)

Andrade H.M.C., 2011, Caracterização de edifícios antigos. Edifícios “gaioleiros”, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia (Dissertação de Mestrado)

## Reabilitação energética de edifícios

Lopes T. F. C. T., 2010, Reabilitação sustentável de edifícios de habitação, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia (Dissertação de Mestrado)

Pereira P. I., 2009, Construção Sustentável: o desafio, Universidade Fernando Pessoa (Monografia de Licenciatura)

Pires C. M., 2012, Contributos para a reabilitação sustentável do parque habitacional edificado, Universidade do Minho - Escola de Engenharia (Dissertação de Mestrado)

Rodrigues A. C. R. A., 2011, Reabilitação energética dos edifícios: caracterização em termos energéticos dos edifícios existentes e elaboração de proposta de reabilitação numa perspetiva custo/benefício, Universidade do Minho - Escola de Engenharia (Dissertação de Mestrado)

Silva J. C. M. L., 2012, Reabilitação térmica de edifícios residenciais: propostas de intervenção, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (Dissertação de Mestrado)

Viegas M. M. A. A., 2012, Avaliação do Impacte Ambiental e Energético do Edifício Solar XXI, Universidade do Lisboa - Faculdade de Ciências (Dissertação de Mestrado)

### Legislação

Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto

Portaria n.º 349-A/2013 de 29 de Novembro

Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de Novembro

Portaria n.º 349-C/2013 de 2 de Dezembro

Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de Dezembro

Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de Dezembro

Despacho 15793-C/2013 de 3 de Dezembro

Despacho 15793-D/2013 de 3 de Dezembro

Despacho 15793-E/2013 de 3 de Dezembro

Despacho 15793-F/2013 de 3 de Dezembro

## Reabilitação energética de edifícios

Despacho 15793-G/2013 de 3 de Dezembro

Despacho 15793-H/2013 de 3 de Dezembro

Despacho 15793-I/2013 de 3 de Dezembro

Despacho 15793-J/2013 de 3 de Dezembro

Despacho 15793-K/2013 de 3 de Dezembro

Despacho 15793-L/2013 de 3 de Dezembro

### Ferramentas de cálculo

Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (ITeCons) - Folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, de acordo com o REH (Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto). Coimbra, ITeCons - Universidade de Coimbra, 2014. v3.06, 02 de Abril de 2014

Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 12 de Fevereiro de 2014

CYPE Ingenieros, S.A. - Gerador de Preços Portugal, 2014 [Consult. 28-08-2014]. Disponível em: <URL: <http://www.geradordeprecos.info/>>

## ANEXOS

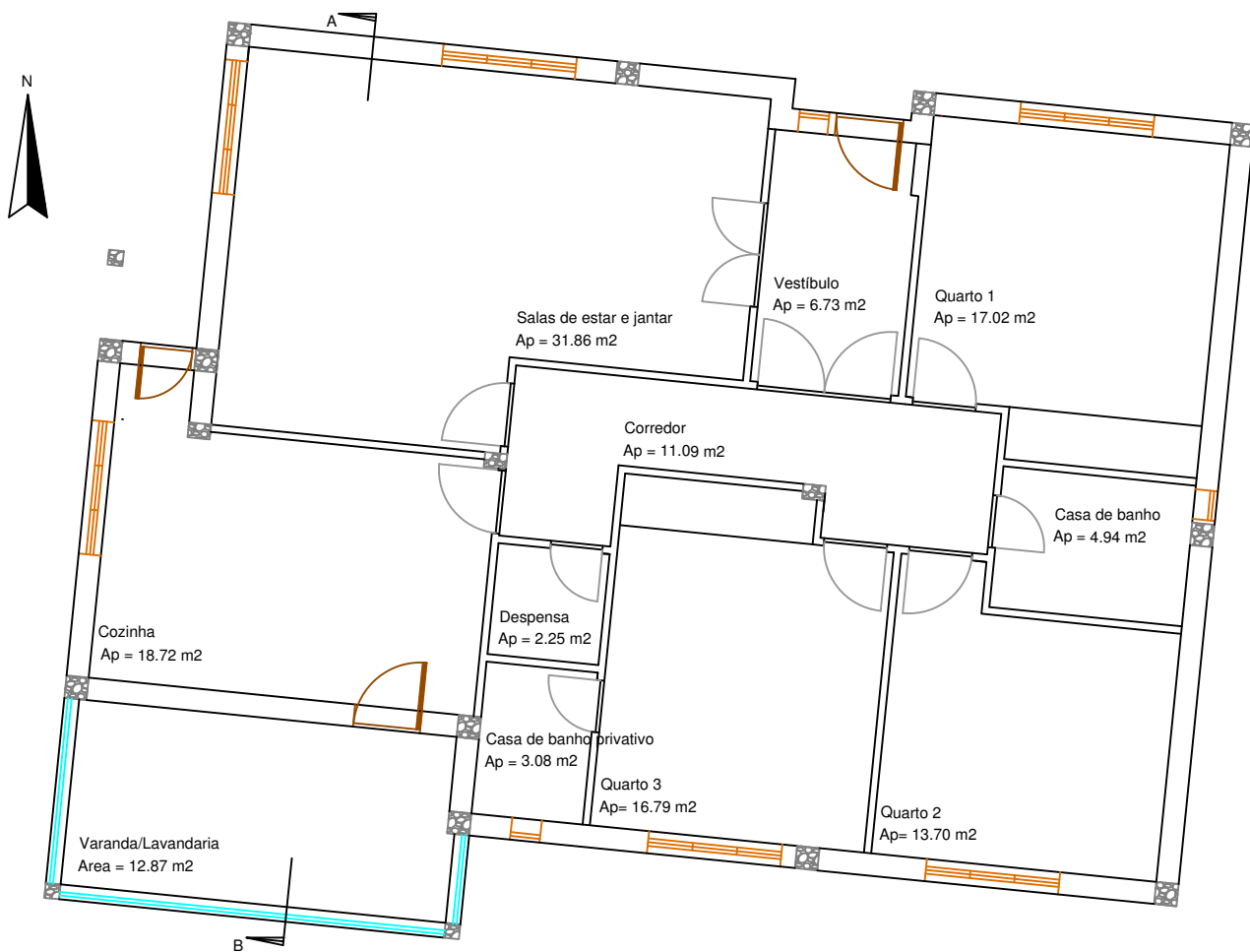
---



## ANEXO 1 - Peças desenhadas

---

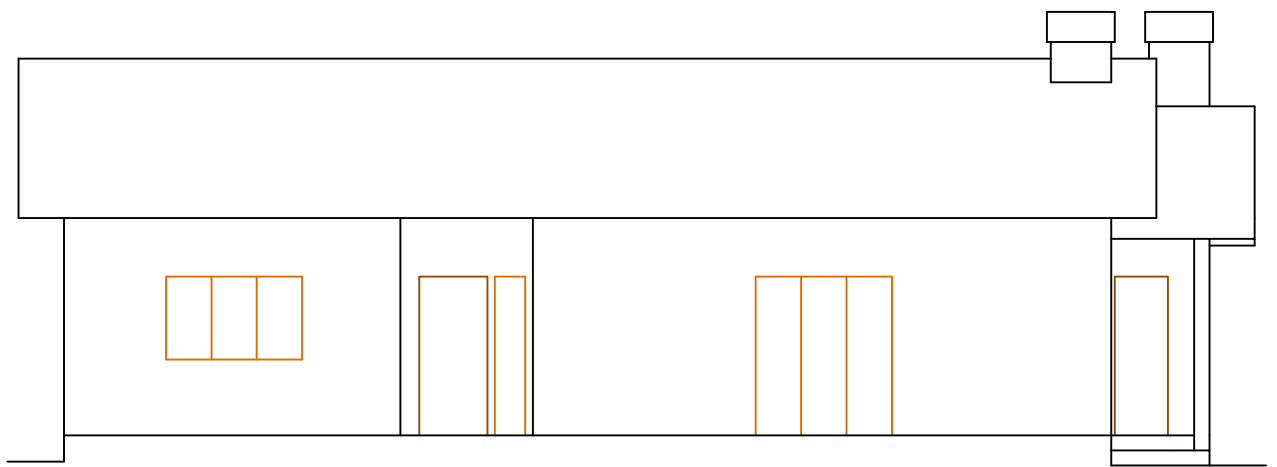




Planta do edifício

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/100	
Data: 14/04/2014	
Desenho n.º:1	<b>Planta do edifício</b>
Versão: Final	

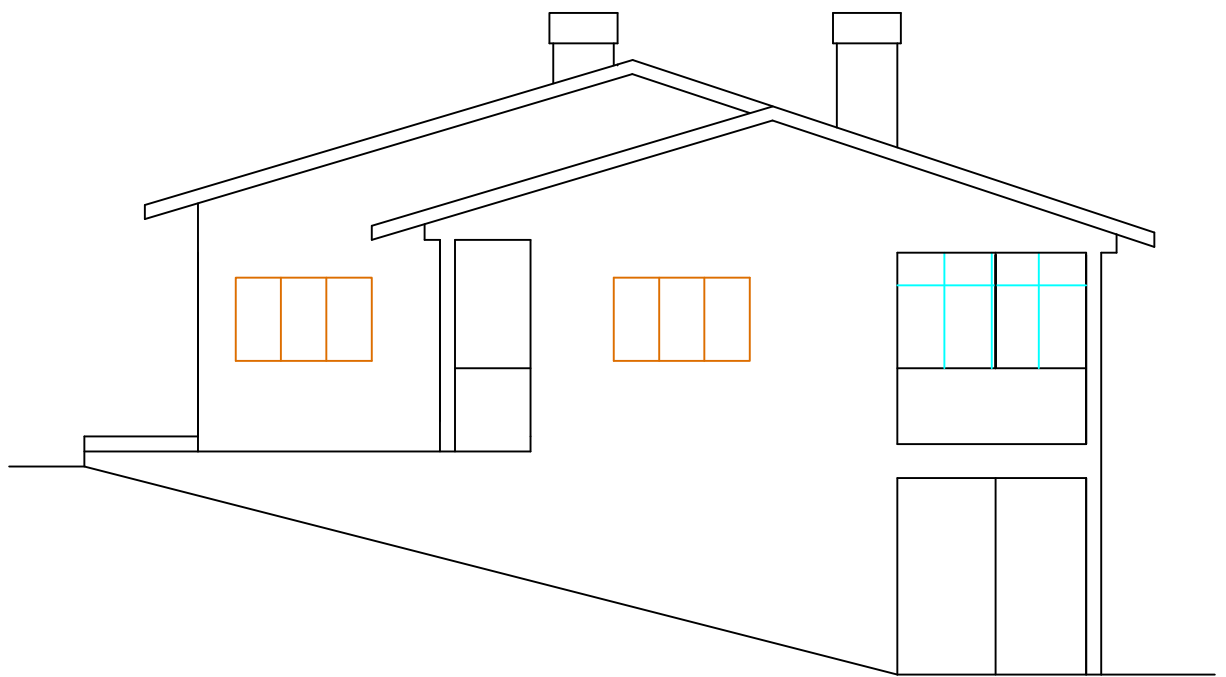




Alçado principal, voltado a Norte

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/100	
Data: 14/04/2014	
Desenho n.º:2	Alçado principal (voltado a Norte)
Versão: Final	

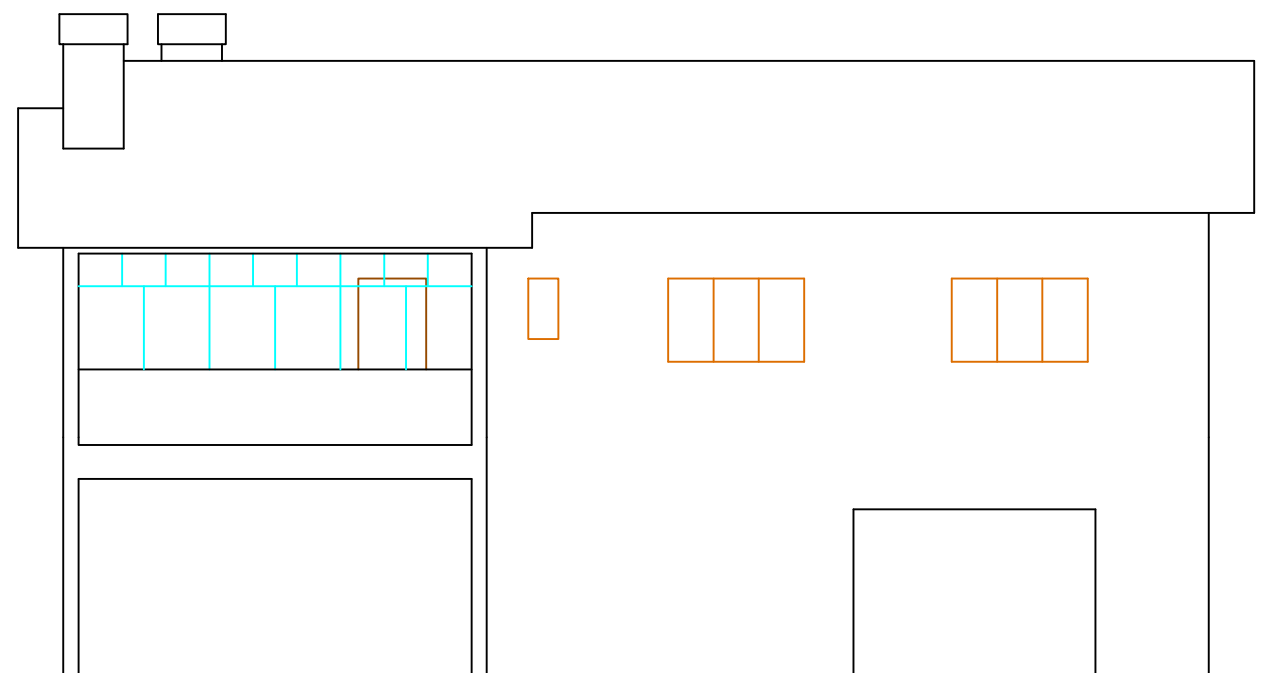




Alçado lateral direito, voltado a Poente

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/100	
Data: 14/04/2014	
Desenho n.º:3	Alçado lateral direito (voltado a Poente)
Versão: Final	

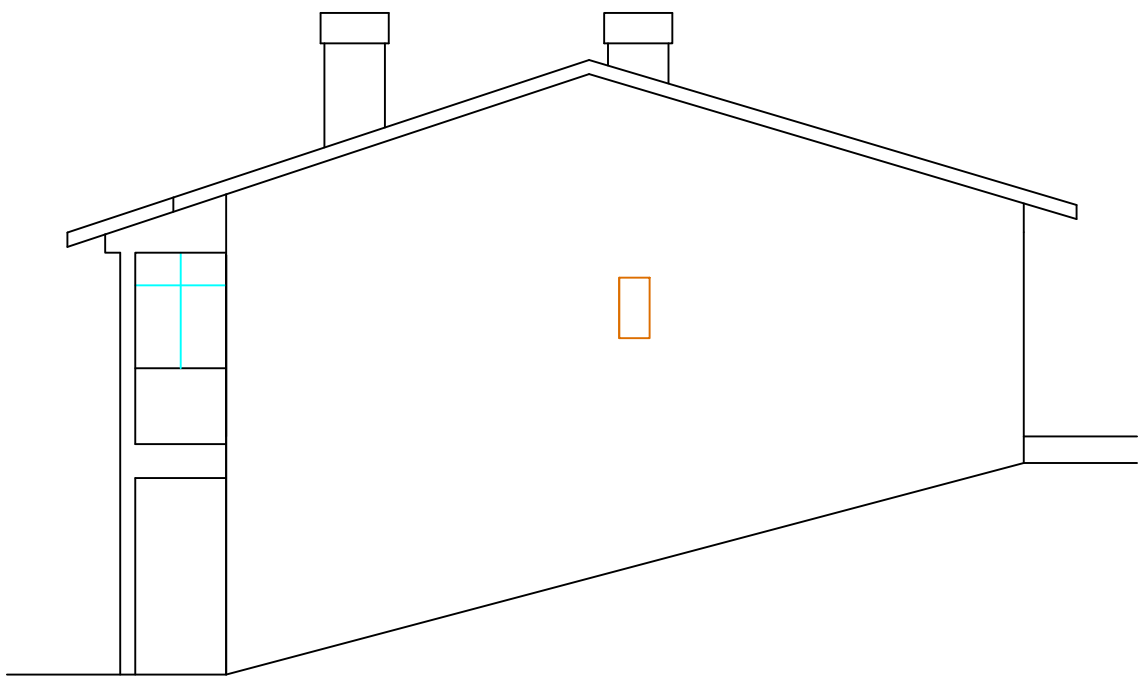




Alçado posterior, voltado a Sul

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/100	
Data: 14/04/2014	
Desenho n.º:4	Alçado posterior (voltado a Sul)
Versão: Final	

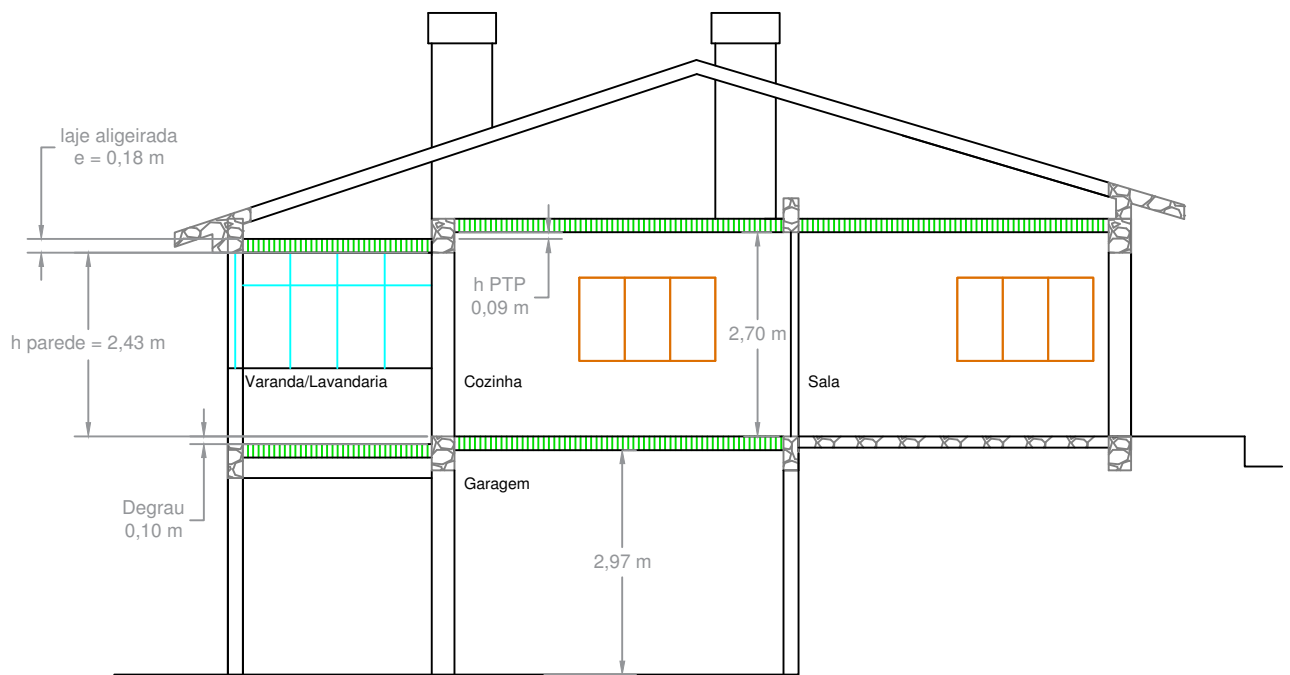




Alçado lateral esquerdo, voltado a Nascente

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/100	
Data: 14/04/2014	
Desenho n.º:5	Alçado lateral esquerdo (voltado a Nascente)
Versão: Final	

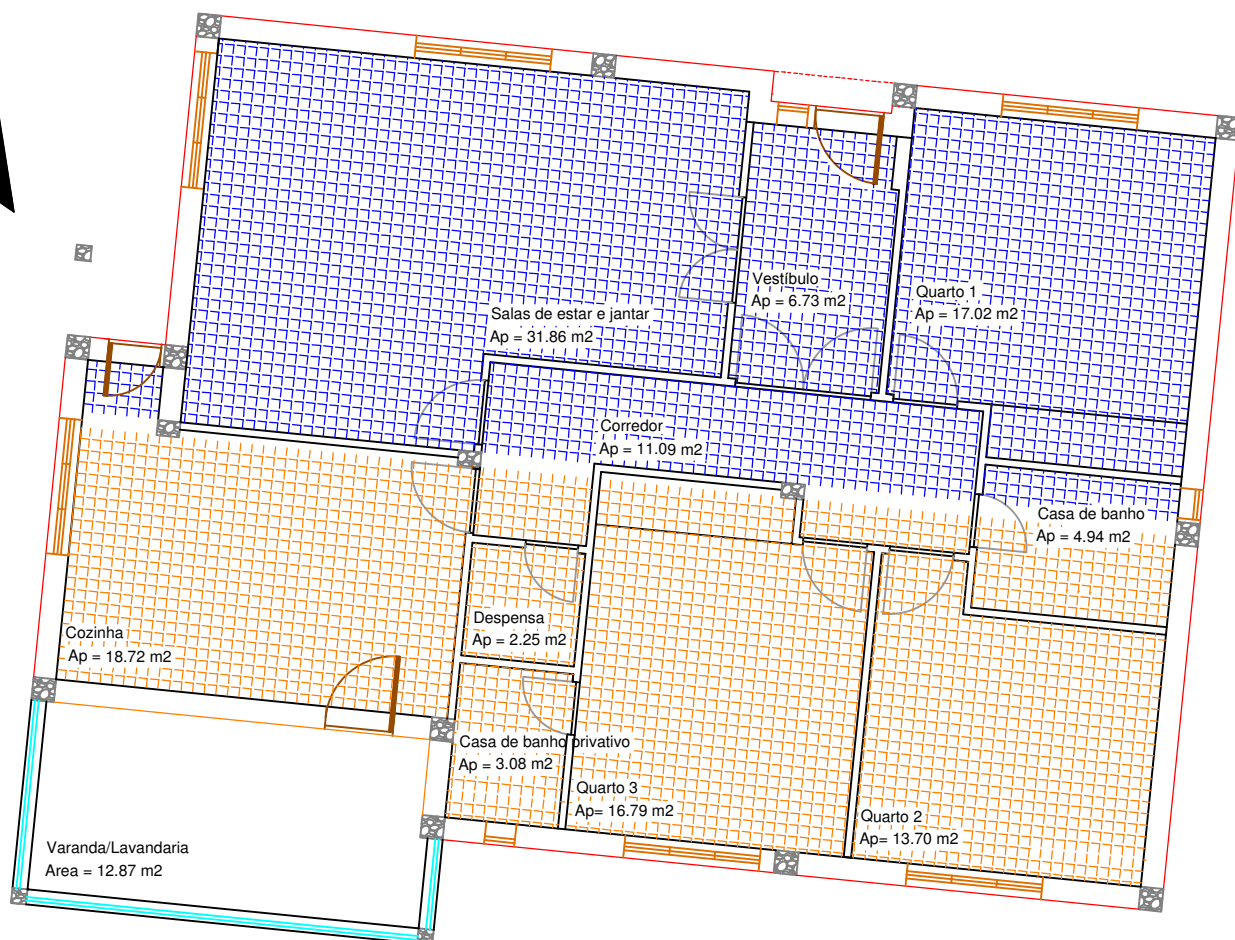




Corte A-B

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/100	
Data: 20/04/2014	
Desenho n.º:6	Corte A-B
Versão: Final	



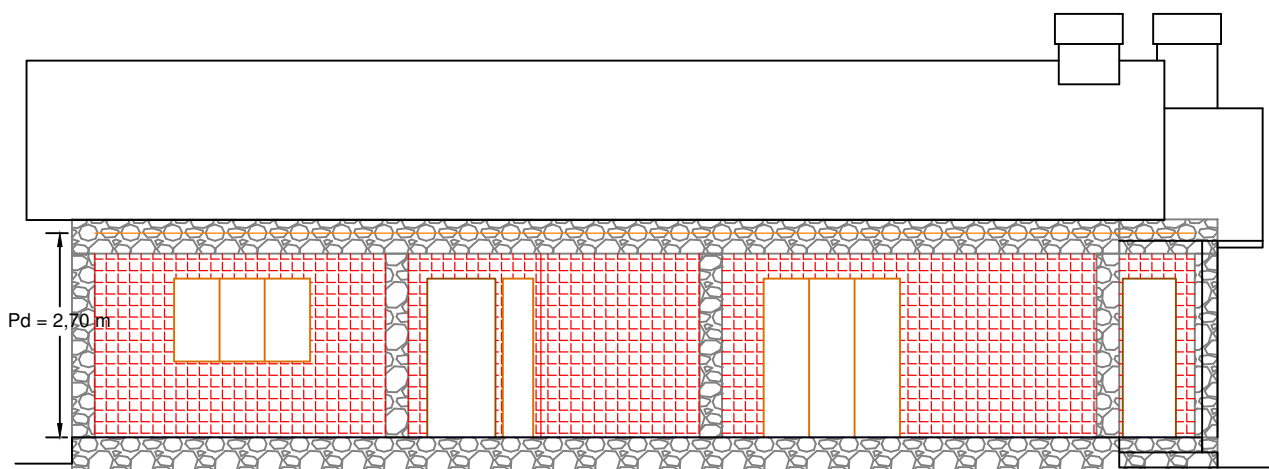


Planta do edifício (Envolventes)

Legenda:	
	Envolvente para o exterior, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente para o exterior, no plano do desenho
	Envolvente para espaços interiores não aquecidos, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente para espaços interiores não aquecidos, no plano do desenho
	Envolventes em contacto com o solo, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente em contacto com o solo, no plano do desenho
	Estrutura de betão armado

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	Reabilitação Energética de Edifícios
Escala: 1/100	
Data: 27/06/2014	
Desenho n.º: 7	Envolventes em planta
Versão: Final	





Alçado principal, voltado a Norte (Envoltentes)

Legenda:	
	Envoltente para o exterior, perpendicular ao plano do desenho
	Envoltente para o exterior, no plano do desenho
	Envoltente para espaços interiores não aquecidos, perpendicular ao plano do desenho
	Envoltente para espaços interiores não aquecidos, no plano do desenho
	Envoltente em contacto com o solo, perpendicular ao plano do desenho
	Envoltente em contacto com o solo, no plano do desenho
	Estrutura de betão armado

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Autor: Humberto Silva

**Reabilitação Energética de Edifícios**

Escala: 1/100

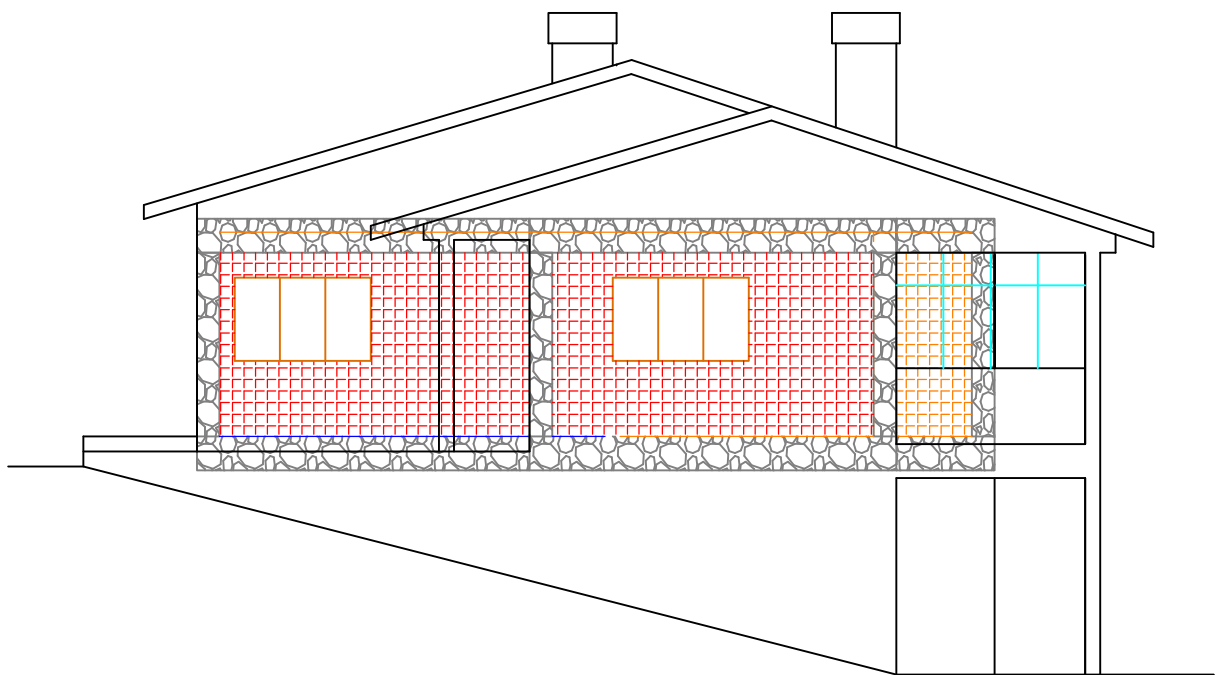
Data: 27/06/2014

Desenho n.º:8

**Envoltentes no alçado Norte**

Versão: Final



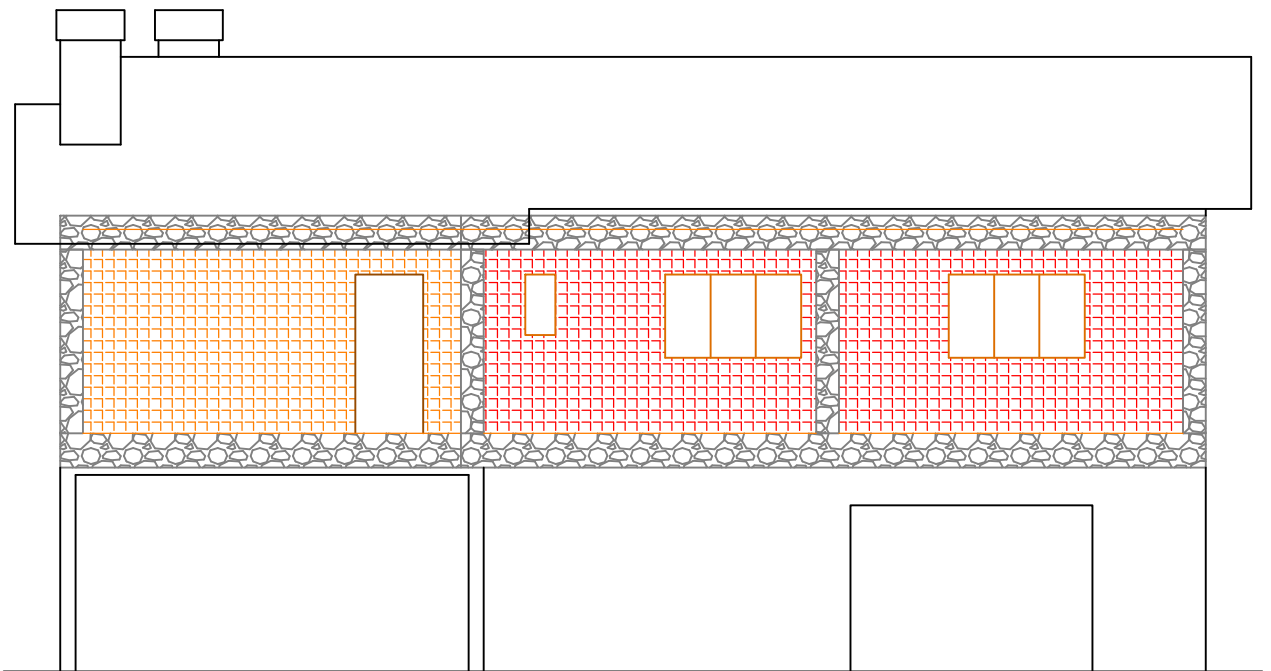


Alçado lateral direito, voltado a Poente (Envolventes)

Legenda:	
	Envolvente para o exterior, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente para o exterior, no plano do desenho
	Envolvente para espaços interiores não aquecidos, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente para espaços interiores não aquecidos, no plano do desenho
	Envolventes em contacto com o solo, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente em contacto com o solo, no plano do desenho
	Estrutura de betão armado

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/100	
Data: 27/06/2014	
Desenho n.º:9	Envolventes no alçado Poente
Versão: Final	



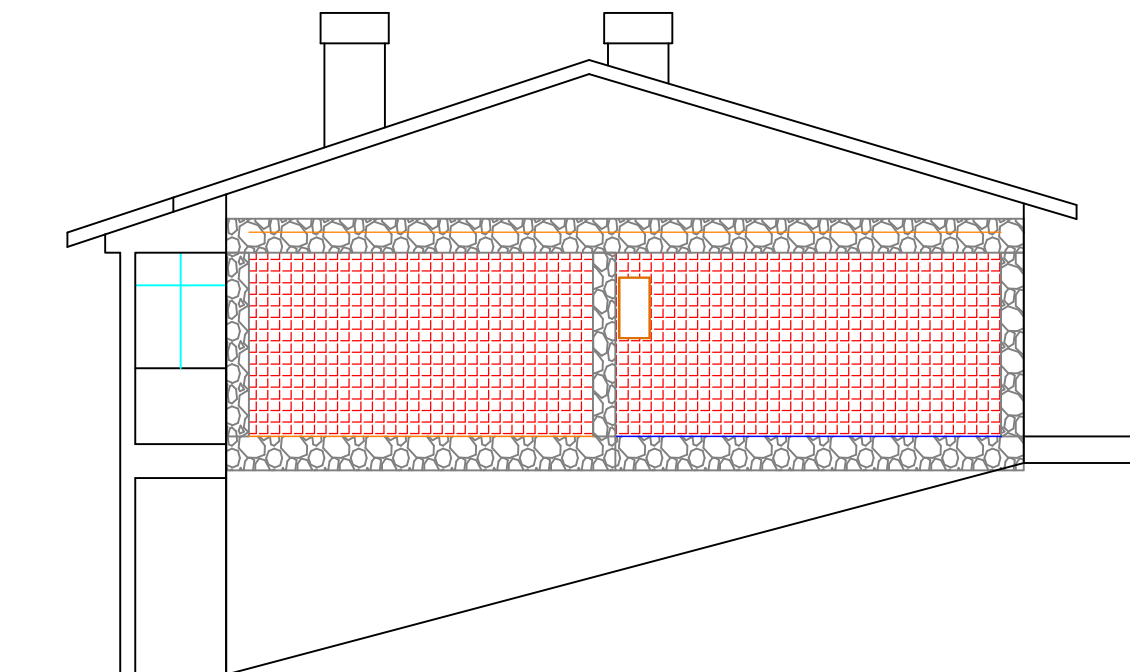


Alçado posterior, voltado a Sul (Envolventes)

Legenda:	
	Envolvente para o exterior, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente para o exterior, no plano do desenho
	Envolvente para espaços interiores não aquecidos, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente para espaços interiores não aquecidos, no plano do desenho
	Envolvente em contacto com o solo, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente em contacto com o solo, no plano do desenho
	Estrutura de betão armado

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/100	
Data: 27/06/2014	
Desenho n.º:10	Envolventes no alçado Sul
Versão: Final	





Alçado lateral esquerdo, voltado a Nascente (Envolventes)

Legenda:	
	Envolvente para o exterior, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente para o exterior, no plano do desenho
	Envolvente para espaços interiores não aquecidos, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente para espaços interiores não aquecidos, no plano do desenho
	Envolvente em contacto com o solo, perpendicular ao plano do desenho
	Envolvente em contacto com o solo, no plano do desenho
	Estrutura de betão armado

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Autor: Humberto Silva

**Reabilitação Energética de Edifícios**

Escala: 1/100

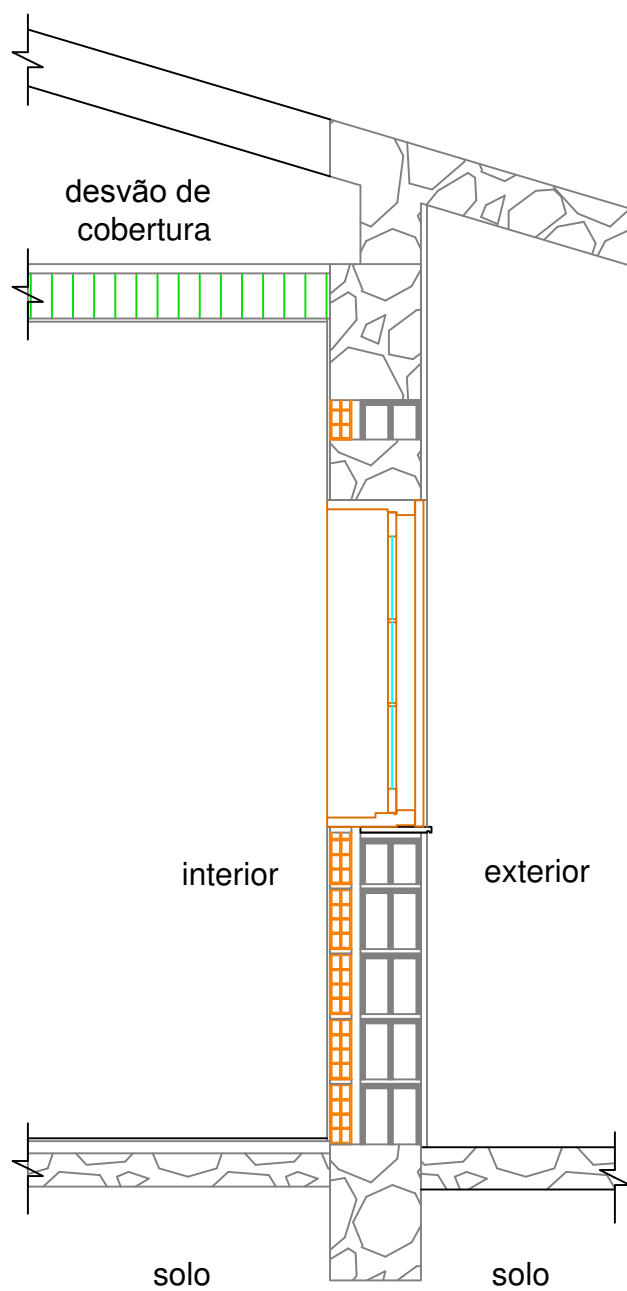
Data: 27/06/2014

Desenho n.º:11

Envolventes no alçado Nascente

Versão: Final

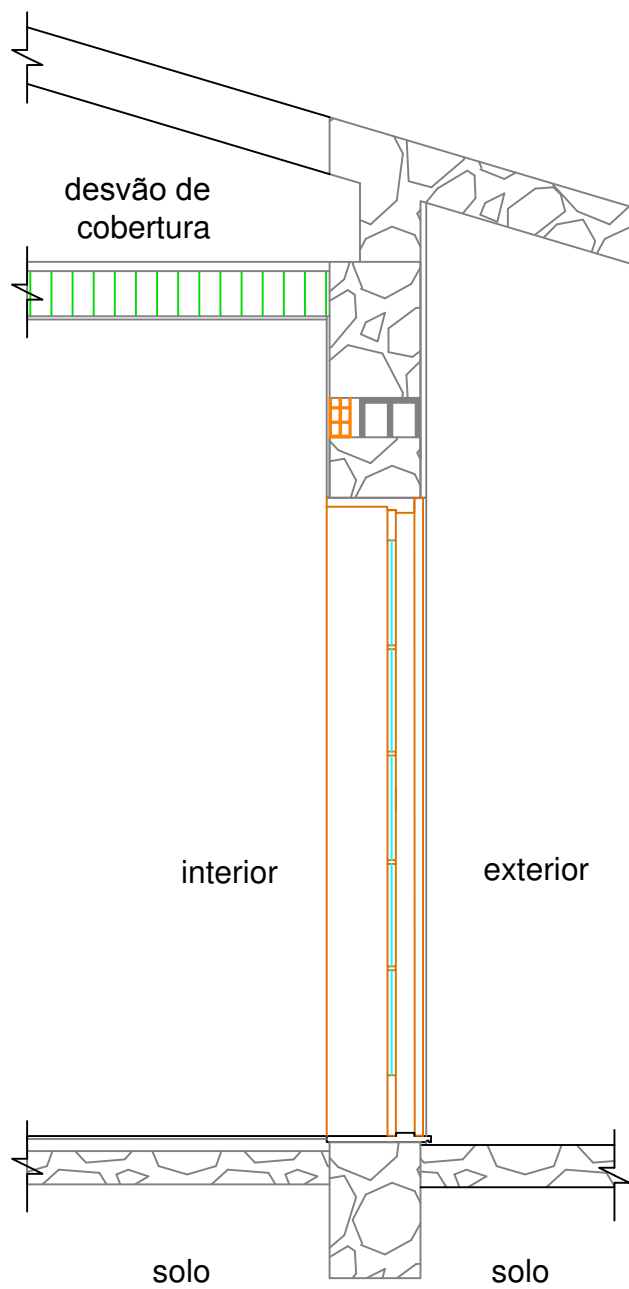




Pormenor da parede e envidraçado do quarto 1 voltado a Norte

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/25	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:12	Pormenor da parede e envidraçado do quarto 1 voltado a Norte
Versão: Final	

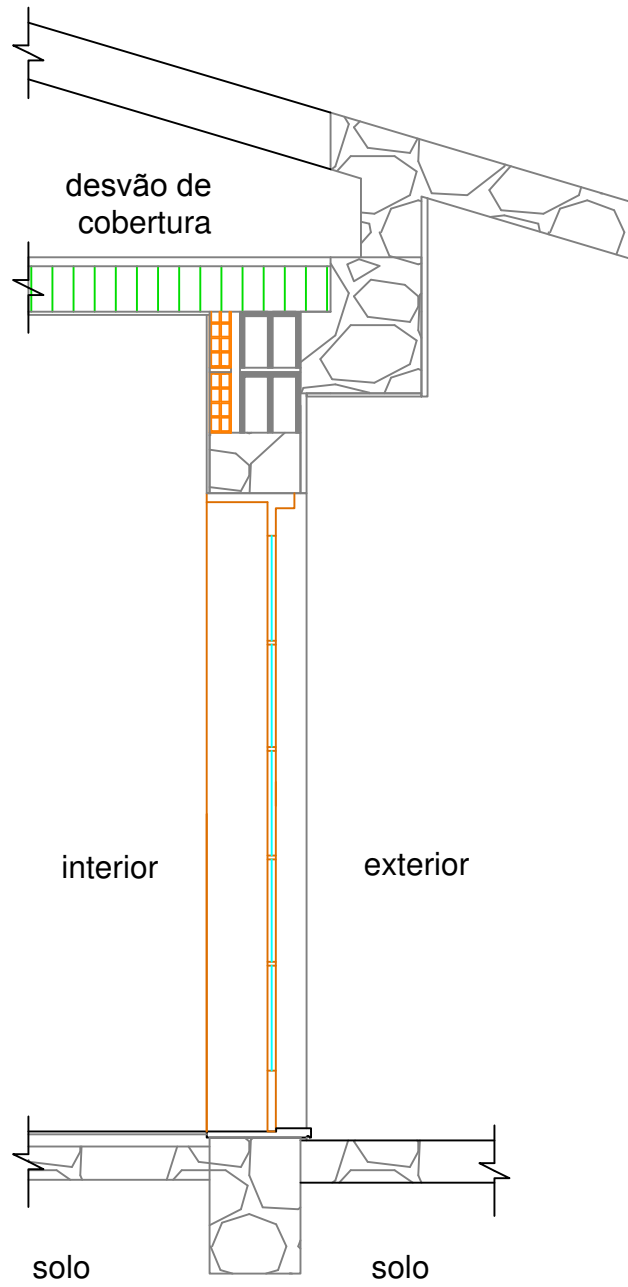




Pormenor da parede e envidraçado da sala voltado a Norte

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/25	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:13	Pormenor da parede e envidraçado da sala voltado a Norte
Versão: Final	

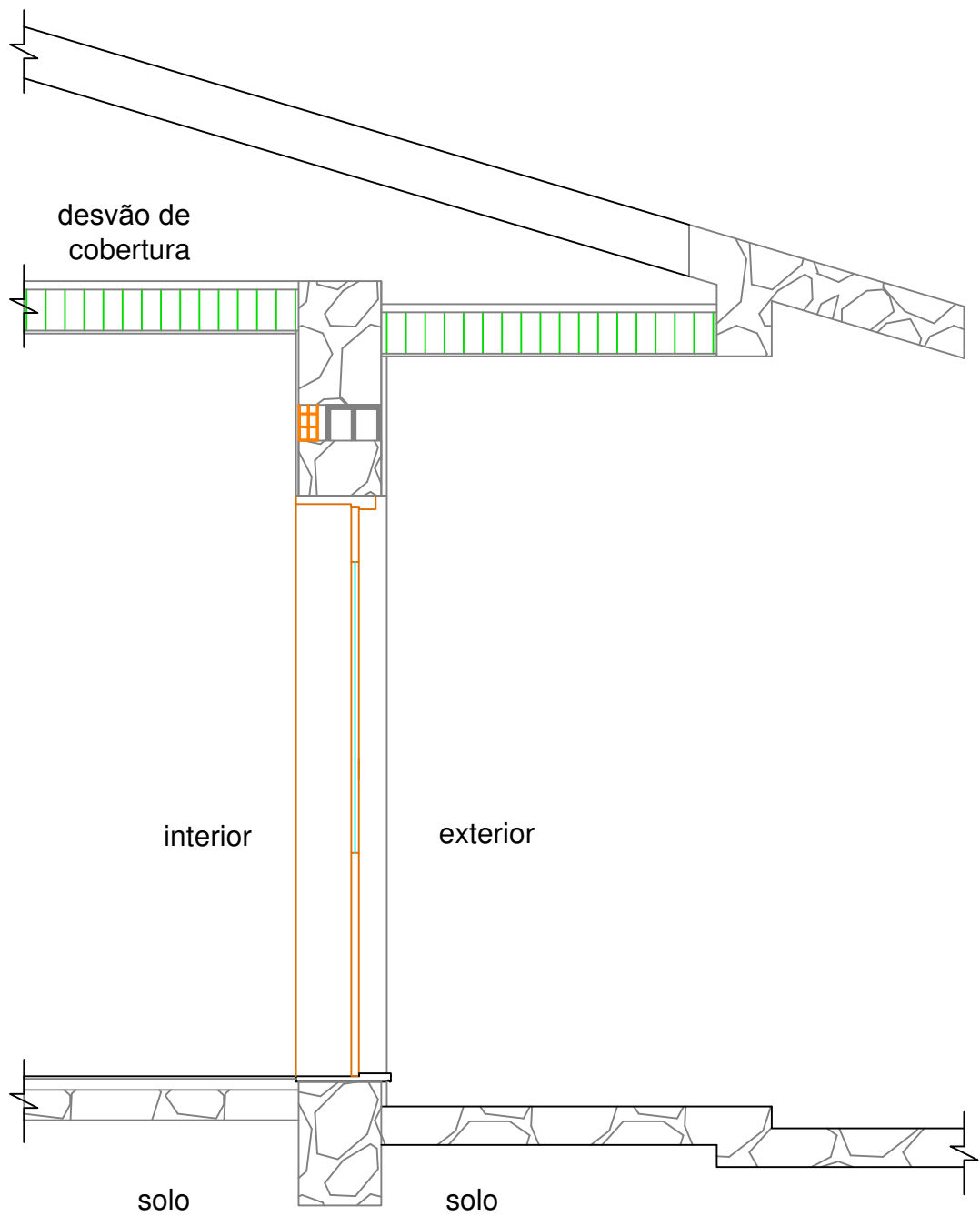




Pormenor da parede e envidraçado do vestíbulo voltado a Norte

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/25	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:14	Pormenor da parede e envidraçado do vestíbulo voltado a Norte
Versão: Final	

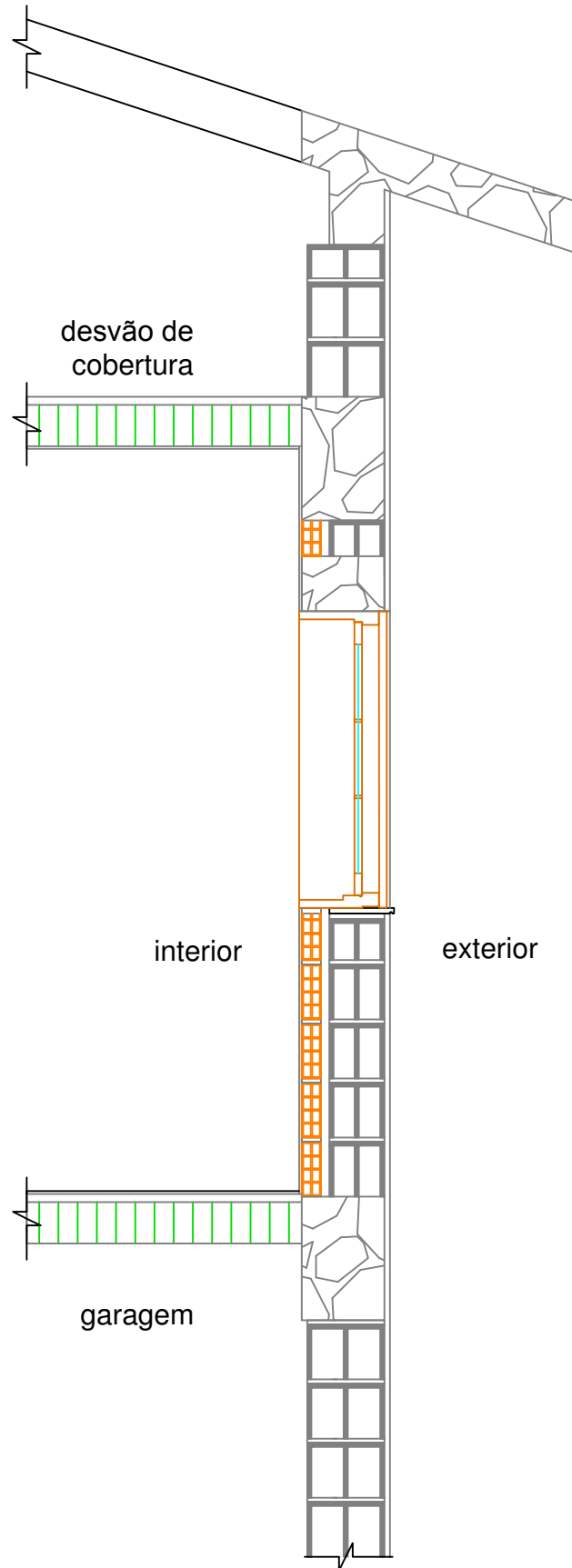




Pormenor da parede e porta da cozinha para o exterior voltada a Norte

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/25	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:15	Pormenor da parede e porta da cozinha para o exterior voltada a Norte
Versão: Final	

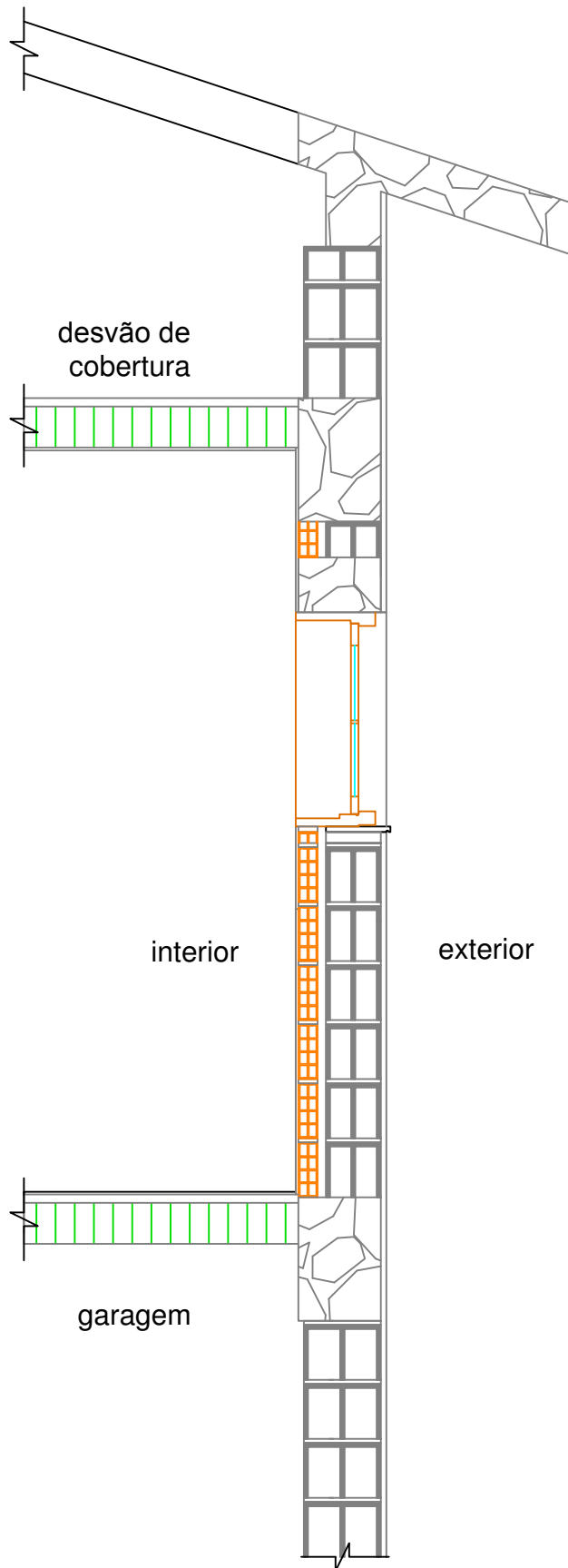




Pormenor da parede e envidraçados dos  
quarto 2 e 3 voltados a Sul

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/25	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:16	Pormenor da parede e envidraçados dos quarto 2 e 3 voltados a Sul
Versão: Final	

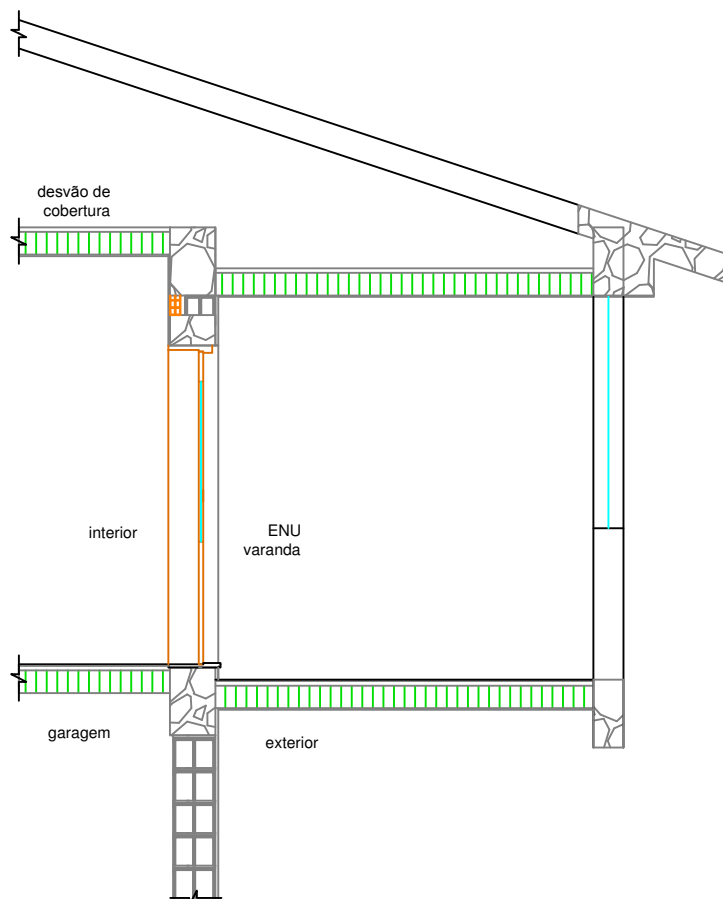




Pormenor da parede e envidraçado do quarto de banho privativo voltado a Sul

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/25	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:17	Pormenor da parede e envidraçado do quarto de banho privativo voltado a Sul
Versão: Final	

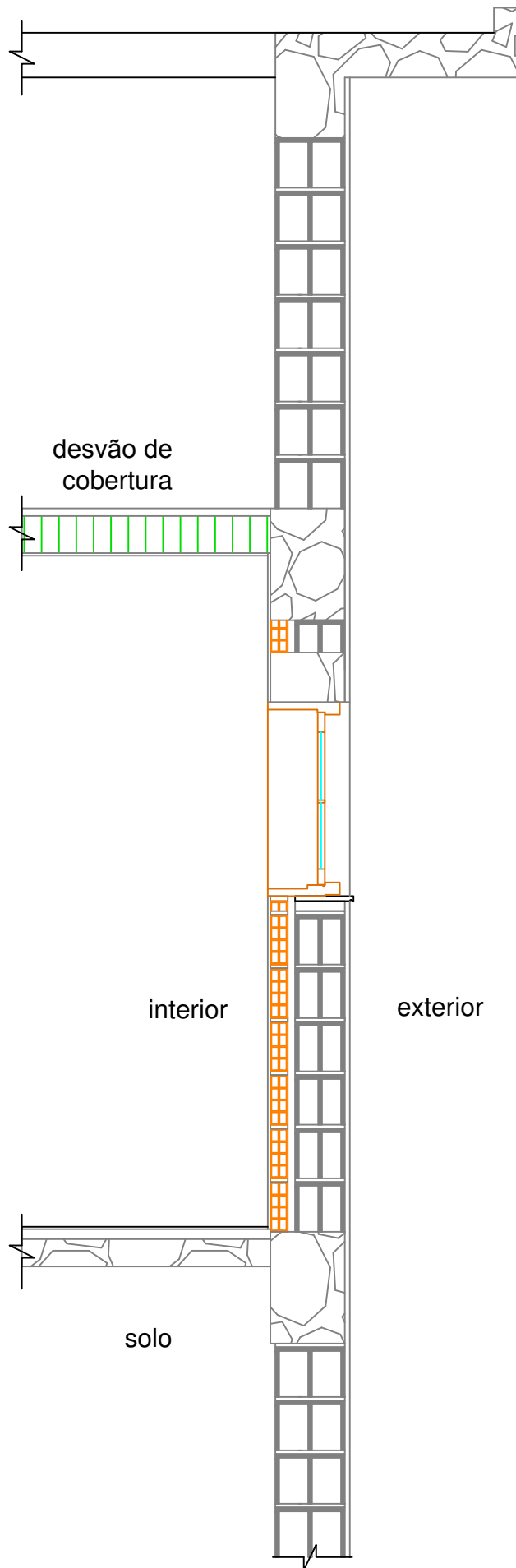




Pormenor da parede e porta da cozinha  
para ENU varanda voltada a Sul

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/50	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:18	Pormenor da parede e porta da cozinha para ENU varanda voltada a Sul
Versão: Final	

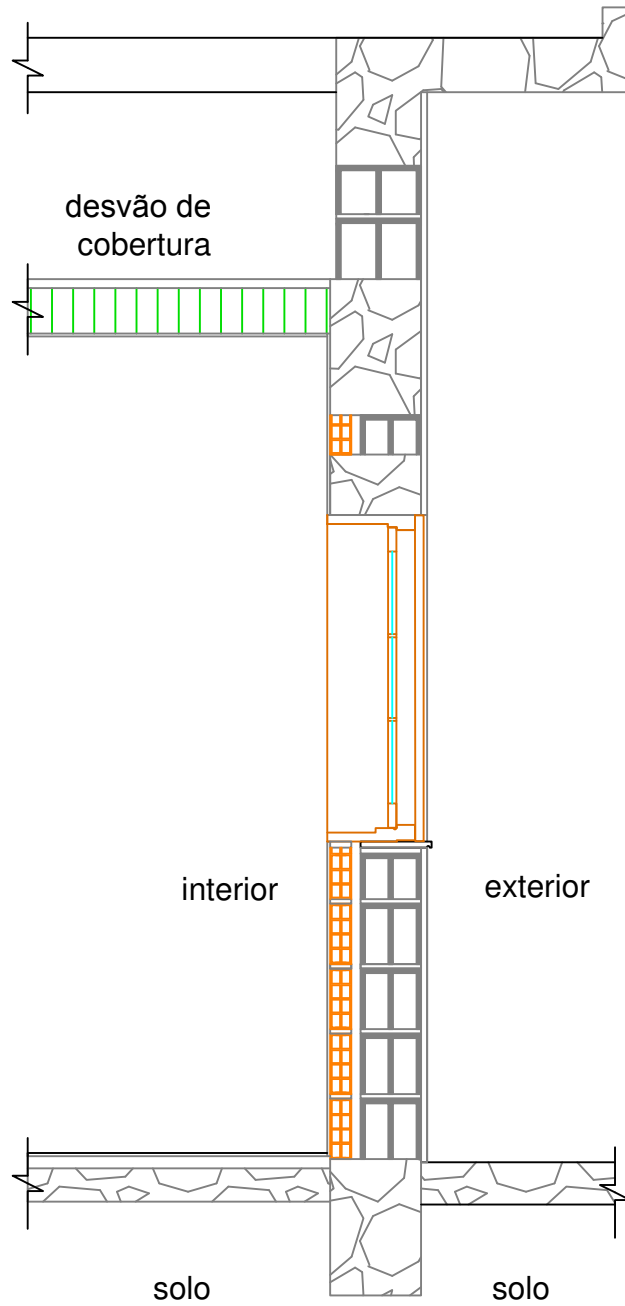




Pormenor da parede e envidraçado do quarto de banho voltado a Este

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/25	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:19	Pormenor da parede e envidraçado do quarto de banho voltado a Este
Versão: Final	

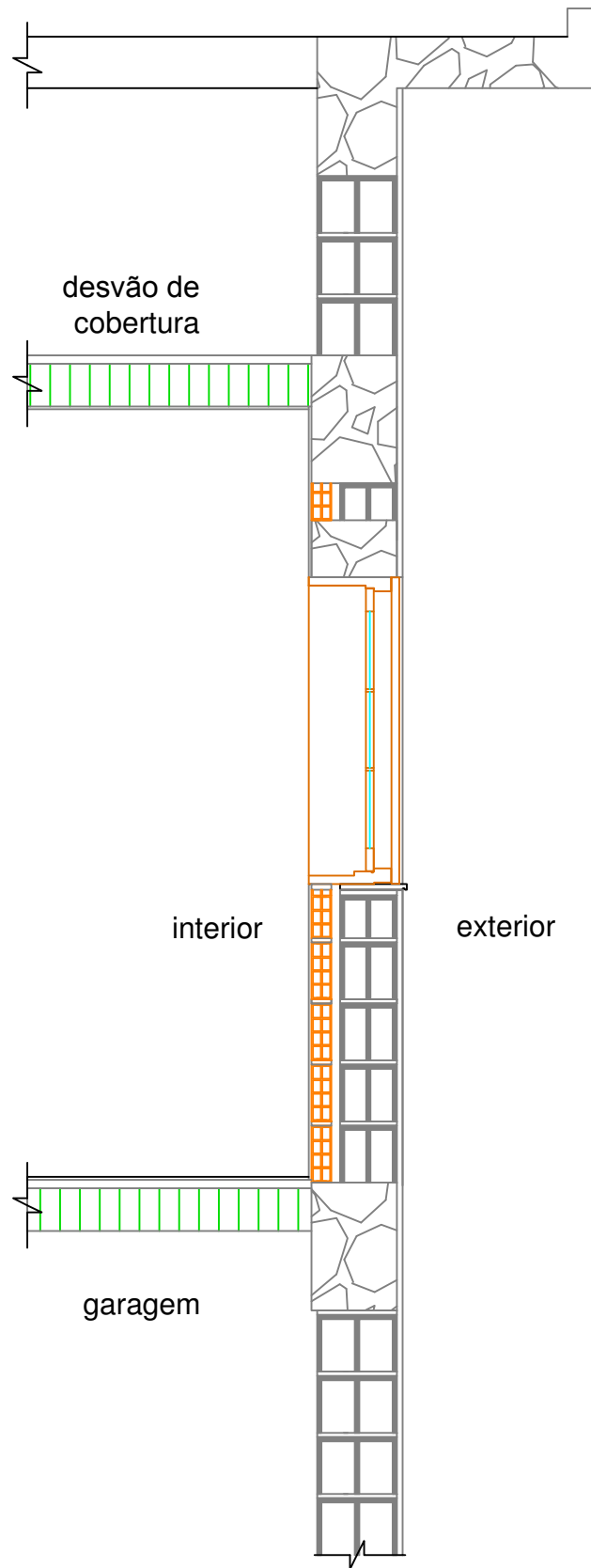




Pormenor da parede e envidraçado da sala voltado a Oeste

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/25	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:20	Pormenor da parede e envidraçado da sala voltado a Oeste
Versão: Final	

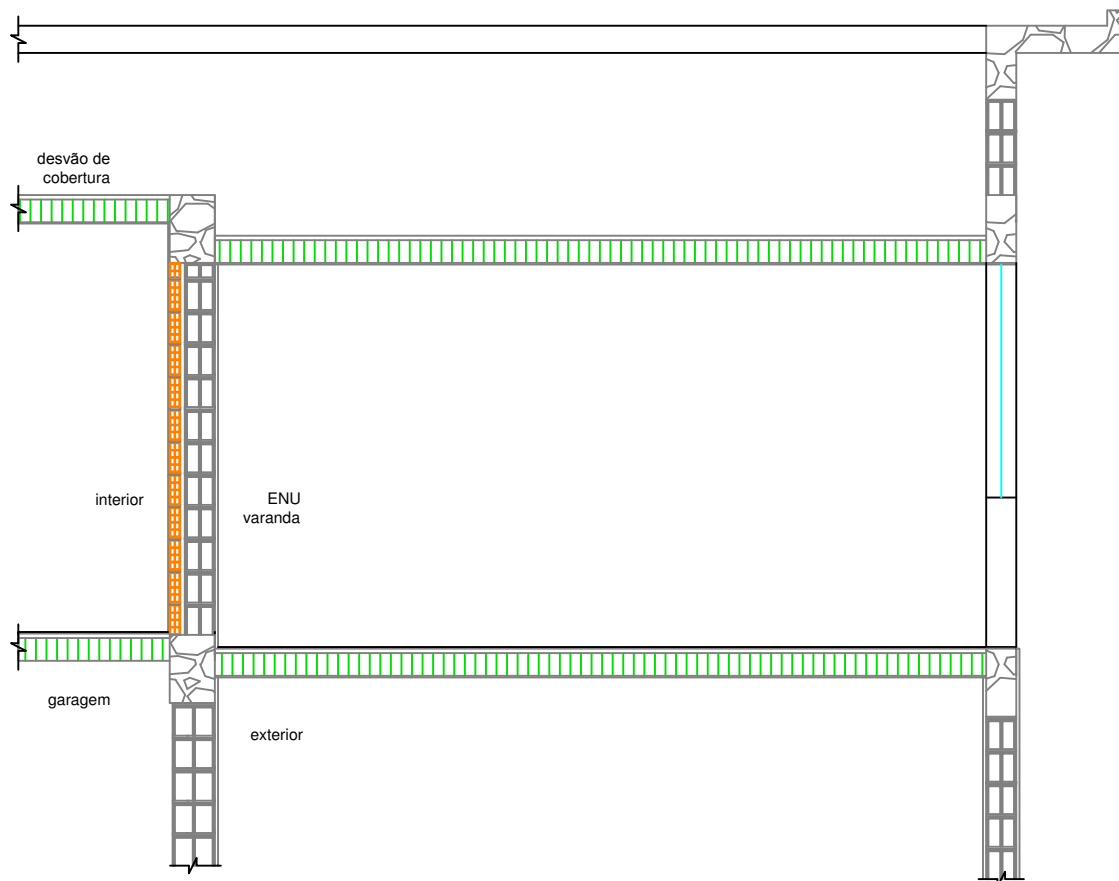




Pormenor da parede e envidraçado da cozinha voltado a Oeste

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/25	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:21	Pormenor da parede e envidraçado da cozinha voltado a Oeste
Versão: Final	





Pormenor da parede entre o quarto de banho privativo e o ENU varanda voltada a Oeste

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	
Autor: Humberto Silva	<b>Reabilitação Energética de Edifícios</b>
Escala: 1/50	
Data: 18/07/2014	
Desenho n.º:22	Pormenor da parede entre o quarto de banho privativo e o ENU varanda voltada a Oeste
Versão: Final	



**ANEXO 2 - Aplicação LNEC para ventilação no âmbito do REH e RECS (situação atual do edifício)**

---





### 1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habituação existente
Local (município)	VILA NOVA DE GAIA
Região	A
Rugosidade	II
Altitude do local (m)	142
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim
Altura do edifício ( $H_{edif}$ ) em m	2,9
Altura da fração ( $H_{FA}$ ) em m	2,9
Altura do obstáculo situado em frente ( $H_{obs}$ ) em m	0
Distância ao obstáculo situado em frente ( $D_{obs}$ ) em m	1000

Área útil (m <sup>2</sup> ):	126,2
Pd (m):	2,70
N.º de pisos da fração	1
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH: 3.6) (m/s)	
Vol (m <sup>3</sup> ):	341
Texterior (°C)	9,6
Zref (m)	94
Aerv/Au:	15%
Proteção do edifício:	<b>Desprotegido</b>
Zona da fachada:	<b>Inferior</b>

### 2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	N	E	S	W
Área dos vãos (m <sup>2</sup> )	9,96	0,4	4,36	3,96
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	2	2	2	2
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem

### 3. Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não			
Tipo de abertura				
Área livre das aberturas fixas (cm <sup>2</sup> ) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m <sup>3</sup> /h)				

### 4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta

Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Não	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão			
Perda de carga	Alta			
Altura da conduta (m)	3			
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)			
Número de condutas semelhantes	1			

### 5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
Tem sistema de recuperação de calor				
Rendimento da recuperação de calor (%)				

### 6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)

Existem meios híbridos	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				

### 7. Verão - Recuperador de calor

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão	
---	--

### 8. Resultados

#### 8.1 - Balanço de Energia - Edifício

$R_{th,i}$ (h-1) - Aquecimento	0,40
$R_{th,v}$ (h-1) - Arrefecimento	0,60
W <sub>vm</sub> (kWh)	0,0

#### 8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência

$R_{th,i,REF}$ (h-1)	0,40
----------------------	------

#### 8.3 - Caudal mínimo de ventilação

Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,13
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1)	0,40
Critério Rph mínimo	<b>Ponderar medidas de melhoria do sistema de ventilação.</b>

Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

Técnico: \_\_\_\_\_

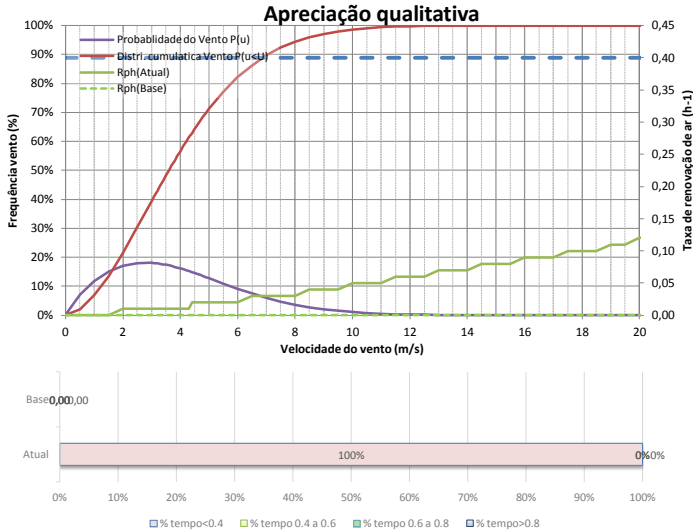
Data: 21-09-2014



**Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)**

**1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar**

(Ajuda)



Atual: Rph,i=0.03 Rph,medio=0.02 Rph,termica=0.00  
Base: Rph,i=0.00 Rph,medio=0.01 Rph,termica=0.00

Rph<0.4:100%; 0.4 a 0.6:0%; 0.6 a 0.8:0%; >0.8:0%

Rph<0.4:100%; 0.4 a 0.6:0%; 0.6 a 0.8:0%; >0.8:0%

**2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50)**

(Ajuda)

**Janelas:**

Classe de permeabilidade ao ar das janelas recomendada:	<b>2</b>
---	----------

**Permeabilidade ao ar da envolvente:**

Valor n50 recomendado para construção usual:	<b>1,80</b>
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	<b>0,70</b>
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	<b>0,93</b>

**3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada**

(Ajuda)

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	<b>135 m3/h</b>
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	<b>20 Pa</b>

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas				
Caudal nominal das grelhas (m3/h)	0 cm2	0 m3/h	0 m3/h	0 m3/h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	0 cm2	0 h-1	0 h-1	0 h-1

**Isolamento sonoro:** Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área envidraçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Sensível	Area da fachada (m2)	7,5
Correcção	Ctr	Area da janela (m2)	2,3
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m3)	40,5
Tipo vidro	4-6-4 (30,-1,-3)		-1
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		-4
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)		-4
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)		
	A	Rw (Ctr)	
	(m2)	(dB)	
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1	37	Rw vidro
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa	-1	C
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr))	2,3	26	Ctr
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr))	5,3	50	IGU Rw+Correcção
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr))	7,5	30	Janela Rw+Correcção
Fachada D2m,n,T,W (dB)		28	26

<b>Resultados: isolamento sonoro</b>		
Isolamento fachada (D2m,n,T,W)	28	
Isolamento mínimo requerido (D2m,n,T,W)	28	Satisfatório

Síntese:

ANEXO 3 - Folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, de acordo com o REH (Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto), ITeCons (situação atual do edifício)

---



*Introdução de dados (Folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, da ITeCons, de acordo com o REH (Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto))*

**Caracterização da Fração**

Edifício existente						
<b>Edifício/FA situada no município</b>	VILA NOVA DE GAIA		<b>Região NUTS III</b>	Grande Porto	<b>Região</b>	A
<b>Altitude do local</b>	141,9	m	<b>Distância à costa</b>	superior a 5km	<b>Rugosidade</b>	II
<b>Edifício situado</b>	na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural					
<b>Área útil de Pavimento</b>	126,15		<b>Pé-direito médio</b>	2,70	<b>ROADMAP</b>	2016
<b>Tipologia</b>	T3		<b>Classe de Inércia Térmica do Edifício</b>	Forte		

**Sistemas**

<b>O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?</b>	Não
<b>Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica <math>\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}</math>?</b>	Sim
<b>Os chuveiros ou sistemas de duche da fracção possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?</b>	Não

<sup>(1)</sup> caso o edifício se encontre abrangido pela rede urbana CLIMAESPAÇO devem ser considerados os sistemas por defeito.

<b>AQUECIMENTO</b>	<b>Tipo de Equipamento <sup>(1)</sup></b>	<b>Fonte de energia associada</b>	<b>Existe informação?</b>	<b>Eficiência Nominal</b>	<b>Fracção servida</b>	<b>Idade do Sistema</b>	<b>Eficiência Base</b>	<b>Eficiência Corrigida</b>
<b>Designação do Sistema</b>					<b>%</b>			
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
	Sistema por defeito	Electricidade		1	100	Novo		1

<b>ARREFECIMENTO</b>	<b>Tipo de Equipamento <sup>(1)</sup></b>	<b>Fonte de energia associada</b>	<b>Existe informação?</b>	<b>Eficiência Nominal</b>	<b>Fracção servida</b>	<b>Idade do Sistema</b>	<b>Eficiência Base</b>	<b>Eficiência Corrigida</b>
<b>Designação do Sistema</b>					<b>%</b>			
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
	Sistema por defeito	Electricidade		3,00	100	Novo		3,00



**VENTILAÇÃO (EFECTUAR CÁLCULO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA PELO LNEC DESIGNADA " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS"**

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,4 h <sup>-1</sup>
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$	0,6h <sup>-1</sup>
Existe sistema de ventilação mecânica em funcionamento contínuo?	Não

**Envolvente Exterior**

<sup>(i)</sup> A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se  $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

<sup>(ii)</sup> A face interior do revestimento exterior é de baixa emissividade se  $\epsilon \leq 0.2$

PAREDES EXTERIORES	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação <sup>(i)</sup>	Emissividade <sup>(ii)</sup>	Área	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	sombreamento na est. de arrefecimento	U	U <sub>REF</sub>
Descrição						m <sup>2</sup>	°	°	°		W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Parede do Quarto 1	Norte	Clara	Não	Fracamente	Baixa	7,38					1,15	0,35
Parede do Vestíbulo	Norte	Clara	Não			3,52					1,15	0,35
Parede das Salas de estar/jantar	Norte	Clara	Não			12,26					1,15	0,35
Parede da Cozinha	Norte	Clara	Não			0,82					1,16	0,35
												-
Parede do Quarto 1	Este	Clara	Não			11,06	14				1,15	0,35
Parede do Quarto de banho	Este	Clara	Não			3,65	14				1,16	0,35
Parede do Quarto 2	Este	Clara	Não			8,26	14				1,15	0,35

PAREDES EXTERIORES (cont.)	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação (I)	Emissividade (II)	Área	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	sombreamento na est. de arrefecimento	U	U <sub>REF</sub>
											W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Descrição						m <sup>2</sup>	°	°	°			
Parede do Quarto 2	Sul	Clara	Não			7,14	18				1,15	0,35
Parede do Quarto 3	Sul	Clara	Não			6,17	18				1,15	0,35
Parede do Quarto de banho privativo	Sul	Clara	Não			3,29	18				1,16	0,35
												-
Parede da Sala	Oeste	Clara	Não			7,62	16				1,15	0,35
Parede da Cozinha	Oeste	Clara	Não			8,05	17				1,16	0,35
												-
Parede do Quarto 1 (PTP)	Norte	Clara	Não			1,44					2,86	0,35
Parede do Vestíbulo (PTP)	Norte	Clara	Não			0,77					2,86	0,35
Parede das Salas de estar/jantar (PTP)	Norte	Clara	Não			2,99					2,86	0,35
Parede da Cozinha (PTP)	Norte	Clara	Não			0,41					2,94	0,35
												-
Parede do Quarto 1 (PTP)	Este	Clara	Não			1,23	14				2,86	0,35
Parede do Quarto de banho (PTP)	Este	Clara	Não			1,35	14				2,94	0,35
Parede do Quarto 2 (PTP)	Este	Clara	Não			0,92	14				2,86	0,35
												-
Parede do Quarto 2 (PTP)	Sul	Clara	Não			1,41	18				2,86	0,35
Parede do Quarto 3 (PTP)	Sul	Clara	Não			2,12	18				2,86	0,35
Parede do Quarto de banho privativo (PTP)	Sul	Clara	Não			0,50	18				2,94	0,35
												-
Parede da Sala (PTP)	Oeste	Clara	Não			1,47	16				2,86	0,35
Parede da Cozinha (PTP)	Oeste	Clara	Não			1,51	17				2,94	0,35

VÃO ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Orientação	Área	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Tipo de vidro	Obstrução do Horizonte $\alpha_h$	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	$U_{wdn}$	$U_{REF}$
Descrição		m <sup>2</sup>			°	°	°	°	W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Janela do Quarto 1	Norte	1,98	Não	Simples	20				3,40	2,40
Envidraçado do Vestíbulo	Norte	0,84	Não	Simples	20				5,10	2,40
Envidraçado da Sala de estar/jantar	Norte	3,78	Não	Simples	20				3,40	2,40
Porta da Cozinha	Norte	1,47	Não	Simples	20				5,10	2,40
										-
Janela do Quarto de banho	Este	0,40	Não	Simples	20	15			5,10	2,40
										-
Janela do Quarto 2	Sul	1,98	Não	Simples	20	23			3,40	2,40
Janela do Quarto 3	Sul	1,98	Não	Simples	20	23			3,40	2,40
Janela do Quarto de banho privativo	Sul	0,40	Não	Simples	20	25			5,10	2,40
										-
Janela da Sala	Oeste	1,98	Não	Simples	20	22			3,40	2,40
Janela da Cozinha	Oeste	1,98	Não	Simples	20	19			3,40	2,40

<sup>(III)</sup> Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão.

<sup>(IV)</sup> Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

<sup>(V)</sup> Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

VÃO ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Classe da Caixilharia	Permeabilidade da Caixa de Estore	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Solar do vidro <sup>(III)</sup> $g_{Lvi}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis <sup>(IV)</sup> $g_{LT}$	FS Global Prot. Perm. <sup>(V)</sup> $g_{LTp}$	FS de Inverno $g_i$	FS de Verão $g_v$	FS de Verão de Referência $g_{v REF}$
Janela do Quarto 1	2	Não tem	0,57	0,85	0,09	0,72	0,72	0,72	0,40
Envidraçado do Hall de entrada	2	Não tem	0,57	0,85	0,85	0,85	0,77	0,72	
Envidraçado da Sala de estar/jantar	2	Não tem	0,57	0,85	0,09	0,72	0,72	0,72	
Porta da Cozinha	2	Não tem	0,57	0,85	0,85	0,85	0,77	0,72	
							-	-	
Janela do Quarto de banho	2	Não tem	0,57	0,85	0,85	0,85	0,77	0,77	
							-	-	
Janela do Quarto 2	2	Não tem	0,57	0,85	0,09	0,68	0,68	0,33	
Janela do Quarto 3	2	Não tem	0,57	0,85	0,09	0,68	0,68	0,33	
Janela do Quarto de banho privativo	2	Não tem	0,57	0,85	0,85	0,85	0,77	0,68	
							-	-	
Janela da Sala	2	Não tem	0,57	0,85	0,09	0,77	0,77	0,36	
Janela da Cozinha	2	Não tem	0,57	0,85	0,09	0,77	0,77	0,36	



### ***Pontes térmicas lineares (envolvente exterior)***

<sup>(viii)</sup> Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear  $\Psi$  apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	Comp. B <sup>(viii)</sup>	Cálculo de acordo com?	$\Psi$ calculado	Informações adicionais			Sistema de isolamento nas paredes	$\Psi$	$\Psi_{REF}$
	m		W/m.°C				W/m.°C	W/m.°C	
Fach. com pavimentos térreos	25,25			-				0,70	0,5
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	17,05			Isol. sob/sobre o pavimento?				0,70	0,5
Fachada com cobertura	42,30			Isol. sob/sobre o cobertura?				0,70	0,5
Duas paredes verticais em ângulo saliente	21,60			-				0,50	0,4
Fachada com caixilharia	59,50			Isol. contacta com a caixilharia?				0,30	0,2

### Definição da envolvente interior

<sup>(IX)</sup> Ventilação fraca do espaço não útil se este tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas e ventilação forte do espaço não útil se este é permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do $b_{tr}$ de acordo com a norma 13789?	$b_{tr}$ calculado	$A_i/A_u$	Volume do ENU $m^3$	Ventilação <sup>(IX)</sup>	$b_{tr}$
Edifício Adjacente	Não		-	-	-	0,60
Desvão de cobertura	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$V > 200$	Forte	1,00
Garagem	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$50 < V \leq 200$	Forte	0,90
Varanda/Lavandaria	Não		$0,5 \leq A_i/A_u < 1$	$V \leq 50$	Forte	0,90

### Envolvente interior

PAREDES INTERIORES	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área	U	$U_{REF}$
Descrição		$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
Parede da Cozinha	Varanda/Lavandaria	10,18	1,16	0,35
Parede do Quarto de banho privativo	Varanda/Lavandaria	2,43	1,16	0,35
				-
Parede da Cozinha (PTP)	Varanda/Lavandaria	0,18	2,94	0,35
Parede da Cozinha (PTP)	Desvão de cobertura	0,45	2,94	0,35
Parede do Quarto de banho privativo (PTP)	Desvão de cobertura	0,09	2,94	0,35

PAVIMENTOS INTERIORES	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área	$U_{descendente}$	$U_{REF}$
Descrição		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Pavimento em zona de quartos	Garagem	30,49	2,44	0,30
Pavimento nas restantes zonas	Garagem	28,35	2,63	0,30

<sup>(X)</sup> A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se  $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  e considera-se fracamente ventilada se  $500 \text{ mm}^2/\text{m}^2 > A \leq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ ; <sup>(XI)</sup> baixa emissividade se  $e \leq 0.2$

**CAMPOS A PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO**

COBERTURAS INTERIORES	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área da cob. interior	$U_{ascendente}$	Área da cob. interior	Cor da cob. Exterior	Grau de ventilação <sup>(X)</sup>	Emissividade <sup>(XI)</sup>	$U_{descendente}$	$U_{REF}$
Descrição		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	m <sup>2</sup>				W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Tetos	Desvão de cobertura	126,15	3,13	126,15	Clara	Fortemente	Normal	2,63	0,30

<sup>(xii)</sup> Na ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO considera-se que os elementos opacos da envolvente exterior do ENU causam sombreamento ao vão interior; <sup>(xiii)</sup> Na ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO assume-se que a envolvente exterior do ENU não provoca sombreamento ao vão interior.

VÃOS ENVIDRAÇADOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Orientação	Área	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Tipo de vidro	ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (xii)				ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (xiii)		
					Obstrução do Horizonte $\alpha_h$	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$
Descrição		m <sup>2</sup>			°	°	°	°	°	°	°
Porta da Cozinha	Sul	1,89	Não	Simples	20	67	55	0	67	55	0

VÃOS ENVIDRAÇADOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Vão interior em contacto c/ ENU					Vão exterior do ENU			U <sub>REF</sub> W/m <sup>2</sup> .°C
		Factor Solar do vidro $g_{\perp vi, int}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis $g_{\perp T, int}$	FS Global Prot. Perm. $g_{Tp, int}$	Fracção Envidraçada $F_{g, int, int}$	U <sub>wdn</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	Factor Solar do vidro $g_{\perp vi, ENU}$	FS Global Prot. Perm. $g_{Tp, ENU}$	Fracção Envidraçada $F_{g, ENU}$	
Descrição										
Porta da Cozinha	Varanda/La vanderia	0,85	0,85	0,85	0,57	5,10	0,85	0,85	0,70	2,40

<sup>(XIV)</sup> Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear  $\Psi$  apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Comprimento B <sup>(XIV)</sup>	Cálculo de acordo com?	$\Psi$ calculado	Informações adicionais			Sistema de isolamento nas paredes	$\Psi$	$\Psi_{REF}$
		m		W/m.°C				W/m.°C	W/m.°C	
Fachada com pavimento intermédio	Varanda/Lavandaria	13,20	Catálogo	0,70	-		s/ tecto falso		0,70	0,5
Fachada com caixilharia	Varanda/Lavandaria	5,10	Catálogo	0,30	Isol. contacta com a caixilharia?				0,30	0,2













Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior  $H_{int}$   W/°C

**A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	$U_{bw}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A. $U_{bw}$ W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m <sup>2</sup>	$U_{bf}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A. $U_{bf}$ W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem</i>	Área m <sup>2</sup>	$U_f$ W/m <sup>2</sup> .°C	A. $U_f$ W/°C
Pavimento sobre solo do Quarto 1	17,02	0,80	13,65
Pavimento sobre solo das restantes zonas	48,45	0,61	29,57
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			43,22

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo  $H_{ecs}$   W/°C

**A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu} + H_{adj}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs}$   W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C

**A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs}$   W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C









COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
Tetos	126,15	0,30	1,00	37,85	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
<b>TOTAL</b>				<b>37,85</b>	

VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>	

VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
Porta da Cozinha	1,89	2,40	0,90	4,08	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
<b>TOTAL</b>				<b>4,08</b>	

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)		Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub> W/°C
Fachada com pavimento intermédio	13,20	0,50	0,90	5,94	
Fachada com caixilharia	5,10	0,20	0,90	0,92	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
<b>TOTAL</b>				<b>6,86</b>	

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior  $H_{int}$   W/°C

**A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m	$U_{bw}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m	$U_{bf}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bf</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z≤0) com ou sem isolamentos</i>	Área m	$U_f$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C
Pavimento sobre solo do Quarto 1	17,02	0,50	8,51
Pavimento sobre solo das restantes zonas	48,45	0,50	24,23
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>32,74</b>

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C

**A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{ent REF} + H_{adj REF}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

**A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{ent REF}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

## Folha de Cálculo B

### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

#### B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} & \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d & \boxed{136,24} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} & \boxed{0,40} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{2,70} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} & \boxed{46,32} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} & \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d & \boxed{204,36} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} & \boxed{0,60} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{2,70} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} & \boxed{69,48} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

### B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i REF} = \frac{0,34}{0,40} h^{-1} \\ & \text{Área útil de pavimento } A_d = \frac{126,15}{2,70} m^2 \\ & \text{Pé direito médio da fração } P_d = \frac{2,70}{46,32} m \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i REF} = 46,32 W/^{\circ}C \end{aligned}$$



Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\beta_i \cdot \beta_{i,ENU}$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,i} = F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot \beta_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
Porta da Cozinha	Sul	0,59	1,89	0,34	0,40	0,15	1,00	0,15
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{\perp,vid}$  afectado do factor de seletividade angular  $F_{w,i}$ .

TOTAL

0,15

Área efectiva total equivalente na orientação a Sul  m<sup>2</sup>

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

Duração da estação de aquecimento M  meses

=  
Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

+  
Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

=  
Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

x  
0,182

x  
0,2

x  
Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=  
Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

+  
Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

=  
Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano







Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada  $\frac{1470,51}{+}$  kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca  $\frac{4149,88}{+}$  kWh/ano  
 =  
 Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,v}$   $\frac{5620,39}{+}$  kWh/ano

**D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS**

Ganhos internos brutos  $Q_{int,v}$   $\frac{1477,47}{+}$  kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos  $Q_{sol,v}$   $\frac{5620,39}{+}$  kWh/ano  
 =  
 Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   $\frac{7097,86}{+}$  kWh/ano

**D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA**

Ganhos internos médios  $q_{int}$   $\frac{4}{+}$  W/m<sup>2</sup>  
 x  
 Duração da Estação de Arrefecimento  $L_v$   $\frac{2928}{+}$  horas  
 ÷  
 1000  
 +  
 factor solar de verão de referência  $g_{v,REF}$   $\frac{0,43}{+}$   
 x  
 $A_w/A_p, REF$   $\frac{0,2}{+}$   
 x  
 Radiação solar média de referência  $I_{sol,REF}$   $\frac{490}{+}$  kWh/m<sup>2</sup>.ano  
 =  
 $\frac{53,85}{+}$  kWh/m<sup>2</sup>.ano  
 x  
 Área útil de Pavimento  $A_p$   $\frac{126,15}{+}$  m<sup>2</sup>  
 =  
 Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,REF}$   $\frac{6793,43}{+}$  kWh/ano

## Folha de Cálculo E

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{893,01} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad + \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad \boxed{46,32} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad \boxed{939,34} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.327} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{893,01} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{28.432,98} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.327} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad \boxed{46,32} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{1.474,87} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Forte}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{4804,30} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} & \quad \boxed{29907,85} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{parâmetro } \gamma_i \quad \boxed{0,16} \\ & \text{parâmetro } a_i \quad \boxed{4,20} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad \boxed{1,00} \\ & \times \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} & \quad \boxed{4804,30} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i} & \quad \boxed{4802,44} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{28432,98} \text{ kWh/ano} \\ & + \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} & \quad \boxed{1474,87} \text{ kWh/ano} \\ & - \\ \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i} & \quad \boxed{4802,44} \text{ kWh/ano} \\ & \text{(folha de cálculo 1.4)} \\ & = \\ \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} & \quad \boxed{25105,42} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & = \\ \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{ic} & \quad \boxed{199,01} \text{ kWh/m}^2\text{.ano} \end{aligned}$$

## LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

### E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr, REF} \quad \boxed{238,13} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad + \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i, REF} \quad \boxed{46,32} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad = \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i, REF} \quad \boxed{284,45} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

### E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & \quad \quad \quad 0,024 \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.327} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr, REF} \quad \boxed{238,13} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \quad \quad = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i, REF} \quad \boxed{7581,91} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

### E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & \quad \quad \quad 0,024 \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.327} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i, REF} \quad \boxed{46,32} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \quad \quad = \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i, REF} \quad \boxed{1474,87} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

## E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i \text{ REF}} & 0,6 \\ & \times \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i \text{ REF}} & \boxed{2884,28} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i \text{ REF}} & \boxed{1730,57} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

## E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i \text{ REF}} & \boxed{7581,91} \text{ kWh/ano} \\ & + \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i \text{ REF}} & \boxed{1474,87} \text{ kWh/ano} \\ & - \\ \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i \text{ REF}} & \boxed{1.730,57} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} & \boxed{7326,21} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & = \\ \text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_i & \boxed{58,08} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

## Folha de Cálculo F

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

#### F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 893,01 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &\quad + \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 69,48 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 962,50 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 893,01 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &\quad \times \\ &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\ &\quad \times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\ &\quad \div \\ &\quad 1000 \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 10.720,45 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 69,48 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &\quad \times \\ &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\ &\quad \times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\ &\quad \div \\ &\quad 1000 \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 834,13 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Forte}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{7097,86} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{ve,v} \quad \boxed{11554,58} \text{ kWh/ano} \\ & \quad = \\ & \text{parâmetro } \gamma_v \quad \boxed{0,61} \\ & \text{parâmetro } a_v \quad \boxed{4,20} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \quad \boxed{0,95} \end{aligned}$$

#### F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,05} \\ & \quad \times \\ & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \quad \boxed{7097,86} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ & \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{vc} \quad \boxed{3,04} \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano} \end{aligned}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

## F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

## F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_{v, REF}) \quad \boxed{0,17} \\ & \quad \times \\ \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v, REF} & \quad \boxed{6793,43} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v & \quad \boxed{9,13} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		199,01	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	25105,42	497,53
						TOTAL	25105,42	497,53

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		3,04	-	0	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	0,00	0,00

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

CONSUMO DE AQS

$$\begin{aligned} & 40 \\ & \times \\ \text{n}^\circ \text{ convencional de ocupantes de cada fracção n} & \boxed{4} \text{ ocupantes} \\ & \times \\ \text{factor de eficiência hídrica} & \boxed{1} \\ = \\ \text{consumo médio diário de referência MAQS} & \boxed{160} \text{ l} \end{aligned}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{aligned} & \text{consumo médio diário de referência } M_{AQS} \boxed{160} \text{ l} \\ & \times \\ & 4187 \\ & \times \\ \text{aumento de temperatura } \Delta T & \boxed{35} \text{ }^\circ\text{C} \\ & \times \\ \text{n}^\circ \text{ de dias de consumo} & \boxed{365} \text{ dias} \\ & \div \\ & 3600000 \\ & \div \\ \text{Ap} & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ = \\ \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_a/A_p & \boxed{18,84} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f.\delta.Q_a/\eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia primária $f.\delta.Q_a/A_p.F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Cilindro elétrico	Electricidade	18,84	1,00	1	0,86	2,5	2780,45	55,10
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	2780,45	55,10

#### G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

$$\begin{aligned}
 &\text{Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica } W_{vm} \quad \boxed{0} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de Pavimento } A_p \quad \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Factor de Conversão } F_{pu} \quad \boxed{2,5} \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação} \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

#### G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
			TOTAL	0,00

#### G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Energia primária para aquecimento} \quad \boxed{497,53} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Energia primária para arrefecimento} \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Energia primária para a preparação de AQS} \quad \boxed{55,10} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica} \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad - \\
 &\text{Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável} \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades nominais anuais globais de energia primária } N_{tc} \quad \boxed{552,63} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i REF}$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		58,08	-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	145,19
					TOTAL	145,19

**G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v REF}$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		9,13	-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	7,61
					TOTAL	7,61

**G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 & 40 \\
 & \times \\
 \text{n}^\circ \text{ convencional de ocupantes de cada fracção n} & \boxed{4} \text{ ocupantes} \\
 & \times \\
 \text{factor de eficiência hídrica} & \boxed{1} \\
 = \\
 \text{consumo médio diário de referência MAQS} & \boxed{160} \text{ l}
 \end{aligned}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{aligned}
 \text{consumo médio diário de referência } M_{AQS} & \boxed{160} \text{ l} \\
 & \times \\
 & 4187 \\
 & \times \\
 \text{aumento de temperatura } \Delta T & \boxed{35} \text{ }^\circ\text{C} \\
 & \times \\
 \text{n}^\circ \text{ de dias de consumo} & \boxed{365} \text{ dias} \\
 & \div \\
 & 3600000 \\
 & \div \\
 A_p & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\
 =
 \end{aligned}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_a/A_p$   $\boxed{18,84}$  kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{aREF}$	Factor de Conversão $F_{puo}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a/A_p \cdot F_{puo}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Cilindro elétrico	Electricidade	18,84	1,00	0,95	2,5	49,59
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0,95	2,5	0,00
					TOTAL	49,59

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento	145,19	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	7,61	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	49,59	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>t</sub>	202,39	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

ANEXO 4 - Aplicação LNEC para ventilação no âmbito do REH e RECS (situação do edifício com propostas de melhoria)

---





**1. Enquadramento do edifício**

Tipo de edifício	Habitação existente
Local (município)	VILA NOVA DE GAIA
Região	A
Rugosidade	II
Altitude do local (m)	142
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim
Altura do edifício ( $H_{edif}$ ) em m	3
Altura da fração ( $H_{FA}$ ) em m	3
Altura do obstáculo situado em frente ( $H_{obs}$ ) em m	0
Distância ao obstáculo situado em frente ( $D_{obs}$ ) em m	1000

Área útil (m <sup>2</sup> ):	126,2
Pd (m):	2,60
N.º de pisos da fração	1
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH: 3.6) (m/s)	
Vol (m <sup>3</sup> ):	328
Texterior (°C)	9,6
Zref (m)	94
Aerv/Au:	15%
Proteção do edifício:	<b>Desprotegido</b>
Zona da fachada:	<b>Inferior</b>

**2. Permeabilidade ao ar da envolvente**

Foi medido valor n50	Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	N	E	S	W
Área dos vãos (m <sup>2</sup> )	9,58	0,4	4,36	3,96
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	2	2	2	2
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem

**3. Aberturas de admissão de ar na envolvente**

Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não			
Tipo de abertura				
Área livre das aberturas fixas (cm <sup>2</sup> ) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m <sup>3</sup> /h)				

**4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta**

Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Não	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão			
Perda de carga	Baixa			
Altura da conduta (m)	3			
Cobertura	Inclinada (10 a 30º)			
Número de condutas semelhantes	1			

**5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado**

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
Tem sistema de recuperação de calor				
Rendimento da recuperação de calor (%)				

**6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)**

Existem meios híbridos	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				

**7. Verão - Recuperador de calor**

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão	
---	--

**8. Resultados**

**8.1 - Balanço de Energia - Edifício**

$R_{th,i}$ (h-1) - Aquecimento	0,40
$R_{th,v}$ (h-1) - Arrefecimento	0,60
W <sub>vm</sub> (kWh)	0,0

**8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência**

$R_{th,i REF}$ (h-1)	0,40
----------------------	------

**8.3 - Caudal mínimo de ventilação**

Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,17
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1)	0,40
Critério Rph mínimo	<b>Ponderar medidas de melhoria do sistema de ventilação.</b>

Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

Técnico: \_\_\_\_\_

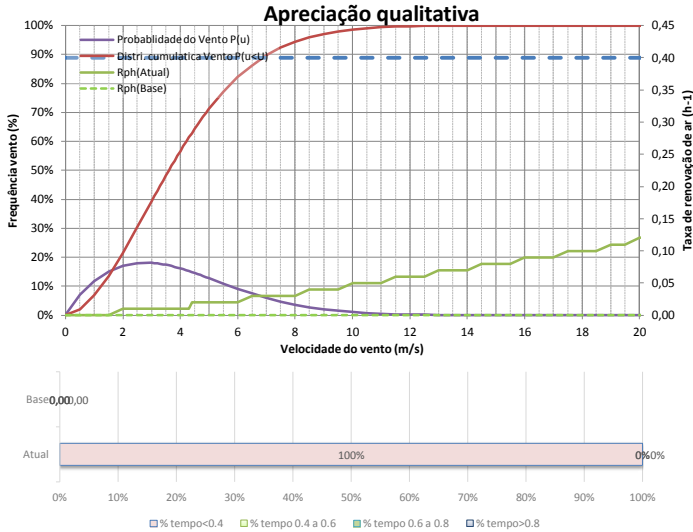
Data: 21-09-2014



**Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)**

**1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar**

(Ajuda)



**2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50)**

(Ajuda)

**Janelas:**

Classe de permeabilidade ao ar das janelas recomendada:	<b>2</b>
---	----------

**Permeabilidade ao ar da envolvente:**

Valor n50 recomendado para construção usual:	<b>1,80</b>
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	<b>0,70</b>
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	<b>0,95</b>

**3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada**

(Ajuda)

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	<b>135 m3/h</b>
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	<b>20 Pa</b>

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas				
Caudal nominal das grelhas (m3/h)	0 cm2	0 m3/h	0 m3/h	0 m3/h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	0 cm2	0 h-1	0 h-1	0 h-1

**Isolamento sonoro:** Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área envidraçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Sensível	Área da fachada (m2)	7,5
Correcção	Ctr	Área da janela (m2)	2,3
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m3)	40,5
Tipo vidro	4-6-4 (30,-1,-3)		-1
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		-4
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)		-1
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)		-4
	A	Rw (Ctr)	
	(m2)	(dB)	
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		30
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa		-1
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr))	2,3		-3
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr))	5,3		27
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr))	7,5		26
Fachada D2m,nT,W (dB)			30
			28

<b>Resultados: isolamento sonoro</b>		
Isolamento fachada (D2m,nT,W)	28	
Isolamento mínimo requerido (D2m,nT,W)	28	Satisfatório

Síntese:

ANEXO 5 - Folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, de acordo com o REH (Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto), ITeCons (situação do edifício com propostas de melhoria)

---



*Introdução de dados (Folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, da ITeCons, de acordo com o REH (Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto))*

**Caracterização da Fração**

Edifício existente						
<b>Edifício/FA situada no município</b>	VILA NOVA DE GAIA		<b>Região NUTS III</b>	Grande Porto	<b>Região</b>	A
<b>Altitude do local</b>	141,9	m	<b>Distância à costa</b>	superior a 5km	<b>Rugosidade</b>	II
<b>Edifício situado</b>	na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural					
<b>Área útil de Pavimento</b>	126,15		<b>Pé-direito médio</b>	2,60	<b>ROADMAP</b>	2016
<b>Tipologia</b>	T3		<b>Classe de Inércia Térmica do Edifício</b>	Forte		

**Sistemas**

<b>O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?</b>	Não
<b>Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica <math>\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}</math>?</b>	Sim
<b>Os chuveiros ou sistemas de duche da fracção possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?</b>	Não

<sup>(1)</sup> caso o edifício se encontre abrangido pela rede urbana CLIMAESPAÇO devem ser considerados os sistemas por defeito.

<b>AQUECIMENTO</b>	<b>Tipo de Equipamento <sup>(1)</sup></b>	<b>Fonte de energia associada</b>	<b>Existe informação?</b>	<b>Eficiência Nominal</b>	<b>Fracção servida</b>	<b>Idade do Sistema</b>	<b>Eficiência Base</b>	<b>Eficiência Corrigida</b>
<b>Designação do Sistema</b>					<b>%</b>			
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
	Sistema por defeito	Electricidade		1	100	Novo		1

<b>ARREFECIMENTO</b>	<b>Tipo de Equipamento <sup>(1)</sup></b>	<b>Fonte de energia associada</b>	<b>Existe informação?</b>	<b>Eficiência Nominal</b>	<b>Fracção servida</b>	<b>Idade do Sistema</b>	<b>Eficiência Base</b>	<b>Eficiência Corrigida</b>
<b>Designação do Sistema</b>					<b>%</b>			
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
	Sistema por defeito	Electricidade		3,00	100	Novo		3,00



**VENTILAÇÃO (EFECTUAR CÁLCULO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA PELO LNEC DESIGNADA " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS"**

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,4 h <sup>-1</sup>
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$	0,6h <sup>-1</sup>
Existe sistema de ventilação mecânica em funcionamento contínuo?	Não

**Envolvente Exterior**

<sup>(i)</sup> A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se  $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

<sup>(ii)</sup> A face interior do revestimento exterior é de baixa emissividade se  $\epsilon \leq 0.2$

PAREDES EXTERIORES	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação <sup>(i)</sup>	Emissividade <sup>(ii)</sup>	Área	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	sombreamento na est. de arrefecimento	U	U <sub>REF</sub>
Descrição						m <sup>2</sup>	°	°	°		W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Parede do Quarto 1	Norte	Clara	Não	Fracamente	Baixa	6,98					0,32	0,35
Parede do Vestíbulo	Norte	Clara	Não			3,37					0,32	0,35
Parede das Salas de estar/jantar	Norte	Clara	Não			11,77					0,32	0,35
Parede da Cozinha	Norte	Clara	Não			0,79					0,33	0,35
												-
Parede do Quarto 1	Este	Clara	Não			10,60	14				0,32	0,35
Parede do Quarto de banho	Este	Clara	Não			3,46	14				0,33	0,35
Parede do Quarto 2	Este	Clara	Não			7,92	14				0,32	0,35

PAREDES EXTERIORES (cont.)	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação (I)	Emissividade (II)	Área	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	sombreamento na est. de arrefecimento	U	U <sub>REF</sub>
											W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Descrição						m <sup>2</sup>	°	°	°			
Parede do Quarto 2	Sul	Clara	Não			6,75	18				0,32	0,35
Parede do Quarto 3	Sul	Clara	Não			5,82	18				0,32	0,35
Parede do Quarto de banho privativo	Sul	Clara	Não			3,13	18				0,33	0,35
												-
Parede da Sala	Oeste	Clara	Não			7,21	16				0,32	0,35
Parede da Cozinha	Oeste	Clara	Não			7,56	17				0,33	0,35
												-
Parede do Quarto 1 (PTP)	Norte	Clara	Não			1,44					0,39	0,35
Parede do Vestíbulo (PTP)	Norte	Clara	Não			0,77					0,39	0,35
Parede das Salas de estar/jantar (PTP)	Norte	Clara	Não			2,96					0,39	0,35
Parede da Cozinha (PTP)	Norte	Clara	Não			0,41					0,39	0,35
												-
Parede do Quarto 1 (PTP)	Este	Clara	Não			1,23	14				0,39	0,35
Parede do Quarto de banho (PTP)	Este	Clara	Não			1,32	14				0,39	0,35
Parede do Quarto 2 (PTP)	Este	Clara	Não			0,92	14				0,39	0,35
												-
Parede do Quarto 2 (PTP)	Sul	Clara	Não			1,41	18				0,39	0,35
Parede do Quarto 3 (PTP)	Sul	Clara	Não			2,12	18				0,39	0,35
Parede do Quarto de banho privativo (PTP)	Sul	Clara	Não			0,50	18				0,39	0,35
												-
Parede da Sala (PTP)	Oeste	Clara	Não			1,47	16				0,39	0,35
Parede da Cozinha (PTP)	Oeste	Clara	Não			1,51	17				0,39	0,35

VÃO ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Orientação	Área	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Tipo de vidro	Obstrução do Horizonte $\alpha_h$	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	$U_{wdn}$	$U_{REF}$
Descrição		m <sup>2</sup>			°	°	°	°	W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Janela do Quarto 1	Norte	1,98	Não	Duplo	20				2,00	2,40
Envidraçado do Vestíbulo	Norte	0,80	Não	Duplo	20				2,60	2,40
Envidraçado da Sala de estar/jantar	Norte	3,60	Não	Duplo	20				2,00	2,40
Porta da Cozinha	Norte	1,40	Não	Duplo	20				2,60	2,40
										-
Janela do Quarto de banho	Este	0,40	Não	Duplo	20	15			2,60	2,40
										-
Janela do Quarto 2	Sul	1,98	Não	Duplo	20	23			2,00	2,40
Janela do Quarto 3	Sul	1,98	Não	Duplo	20	23			2,00	2,40
Janela do Quarto de banho privativo	Sul	0,40	Não	Duplo	20	25			2,60	2,40
										-
Janela da Sala	Oeste	1,98	Não	Duplo	20	22			2,00	2,40
Janela da Cozinha	Oeste	1,98	Não	Duplo	20	19			2,00	2,40

<sup>(III)</sup> Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão.

<sup>(IV)</sup> Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

<sup>(V)</sup> Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

VÃO ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Classe da Caixilharia	Permeabilidade da Caixa de Estore	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Solar do vidro <sup>(III)</sup> $g_{Lvi}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis <sup>(IV)</sup> $g_{LT}$	FS Global Prot. Perm. <sup>(V)</sup> $g_{LTP}$	FS de Inverno $g_i$	FS de Verão $g_v$	FS de Verão de Referência $g_{v REF}$
Janela do Quarto 1	2	Não tem	0,57	0,5	0,04	0,43	0,43	0,43	0,40
Envidraçado do Vestíbulo	2	Não tem	0,57	0,5	0,5	0,5	0,45	0,40	
Envidraçado da Sala de estar/jantar	2	Não tem	0,57	0,5	0,04	0,43	0,43	0,43	
Porta da Cozinha	2	Não tem	0,57	0,5	0,5	0,5	0,45	0,40	
							-	-	
Janela do Quarto de banho	2	Não tem	0,57	0,5	0,5	0,5	0,45	0,43	
							-	-	
Janela do Quarto 2	2	Não tem	0,57	0,5	0,04	0,40	0,40	0,18	
Janela do Quarto 3	2	Não tem	0,57	0,5	0,04	0,40	0,40	0,18	
Janela do Quarto de banho privativo	2	Não tem	0,57	0,5	0,5	0,5	0,45	0,38	
							-	-	
Janela da Sala	2	Não tem	0,57	0,5	0,04	0,45	0,45	0,20	
Janela da Cozinha	2	Não tem	0,57	0,5	0,04	0,45	0,45	0,20	



### ***Pontes térmicas lineares (envolvente exterior)***

<sup>(viii)</sup> Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear  $\Psi$  apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	Comp. B <sup>(viii)</sup>	Cálculo de acordo com?	$\Psi$ calculado	Informações adicionais			Sistema de isolamento nas paredes	$\Psi$	$\Psi_{REF}$
	m		W/m.°C					W/m.°C	W/m.°C
Fach. com pavimentos térreos	25,25	Valores Tabelados		-	-		Exterior	0,70	0,5
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	17,05	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o pavimento?	Sobre		Exterior	0,50	0,5
Fachada com cobertura	42,30	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o cobertura?	Sobre		Exterior	0,80	0,5
Duas paredes verticais em ângulo saliente	21,60	Valores Tabelados		-			Exterior	0,40	0,4
Fachada com caixilharia	59,50	Valores Tabelados		Isol. contacta com a caixilharia?	Contacta		Exterior	0,10	0,2

### Definição da envolvente interior

<sup>(IX)</sup> Ventilação fraca do espaço não útil se este tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas e ventilação forte do espaço não útil se este é permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do $b_{tr}$ de acordo com a norma 13789?	$b_{tr}$ calculado	$A_i/A_u$	Volume do ENU $m^3$	Ventilação <sup>(IX)</sup>	$b_{tr}$
Edifício Adjacente	Não		-	-	-	0,60
Desvão de cobertura	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$V > 200$	Forte	1,00
Garagem	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$50 < V \leq 200$	Forte	0,90
Varanda/Lavandaria	Não		$0.5 \leq A_i/A_u < 1$	$V \leq 50$	Forte	0,90

### Envolvente interior

PAREDES INTERIORES	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área	U	$U_{REF}$
Descrição		$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
Parede da Cozinha	Varanda/Lavandaria	9,67	0,33	0,35
Parede do Quarto de banho privativo	Varanda/Lavandaria	2,33	0,33	0,35
				-
Parede da Cozinha (PTP - padieira da porta para ENU varanda)	Varanda/Lavandaria	0,18	0,39	0,35

PAVIMENTOS INTERIORES	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área	$U_{descendente}$	$U_{REF}$
Descrição		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Pavimento em zona de quartos	Garagem	30,49	0,52	0,30
Pavimento nas restantes zonas	Garagem	28,35	0,53	0,30

<sup>(X)</sup> A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se  $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  e considera-se fracamente ventilada se  $500 \text{ mm}^2/\text{m}^2 > A \leq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ ; <sup>(XI)</sup> baixa emissividade se  $\epsilon \leq 0.2$

**CAMPOS A PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO**

COBERTURAS INTERIORES	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área da cob. interior	$U_{ascendente}$	Área da cob. interior	Cor da cob. Exterior	Grau de ventilação <sup>(X)</sup>	Emissividade <sup>(XI)</sup>	$U_{descendente}$	$U_{REF}$
Descrição		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	m <sup>2</sup>				W/m <sup>2</sup> .°C	W/m <sup>2</sup> .°C
Tetos	Desvão de cobertura	126,15	0,19	126,15	Clara	Fortemente	Normal	0,19	0,30

<sup>(xii)</sup> Na ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO considera-se que os elementos opacos da envolvente exterior do ENU causam sombreamento ao vão interior; <sup>(xiii)</sup> Na ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO assume-se que a envolvente exterior do ENU não provoca sombreamento ao vão interior.

VÃOS ENVIDRAÇADOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Orientação	Área	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Tipo de vidro	ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (xii)				ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (xiii)		
					Obstrução do Horizonte $\alpha_h$	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$
Descrição		m <sup>2</sup>			°	°	°	°	°	°	°
Porta da Cozinha	Sul	1,8	Não	Duplo	20	67	55	0	67	55	0

VÃOS ENVIDRAÇADOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Vão interior em contacto c/ ENU					Vão exterior do ENU			$U_{REF}$
		Factor Solar do vidro $g_{\perp vi, int}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis $g_{\perp T, int}$	FS Global Prot. Perm. $g_{Tp, int}$	Fracção Envidraçada $F_{g, int, int}$	$U_{wdn}$ W/m <sup>2</sup> .°C	Factor Solar do vidro $g_{\perp vi, ENU}$	FS Global Prot. Perm. $g_{Tp, ENU}$	Fracção Envidraçada $F_{g, ENU}$	
Descrição										
Porta da Cozinha	Varanda/La vandaria	0,50	0,50	0,50	0,57	2,60	0,85	0,85	0,70	2,40

<sup>(XIV)</sup> Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear  $\Psi$  apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Comprimento B <sup>(XIV)</sup>	Cálculo de acordo com?	$\Psi$ calculado	Informações adicionais			Sistema de isolamento nas paredes	$\Psi$	$\Psi_{REF}$
		m		W/m.°C					W/m.°C	W/m.°C
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	Garagem	6,60	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o pavimento?	Sobre		Exterior	0,50	0,5
Fachada com caixilharia	Varanda/Lavandaria	4,90	Valores Tabelados	0,30	Isol. contacta com a caixilharia?	Contacta		Exterior	0,10	0,2
Fachada com cobertura	Desvão de cobertura	6,60	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o cobertura?	Sobre	s/ tecto falso	Exterior	0,80	0,5











COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
Tetos	126,15	0,19	1,00	23,72
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				23,72
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
Porta da Cozinha	1,80	2,60	0,90	4,21
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				4,21
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub> W/°C
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	6,60	0,50	0,90	2,97
Fachada com caixilharia	4,90	0,10	0,90	0,44
Fachada com cobertura	6,60	0,80	1,00	5,28
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				8,69

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior  $H_{int}$   W/°C

**A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	$U_{bw}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A. $U_{bw}$ W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m <sup>2</sup>	$U_{df}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A. $U_{df}$ W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem</i>	Área m <sup>2</sup>	$U_f$ W/m <sup>2</sup> .°C	A. $U_f$ W/°C
Pavimento sobre solo do Quarto 1	17,02	0,34	5,86
Pavimento sobre solo das restantes zonas	48,45	0,30	14,57
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			20,43

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo  $H_{ecs}$   W/°C

**A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu} + H_{adj}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C

**A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C











Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior  $H_{int}$   W/°C

**A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m	$U_{bw}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m	$U_{bf}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bf</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z≤0) com ou sem isolamentos</i>	Área m	$U_f$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C
Pavimento sobre solo do Quarto 1	17,02	0,50	8,51
Pavimento sobre solo das restantes zonas	48,45	0,50	24,23
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>32,74</b>

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C

**A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{ent REF} + H_{adj REF}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

**A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{ent REF}$   W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

## Folha de Cálculo B

### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

#### B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} & \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d & \boxed{131,20} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} & \boxed{0,40} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{2,60} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} & \boxed{44,61} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} & \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d & \boxed{196,79} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} & \boxed{0,60} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{2,60} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} & \boxed{66,91} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

### B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i REF} = \frac{0,34}{0,40} h^{-1} \\ & \text{Área útil de pavimento } A_d = \frac{126,15}{2,60} m^2 \\ & \text{Pé direito médio da fração } P_d = \frac{2,60}{44,61} m \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i REF} = 44,61 W/^{\circ}C \end{aligned}$$



Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\beta_i \cdot \beta_{i,ENU}$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,i} = F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot \beta_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
Porta da Cozinha	Sul	0,34	1,80	0,34	0,40	0,08	1,00	0,08
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{\perp,vid}$  afectado do factor de seletividade angular  $F_{w,i}$ .

TOTAL

0,08

Área efectiva total equivalente na orientação a Sul  m<sup>2</sup>

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

Duração da estação de aquecimento M  meses

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

$\times$   
0,182

$\times$   
0,2

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano







Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada  $\frac{819,45}{+}$  kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca  $\frac{408,25}{=}$  kWh/ano  
 =  
 Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,v}$   $\frac{1227,69}{=}$  kWh/ano

**D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS**

Ganhos internos brutos  $Q_{int,v}$   $\frac{1477,47}{+}$  kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos  $Q_{sol,v}$   $\frac{1227,69}{=}$  kWh/ano  
 =  
 Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   $\frac{2705,16}{=}$  kWh/ano

**D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA**

Ganhos internos médios  $q_{int}$   $\frac{4}{x}$  W/m<sup>2</sup>  
 Duração da Estação de Arrefecimento  $L_v$   $\frac{2928}{\div}$  horas  
 1000  
 +  
 factor solar de verão de referência  $g_{v,REF}$   $\frac{0,43}{x}$   
 +  
 Área útil de Pavimento  $A_p$   $\frac{126,15}{=}$  m<sup>2</sup>  
 Radiação solar média de referência  $I_{sol,REF}$   $\frac{490}{=}$  kWh/m<sup>2</sup>.ano  
 =  
 53,85 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
 +  
 Área útil de Pavimento  $A_p$   $\frac{126,15}{=}$  m<sup>2</sup>  
 =  
 Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,REF}$   $\frac{6793,43}{=}$  kWh/ano

## Folha de Cálculo E

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 228,70 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad + \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 44,61 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 273,30 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1.327 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 228,70 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 7.281,53 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1.327 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 44,61 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 1.420,25 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Forte}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{3748,43} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} & \quad \boxed{8701,78} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{parâmetro } \gamma_i \quad \boxed{0,43} \\ & \text{parâmetro } a_i \quad \boxed{4,20} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad \boxed{0,98} \\ & \times \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{3748,43} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i} \quad \boxed{3685,56} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{7281,53} \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{1420,25} \text{ kWh/ano} \\ & - \\ & \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i} \quad \boxed{3685,56} \text{ kWh/ano} \\ & \text{(folha de cálculo 1.4)} \\ & = \\ & \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad \boxed{5016,22} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & = \\ & \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{ic} \quad \boxed{39,76} \text{ kWh/m}^2\text{.ano} \end{aligned}$$

## LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

### E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad \boxed{235,78} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad + \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad \boxed{44,61} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad = \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad \boxed{280,39} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

### E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & \quad \quad \quad 0,024 \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.327} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad \boxed{235,78} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \quad \quad = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad \boxed{7507,10} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

### E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & \quad \quad \quad 0,024 \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.327} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad \boxed{44,61} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \quad \quad = \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad \boxed{1420,25} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

## E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i \text{ REF}} & 0,6 \\ & \times \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i \text{ REF}} & \boxed{2884,28} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i \text{ REF}} & \boxed{1730,57} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

## E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i \text{ REF}} & \boxed{7507,10} \text{ kWh/ano} \\ & + \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i \text{ REF}} & \boxed{1420,25} \text{ kWh/ano} \\ & - \\ \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i \text{ REF}} & \boxed{1.730,57} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} & \boxed{7196,78} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & = \\ \text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_i & \boxed{57,05} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

## Folha de Cálculo F

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

#### F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 228,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 66,91 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 295,61 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 228,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\ & \quad \div \\ & \quad 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 2.745,45 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 66,91 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\ & \quad \div \\ & \quad 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 803,24 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Forte}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{2705,16} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{ve,v} \quad \boxed{3548,69} \text{ kWh/ano} \\ & \quad = \\ & \text{parâmetro } \gamma_v \quad \boxed{0,76} \\ & \text{parâmetro } a_v \quad \boxed{4,20} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \quad \boxed{0,90} \end{aligned}$$

#### F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,10} \\ & \quad \times \\ & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \quad \boxed{2705,16} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ & \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{vc} \quad \boxed{2,16} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

## F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

## F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_{v, REF}) \quad \boxed{0,17} \\ & \quad \times \\ \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v, REF} & \quad \boxed{6793,43} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v & \quad \boxed{9,13} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		39,76	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	5016,22	99,41
						TOTAL	5016,22	99,41

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		2,16	-	0	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	0,00	0,00

### G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

#### CONSUMO DE AQS

$$\begin{aligned}
 & 40 \\
 & \times \\
 \text{n}^\circ \text{ convencional de ocupantes de cada fracção n} & \boxed{4} \text{ ocupantes} \\
 & \times \\
 \text{factor de eficiência hídrica} & \boxed{1} \\
 = \\
 \text{consumo médio diário de referência MAQS} & \boxed{160} \text{ l}
 \end{aligned}$$

#### Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{aligned}
 & \text{consumo médio diário de referência } M_{\text{AQS}} \boxed{160} \text{ l} \\
 & \times \\
 & 4187 \\
 & \times \\
 \text{aumento de temperatura } \Delta T & \boxed{35} \text{ }^\circ\text{C} \\
 & \times \\
 \text{n}^\circ \text{ de dias de consumo} & \boxed{365} \text{ dias} \\
 & \div \\
 & 3600000 \\
 & \div \\
 A_p & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\
 = \\
 \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_a/A_p & \boxed{18,84} \text{ kWh/m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{\text{pua}}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f.\delta.Q_a/\eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia primária $f.\delta.Q_a/A_p.F_{\text{pua}}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Cilindro elétrico	Electricidade	18,84	1,00	1	0,86	2,5	2780,45	55,10
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	2780,45	55,10

#### G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

$$\begin{aligned}
 &\text{Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica } W_{vm} \quad \boxed{0} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de Pavimento } A_p \quad \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Factor de Conversão } F_{pu} \quad \boxed{2,5} \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação} \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

#### G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
			TOTAL	0,00

#### G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Energia primária para aquecimento} \quad \boxed{99,41} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Energia primária para arrefecimento} \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Energia primária para a preparação de AQS} \quad \boxed{55,10} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica} \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad - \\
 &\text{Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável} \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades nominais anuais globais de energia primária } N_{tc} \quad \boxed{154,51} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i REF}$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		57,05	-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	142,62
					TOTAL	142,62

**G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v REF}$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		9,13	-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	7,61
					TOTAL	7,61

**G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 & 40 \\
 & \times \\
 \text{n}^\circ \text{ convencional de ocupantes de cada fracção n} & \boxed{4} \text{ ocupantes} \\
 & \times \\
 \text{factor de eficiência hídrica} & \boxed{1} \\
 = \\
 \text{consumo médio diário de referência MAQS} & \boxed{160} \text{ l}
 \end{aligned}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{aligned}
 \text{consumo médio diário de referência } M_{AQS} & \boxed{160} \text{ l} \\
 & \times \\
 & 4187 \\
 & \times \\
 \text{aumento de temperatura } \Delta T & \boxed{35} \text{ }^\circ\text{C} \\
 & \times \\
 \text{n}^\circ \text{ de dias de consumo} & \boxed{365} \text{ dias} \\
 & \div \\
 & 3600000 \\
 & \div \\
 A_p & \boxed{126,15} \text{ m}^2 \\
 = \\
 \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_a/A_p & \boxed{18,84} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{aREF}$	Factor de Conversão $F_{puo}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a/A_p \cdot F_{puo}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Cilindro elétrico	Electricidade	18,84	1,00	0,95	2,5	49,59
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0,95	2,5	0,00
					TOTAL	49,59

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento	142,62	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	7,61	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	49,59	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>t</sub>	199,83	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

## ANEXO 6 - Análise económica das medidas de melhoria

---

Folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, de acordo com o REH (Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto), ITeCons (situação do edifício com propostas de melhoria)



ANÁLISE ECONÓMICA  
DE  
MEDIDAS DE MELHORIA

	€/kWh	kgCO <sub>2</sub> /kWh	F <sub>pu</sub>
Electricidade	0,17	0,144	2,5
Gasóleo	0,096	0,267	1
Gás Natural	0,09	0,202	1
GPL (canalizado)	0,156	0,170	1
GPL (garrafas)	0,151	0,170	1
Biomassa (Não Renovável)	0,05	0,000	1
Biomassa	0,05	0,000	1
Chamaespago	-	-	-
Renovável Térmica	0	0	1
Renovável Eléctrica	0	0	2,5

SITUAÇÃO INICIAL

Identificação do Imóvel / Processo de Certificação			
Área útil de Pavimento, A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	126,15	N <sub>h</sub> (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	52,63
		N <sub>h</sub> (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	202,39
Classe de Desempenho Energético	F	Custos Anuais Globais de Energia útil (€/ano)	4740,60
		Emissões de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /ano)	10,04

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

AQUECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	N <sub>h</sub> kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	f <sub>i</sub>	δ	η <sub>s</sub>	F <sub>puv</sub> kWh <sub>tep</sub> /kWh	f <sub>i</sub> .δ.N <sub>h</sub> .F <sub>puv</sub> /η <sub>s</sub> (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
		199,01	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1,00	2,5	497,53	0,17 €/kWh	33,83 €/m <sup>2</sup>	4267,92 €	0,144
									TOTAL	4267,92 €	

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

ARREFECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	N <sub>h</sub> kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	f <sub>i</sub>	δ	η <sub>s</sub>	F <sub>puv</sub> kWh <sub>tep</sub> /kWh	f <sub>i</sub> .δ.N <sub>h</sub> .F <sub>puv</sub> /η <sub>s</sub> (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
		3,04	-	0	-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
									TOTAL	0,00 €	

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AGS

AQS Designação do Sistema	Fonte de Energia	Q <sub>d</sub> /A <sub>s</sub> kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	f <sub>i</sub>	δ	η <sub>s</sub>	F <sub>puv</sub> kWh <sub>tep</sub> /kWh	f <sub>i</sub> .δ.(Q <sub>d</sub> /A <sub>s</sub> ).F <sub>puv</sub> /η <sub>s</sub> (kWh <sub>tep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Cilindro eléctrico	Electricidade		1,00		0,86	2,5	55,10	0,17 €/kWh	3,75 €/m <sup>2</sup>	472,68 €	0,144
		18,84	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
									TOTAL	472,68 €	

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W <sub>em</sub>	0	kWh/ano	Custo Electricidade (€/kWh)	0,17	Custos Anuais (€)	0,00 €	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0,144
---	---	---------	-----------------------------	------	-------------------	--------	---	-------

**MEDIDA DE MELHORIA 1**

Medida Considerada no Recálculo da Classe de Desempenho Energético?

Sim

Prete que o custo de investimento associado a esta medida de melhoria seja contabilizado na avaliação do Impacto das Medidas de Melhoria?

Sim

Medida Associada a:

0

Descrição Sucinta da Medida Proposta:

Descrição Detalhada da Medida Proposta:

Aplicação de ETICS nas paredes exteriores

Classe de Desempenho Energético	E	Novo $N_{e,EP}$ (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	477,81	Novo $N_{e,EP}$ (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	202,39
Custo de Investimento (€)	17655,92	Custos Anuais Globais de Energia útil (€/ano)	4088,71	Emissões de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /ano)	8,68
Redução Anual da Factura Energética (€/ano)	641,88			Redução das Emissões de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /ano)	1,36

**G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO**

AQUECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{e,EP}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$\xi$	$\delta$	$\eta$	$F_{req}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	$\xi_e \cdot N_{e,EP} \cdot F_{req} / \eta$ (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Sistema por defeito	Electricidade	169,08	1,00	1	1,00	2,5	422,70	0,17 €/kWh	28,74 €/m <sup>2</sup>	3626,04 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>3626,04 €</b>	

**G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO**

ARREFECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{e,EP}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$\xi$	$\delta$	$\eta$	$F_{req}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	$\xi_e \cdot N_{e,EP} \cdot F_{req} / \eta$ (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Sistema por defeito	Electricidade	3,23	1,00	0	3	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>0,00 €</b>	

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

AQS Designação do Sistema	Fonte de Energia	$Q_d/A_d$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$\xi$	$\delta$	$\eta$	$F_{req}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	$\xi_e \cdot \delta \cdot (Q_d/A_d) \cdot F_{req} / \eta$ (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Cilindro eléctrico	Electricidade	18,84	1	0,86	0,86	2,5	55,10	0,17 €/kWh	3,75 €/m <sup>2</sup>	472,68 €	0,144
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>472,68 €</b>	

**G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	0	kWh/ano	Custo Electricidade (€/kWh)	0,17	Custos Anuais (€)	0,00 €	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0,144
--	---	---------	-----------------------------	------	-------------------	--------	---	-------

**MEDIDA DE MELHORIA 2**

Medida Considerada no Recálculo da Classe de Desempenho Energético?

Sim

Pretende que o custo de investimento associado a esta medida de melhoria seja contabilizado na avaliação do Impacto das Medidas de Melhoria?

Sim

Medida Associada a:

0

Descrição Sucinta da Medida Proposta:

Descrição Detalhada da Medida Proposta:

Aplicação de isolamento sobre os pavimentos

Classe de Desempenho Energético	D	Novo $N_e$ ( $\text{kWh}_{\text{EP}}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	386,25	Novo $N_e$ ( $\text{kWh}_{\text{EP}}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	199,94
Custo de Investimento Estimado (€)	6036,35	Custos Anuais Globais de Energia útil (€/ano)	3313,33	Emissões de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /ano)	7,02
Redução Anual da Fatura Energética (€/ano)	1427,27			Redução das Emissões de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /ano)	3,02

**G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO**

AQUECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_e$ ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	$f_e$	$\delta$	$\eta_e$	$F_{\text{útil}}$ ( $\text{kWh}_{\text{EP}}/\text{kWh}$ )	$f_e \cdot \delta \cdot N_e \cdot F_{\text{útil}} / \eta_e$ ( $\text{kWh}_{\text{EP}}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Sistema por defeito	Electricidade	132,46	1,00	1,00	1,00	2,5	331,15	0,17 €/kWh	22,52 €/m <sup>2</sup>	2840,65 €	0,144
TOTAL										2840,65 €	

**G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO**

ARREFECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_e$ ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	$f_e$	$\delta$	$\eta_e$	$F_{\text{útil}}$ ( $\text{kWh}_{\text{EP}}/\text{kWh}$ )	$f_e \cdot \delta \cdot N_e \cdot F_{\text{útil}} / \eta_e$ ( $\text{kWh}_{\text{EP}}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Sistema por defeito	Electricidade	5,41	1,00	0	3	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
TOTAL										0,00 €	

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQ5**

AQS Designação do Sistema	Fonte de Energia	$Q_p/A_p$ ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	$f_e$	$\delta$	$\eta_e$	$F_{\text{útil}}$ ( $\text{kWh}_{\text{EP}}/\text{kWh}$ )	$f_e \cdot \delta \cdot (Q_p/A_p) \cdot F_{\text{útil}} / \eta_e$ ( $\text{kWh}_{\text{EP}}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Cilindro elétrico	Electricidade	18,84	1	1	0,86	2,5	55,10	0,17 €/kWh	3,75 €/m <sup>2</sup>	472,88 €	0,144
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
TOTAL										472,88 €	

**G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica  $W_{\text{vm}}$

0

kWh/ano

Custo Electricidade (€/kWh)	0,17
-----------------------------	------

Custos Anuais (€)	0,00 €
-------------------	--------

Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0,144
---	-------

**MEDIDA DE MELHORIA 3**

Medida Considerada no Recálculo da Classe de Desempenho Energético?

Sim

Pretende que o custo de investimento associado a esta medida de melhoria seja contabilizado na avaliação do Impacto das Medidas de Melhoria?

Sim

Medida Associada a:

0

Descrição Sucinta da Medida Proposta:

Descrição Detalhada da Medida Proposta:

Colocação de manta de lã mineral natural sobre laje de esteira do desvão de cobertura

Classe de Desempenho Energético

B-

Novo  $N_{E,util}$

( $kWh_{E,util}/(m^2 \cdot ano)$ )

154,73

Novo  $N_E$

( $kWh_{E,EP}/(m^2 \cdot ano)$ )

199,83

Custo de Investimento Estimado (€)

1831,7

Custos Anuais Globais de Energia útil (€/ano)

1327,33

Emissões de CO<sub>2</sub> (tonCO<sub>2</sub>/ano)

2,81

Redução Anual da Factura Energética (€/ano)

3413,27

Redução das Emissões de CO<sub>2</sub> (tonCO<sub>2</sub>/ano)

7,23

**G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO**

AQUECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{E,util}$ kWh/(m <sup>2</sup> ·ano)	$\eta_s$	$\delta$	$\eta_{ts}$	$F_{E,util}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	$\eta_s \cdot \delta \cdot N_{E,util} / \eta_{ts}$ (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> ·ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
		39,85	-	1	-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1,00	2,5	99,63	0,17 €/kWh	6,77 €/m <sup>2</sup>	854,65 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>854,65 €</b>	

**G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO**

ARREFECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{E,util}$ kWh/(m <sup>2</sup> ·ano)	$\eta_s$	$\delta$	$\eta_{ts}$	$F_{E,util}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	$\eta_s \cdot \delta \cdot N_{E,util} / \eta_{ts}$ (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> ·ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
		3,50	-	0	-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>0,00 €</b>	

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

AQS Designação do Sistema	Fonte de Energia	$Q_{u,EP}$ kWh/(m <sup>2</sup> ·ano)	$\eta_s$	$\delta$	$\eta_{ts}$	$F_{E,util}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	$\eta_s \cdot \delta \cdot (Q_{u,EP}) / \eta_{ts}$ (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> ·ano))	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
		18,84	-	1	-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>472,68 €</b>	

**G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vent}$	0	kWh/ano	Custo Electricidade (€/kWh)	0,17	Custos Anuais (€)	0,00 €	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0,144
--	---	---------	-----------------------------	------	-------------------	--------	---	-------

**MEDIDA DE MELHORIA 4**

Medida Considerada no Recálculo da Classe de Desempenho Energético?

Sim

Pretende que o custo de investimento associado a esta medida de melhoria seja contabilizado na avaliação do Impacto das Medidas de Melhoria?

Sim

Medida Associada a:

0

Descrição Sucinta da Medida Proposta:

Descrição Detalhada da Medida Proposta:

Substituição de vidros simples por vidros duplos das caixilharias

Classe de Desempenho Energético

B-

Novo  $N_{E,EP}$   
( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )

154,51

Novo  $N_{E,EP}$   
( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )

199,83

Custo de Investimento Estimado  
(€)

1861,89

Custos Anuais Globais de Energia útil  
(€/ano)

1325,43

Emissões de  $\text{CO}_2$   
( $\text{tonCO}_2/\text{ano}$ )

2,81

Redução Anual da Factura Energética  
(€/ano)

3415,16

Redução das Emissões de  $\text{CO}_2$   
( $\text{tonCO}_2/\text{ano}$ )

7,23

**G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO**

AQUECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{E,EP}$ ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	$f_e$	$\delta$	$\eta_e$	$F_{util}$ ( $\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$ )	$f_e \cdot \delta \cdot N_{E,EP} / \eta_e$ ( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de $\text{CO}_2$ ( $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ )
		39,76		1							
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1,00	2,5	99,41	0,17 €/kWh	6,76 €/m <sup>2</sup>	852,76 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>852,76 €</b>	

**G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO**

ARREFECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_{E,EP}$ ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	$f_e$	$\delta$	$\eta_e$	$F_{util}$ ( $\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$ )	$f_e \cdot \delta \cdot N_{E,EP} / \eta_e$ ( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de $\text{CO}_2$ ( $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ )
		2,16		0							
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>0,00 €</b>	

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

AQS Designação do Sistema	Fonte de Energia	$Q_{u,AQS}$ ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	$f_e$	$\delta$	$\eta_e$	$F_{util}$ ( $\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$ )	$f_e \cdot \delta \cdot (Q_{u,AQS}) / \eta_e$ ( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de $\text{CO}_2$ ( $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ )
Cilindro elétrico	Electricidade		1		0,86	2,5	55,10	0,17 €/kWh	3,75 €/m <sup>2</sup>	472,88 €	0,144
		18,84		1							
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>472,88 €</b>	

**G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

<p>Medida Associada a:</p> <p>0</p>	<p>Descrição Sucinta da Medida Proposta:</p>	<p>Custo Electricidade (€/kWh)</p> <p>0,17</p>	<p>Custos Anuais (€)</p> <p>0,00 €</p>	<p>Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de <math>\text{CO}_2</math> (<math>\text{kgCO}_2/\text{kWh}</math>)</p> <p>0,144</p>
-------------------------------------	--	--	--	---

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica  $W_{vm}$

0

kWh/ano

**IMPACTO DAS MEDIDAS DE MELHORIA CONSIDERADAS NO RECÁLCULO DA CLASSE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**

Classe de Desempenho Energético	B-	Novo $N_e$ ( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	154,51	Novo $N_e$ ( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	199,83
Custo Total Estimado de Investimento (€)	27385,86	Custos Anuais Globais de Energia útil (€)	1325,43	Emissões de $\text{CO}_2$ ( $\text{tonCO}_2/\text{ano}$ )	2,81
Poupança Total na Factura Energética (€/ano)	3415,16			Redução Total das Emissões de $\text{CO}_2$ ( $\text{tonCO}_2/\text{ano}$ )	7,23

**G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO**

AQUECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_e$ ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	$f_s$	$\delta$	$\eta$	$F_{p,EP}$ ( $\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$ )	$f_s \cdot \delta \cdot N_e \cdot F_{p,EP} / \eta$ ( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de $\text{CO}_2$ ( $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ )
		39,76		1							
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1,00	2,5	99,41	0,17 €/kWh	6,76 €/m <sup>2</sup>	852,76 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>852,76 €</b>	

**G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO**

ARREFECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de Energia	$N_e$ ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	$f_s$	$\delta$	$\eta$	$F_{p,EP}$ ( $\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$ )	$f_s \cdot \delta \cdot N_e \cdot F_{p,EP} / \eta$ ( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de $\text{CO}_2$ ( $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ )
		2,16		0							
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>0,00 €</b>	

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQ3**

AQ3 Designação do Sistema	Fonte de Energia	$Q_u/A_u$ ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	$f_s$	$\delta$	$\eta$	$F_{p,EP}$ ( $\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$ )	$f_s \cdot \delta \cdot (Q_u/A_u) \cdot F_{p,EP} / \eta$ ( $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ )	Custo por vector energético (€/kWh)	Custos Anuais de energia útil (€/m <sup>2</sup> )	Custos Anuais (€)	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de $\text{CO}_2$ ( $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ )
Cilindro eléctrico	Electricidade		1		0,86	2,5	55,10	0,17 €/kWh	3,75 €/m <sup>2</sup>	472,68 €	0,144
		18,84		1							
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,17 €/kWh	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,144
<b>TOTAL</b>										<b>472,68 €</b>	

**G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	0	kWh/ano	Custo Electricidade (€/kWh)	0,17	Custos Anuais (€)	0,00 €	Factor de Conversão de Energia Primária para Emissões de $\text{CO}_2$ ( $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ )	0,144
--	---	---------	-----------------------------	------	-------------------	--------	---	-------

**ANEXO 6. A. i - Análise económica das medidas de melhoria**

---

**Custo unitários dos trabalhos da medida de melhoria 1**



ZFF005

m<sup>2</sup>

**Preparação do paramento suporte, para isolamento térmico pelo exterior de fachada.**

Preparação do paramento suporte para isolamento térmico pelo exterior de fachada, através de **picagem de reboco ou estuque de cal e do seu emboço base**, com **meios manuais** e carga manual de entulhos para camião ou contentor e posterior revestimento com emboço **com mestras de argamassa industrial para estuque em camada fina, cor branco**, espessura **20** mm, acabamento **rugoso**, aplicado **manualmente** e armado e reforçado com malha anti-álcalis nas mudanças de material e nas testas da laje.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt28mon210v	kg	Argamassa industrial para estuque em camada fina, cor branco, composta por cimento de alta resistência, inertes seleccionados e outros aditivos, tipo CR CSIV W2, segundo EN 998-1.	16,000	0,22	3,52
mt28mon040a	m <sup>2</sup>	Rede de fibra de vidro, de 10x10 mm de vão, anti-álcalis, de 200 a 250 g/m <sup>2</sup> de massa superficial e 750 a 900 microns de espessura, com 25 kp/cm <sup>2</sup> de resistência à tracção, para armar argamassas monomassa.	0,200	2,41	0,48
mo111	h	Operário não qualificado construção.	0,883	15,10	13,33
mo038	h	Oficial de 1 <sup>a</sup> rebocador.	0,494	16,09	7,95
mo109	h	Operário especializado rebocador.	0,494	15,89	7,85
	%	Meios auxiliares	2,000	33,13	0,66
	%	Custos indirectos	3,000	33,79	1,01
				Total:	34,80

Referência e título da norma	Aplicabilidade (1)	Obrigatoriedade (2)	Sistema (3)
EN 998-1:2010 Especificação de argamassas para alvenarias - Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores	162011	162012	4

(1) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(2) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(3) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho



Isolamento pelo exterior em fachada de alvenaria para revestir formado por **painel de lã mineral natural (LMN) de altas prestações térmicas e alta resistência à compressão (30 kPa), revestido numa das suas faces com uma camada de primário, Panel ETICS FKD-S-C1 (PTP-S-035) "KNAUF INSULATION", de 80 mm de espessura, colocado com argamassa cola e fixações mecânicas**, para receber a camada de regularização e a de acabamento (não incluídas neste artigo), em sistemas compostos de isolamento pelo exterior (ETICS).

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16lki010ohn	m <sup>2</sup>	Painel de lã mineral natural (LMN) de altas prestações térmicas e alta resistência à compressão (30 kPa), revestido numa das suas faces com uma camada de primário, Panel ETICS FKD-S-C1 (PTP-S-035) "KNAUF INSULATION", de 80 mm de espessura, segundo EN 13162, resistência térmica 2,2 m <sup>2</sup> C/W, condutibilidade térmica 0,036 W/(m°C), Euroclasse A1 de reacção ao fogo, com código de designação MW-EN 13162-T5-DS(T+)-DS(TH)-CS(10)30-TR10-WS-WL(P)-MU1, de aplicação como isolante térmico e acústico em sistemas compostos de isolamento pelo exterior de fachadas. Inclusive p/p de painel ETICS FKD-U-RS-C2 (PTP-B-LB-035), com primário nas duas faces, para o revestimento de ombreiras e padieiras.	1,050	29,97	31,47
mt16aaa021a	Ud	Bucha de expansão e prego de polipropileno, com aro de estanquidade, para fixação de placas isolantes.	6,000	0,08	0,48
mt16aaa010	kg	Argamassa cola para fixação de materiais isolantes em paramentos verticais.	4,000	0,19	0,76
mo053	h	Oficial de 1 <sup>a</sup> montador de isolamentos.	0,118	16,62	1,96
mo099	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,118	15,70	1,85
	%	Meios auxiliares	2,000	36,52	0,73
	%	Custos indirectos	3,000	37,25	1,12
Custo de manutenção decenal: 0,77€ nos primeiros 10 anos.				Total:	38,37

Referência e título da norma	Aplicabilidade (1)	Obrigatoriedade (2)	Sistema (3)
EN 13162:2012 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios - Produtos manufacturados de lã mineral (MW) - Especificação Especificação	192013	192013	

(1) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(2) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(3) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho



**ANEXO 6. A. ii - Análise económica das medidas de melhoria**

---

**Custo unitários dos trabalhos da medida de melhoria 2**



**DRS040****m<sup>2</sup>****Levantamento de pavimento de madeira.****Levantamento** de pavimento existente no interior do edifício, de **parquet mosaico de réguas de madeira colocadas com adesivo**, com meios manuais e **carga manual de entulho para camião ou contentor**.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mo110	h	Operário especializado construção.	0,188	15,58	2,93
mo111	h	Operário não qualificado construção.	0,268	15,10	4,05
	%	Meios auxiliares	2,000	6,98	0,14
	%	Custos indirectos	3,000	7,12	0,21
				Total:	7,33



ZHS010

m<sup>2</sup>

**Sistema "KNAUF INSULATION"**  
de isolamento pela face superior  
do pavimento existente, em laje  
térrea.

Reabilitação energética de laje térrea, através de sistema "KNAUF INSULATION" de isolamento térmico pela face superior do pavimento existente, formado por **painel rígido de poliestireno extrudido Polyfoam C4 LJ 1250 "KNAUF INSULATION"**, de superfície lisa e bordo lateral a meia madeira, de 600x1250 mm e 50 mm de espessura, resistência à compressão  $\geq 300$  kPa; barreira de vapor de filme de polietileno de baixa densidade (LDPE) de 0,2 mm de espessura; camada de nivelção de 40 mm de espessura, de argamassa autonivelante de cimento CT - C10 - F3 segundo EN 13813, descarga com misturadora-bombeadora; e pavimento de ladrilhos cerâmicos de grés esmaltado, de 25x25 cm, 8 €/m<sup>2</sup>, assentes com cimento cola de utilização exclusiva para interiores, Ci sem nenhuma característica adicional, cor cinzento e enchimento das juntas com argamassa de juntas cimentosa, CG1, para junta mínima (entre 1,5 e 3 mm), com a mesma tonalidade das peças.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16pki010ac	m <sup>2</sup>	Painel rígido de poliestireno extrudido Polyfoam C4 LJ 1250 "KNAUF INSULATION", segundo EN 13164, de superfície lisa e bordo lateral a meia madeira, de 600x1250 mm e 50 mm de espessura, resistência térmica 1,45 m <sup>2</sup> °C/W, condutibilidade térmica 0,034 W/(m°C), 300 kPa de resistência à compressão, factor de resistência à difusão do vapor de água 150, calor específico 1400 J/kgK, Euroclasse E de reacção ao fogo; de aplicação em muros enterrados, lajes em contacto com o terreno, coberturas invertidas com tráfego pedonal e em coberturas inclinadas sob telhas colocadas sobre ripas.	1,200	6,60	7,92
mt15var010c	m <sup>2</sup>	Barreira de vapor de filme de polietileno de baixa densidade (LDPE), de 0,2 mm de espessura e 200 g/m <sup>2</sup> de massa superficial.	1,100	0,60	0,66
mt09mal010a	m <sup>3</sup>	Argamassa autonivelante CT - C10 - F3 segundo EN 13813, à base de cimento, para espessuras de 4 a 10 cm, usada em nivelção de pavimentos.	0,040	89,97	3,60
mt09mcr021a	kg	Cimento cola de utilização exclusiva para interiores, Ci, cor cinzento.	3,000	0,22	0,66
mt18bde020gal800	m <sup>2</sup>	Ladrilho cerâmico de grés esmaltado 25x25 cm, 8,00€/m <sup>2</sup> , segundo NP EN 14411.	1,050	8,00	8,40
mt09mcr060c	kg	Argamassa de juntas cimentosa, CG1, para junta mínima entre 1,5 e 3 mm, segundo EN 13888.	0,100	0,70	0,07
mq06pym010	h	Misturadora-bombeadora para argamassas e gessos projectados, de 3 m <sup>3</sup> /h.	0,018	7,96	0,14
mo019	h	Oficial de 1ª construção.	0,309	16,09	4,97
mo111	h	Operário não qualificado construção.	0,309	15,10	4,67
mo022	h	Oficial de 1ª ladrilhador.	0,494	16,09	7,95
mo059	h	Ajudante de ladrilhador.	0,247	15,70	3,88
	%	Meios auxiliares	2,000	42,92	0,86
	%	Custos indirectos	3,000	43,78	1,31
Custo de manutenção decenal: 4,46€ nos primeiros 10 anos.				Total:	45,09

Referência e título da norma	Aplicabilidade (1)	Obrigatoriedade (2)	Sistema (3)
EN 13813:2002 Revestimentos contínuos para pavimentos – Materiais – Especificações e requisitos	182003	182004	
EN 12004:2007+A1:2012 Colas para ladrilhos - Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação	142013	172013	3
EN 14411:2012 Pavimentos e revestimentos cerâmicos - Definições, classificação, características, avaliação da conformidade e marcação	172013	172014	

(1) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(2) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(3) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho



**ANEXO 6. A. iii - Análise económica das medidas de melhoria**

---

**Custo unitários dos trabalhos da medida de melhoria 3**



ZHB040

m<sup>2</sup>

**Sistema "KNAUF INSULATION"  
de isolamento de coberturas  
inclinadas sobre espaço não  
habitável.**

Sistema "KNAUF INSULATION" de isolamento pelo interior sobre espaço não habitável em coberturas inclinadas, formado por **manta de lã mineral natural (LMN), revestida numa das suas faces com uma barreira de vapor de altas prestações, constituída por alumínio e papel kraft, fornecida em rolos, Manta Alumínio (TI 312) "KNAUF INSULATION", de 200 mm de espessura.**

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16lki020fjb	m <sup>2</sup>	Manta de lã mineral natural (LMN), revestida numa das suas faces com uma barreira de vapor de altas prestações, constituída por alumínio e papel kraft, fornecida em rolos, Manta Alumínio (TI 312) "KNAUF INSULATION", de 200 mm de espessura, segundo EN 13162, resistência térmica 5 m <sup>2</sup> C/W, condutibilidade térmica 0,04 W/(m°C), Euroclasse A1 de reacção ao fogo, com código de designação MW-EN 13162-T2-Z9, de aplicação como isolante térmico e acústico entre muretes de coberturas inclinadas ou planas ventiladas, e sobre tectos falsos.	1,100	9,46	10,41
mt16aaa030	m	Fita autocolante para vedação de juntas.	1,000	0,30	0,30
mo053	h	Oficial de 1 <sup>a</sup> montador de isolamentos.	0,096	16,62	1,60
mo099	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,096	15,70	1,51
	%	Meios auxiliares	2,000	13,82	0,28
	%	Custos indirectos	3,000	14,10	0,42
Custo de manutenção decenal: 0,96€ nos primeiros 10 anos.				Total:	14,52

Referência e título da norma	Aplicabilidade (1)	Obrigatoriedade (2)	Sistema (3)
EN 13162:2012 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios - Produtos manufacturados de lã mineral (MW) - Especificação Especificação	192013	192013	

(1) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(2) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(3) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho



**ANEXO 6. A. iv - Análise económica das medidas de melhoria**

---

**Custo unitários dos trabalhos da medida de melhoria 4**



ZBV010

m<sup>2</sup>

**Substituição de vidros da caixilharia exterior por envidraçado com caixa de ar "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR".**

Reabilitação energética de vãos de fachadas, através da desmontagem do envidraçado existente na caixilharia exterior, **formado por lâmina vidro simples de 6 mm de espessura**, fixado sobre caixilharia, com meios manuais e carga manual do material desmontado para camião ou contentor, e substituição por **vidro duplo Solar.lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 6/16/6 LOW.S**, de 28 mm de espessura total, **com calços e vedação contínua**.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt21veu045wAb	m <sup>2</sup>	Vidro duplo Solar.lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior Templa.lite Solar.lite Azul de 6 mm, caixa de gás desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 16 mm, preenchida com gás árgon e vidro interior de baixa emissividade térmica LOW.S de 6 mm de espessura.	1,006	112,33	113,00
mt21sik010	Ud	Cartucho de 310 ml de silicone sintético incolor Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,47	1,43
mt21wa021	Ud	Material auxiliar para a colocação de vidros.	1,000	1,26	1,26
mo054	h	Oficial de 1 <sup>a</sup> vidraceiro.	0,521	17,37	9,05
mo108	h	Ajudante de vidraceiro.	0,521	16,95	8,83
	%	Meios auxiliares	2,000	133,57	2,67
	%	Custos indirectos	3,000	136,24	4,09
Custo de manutenção decenal: 29,47€ nos primeiros 10 anos.				Total:	140,33



**ANEXO 6. B. i - Análise económica das medidas de melhoria**

---

**Ficha técnica do isolante aplicado na medida de melhoria 1**





05/2014

## Panel ETICS FKD-S-C1 (PTP-S-035)

### Descripción del producto

Panel compacto de Lana Mineral, de altas prestaciones térmicas, con imprimación en una cara. Panel ETICS FKD-S-C1 cumple holgadamente las exigencias de las normativas EN 13500 y ETAG 004 relativas a aplicación de ETICS con Lana Mineral.

Panel ETICS FKD-S-C1 ostenta la preceptiva Declaración de Prestaciones en base al Reglamento de Productos de Construcción. Asimismo, el certificado EUCB garantiza que es un producto biosoluble y no peligroso para la salud, de acuerdo con la Directiva Europea 97/69/CE.

### Campo de aplicación

Panel FKD-S-C1 está concebido para el aislamiento termo-acústico y la protección contra incendios por su máxima clasificación de reacción frente al fuego - Euroclase A1 - siendo el producto ideal para mejorar las prestaciones térmicas y acústicas de una fachada con Sistema ETICS. Su muy bajo coeficiente de conductividad térmica,  $\lambda_D = 0,036 \text{ W/m.K}$ , hace del Panel ETICS FKD-S-C1 la mejor solución para proyectos de edificios de alta eficiencia energética tanto en obra nueva como en rehabilitación energética.

El contenido no combustible del Panel ETICS FKD-S-C1 (Euroclase A1), posibilita la obtención de sistemas constructivos sin contribución al desarrollo de incendios.



aislamiento  
térmico



eficiencia



aislamiento  
acústico



protección frente  
a la humedad



protección  
frente al fuego



resistencia a  
la compresión



sostenibilidad



inocuo



seguro



recicable



EN 13500 ETAG 004

## Panel ETICS FGD-S-C1 (PTP-S-035)

### Dimensiones y resistencia térmica

Largo (mm)	800				
Ancho (mm)	625				
Espesor (mm)	60	80	100	120	140
Resistencia térmica R <sub>Da</sub> 10 °C (m <sup>2</sup> .K/W)	1,65	2,20	2,75	3,30	3,85

Forma de suministro: Palets con paquetes de paneles recubiertos por material retráctil

### Características técnicas

Característica	Símbolo	Especificación	Unidad	Norma de Referencia
Conductividad Térmica	$\lambda_D$	W/m.K	0,036	EN 12667
Reacción al fuego	Euroclase	-	A1	EN ISO 13501 - 1
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua	$\mu$	-	1	EN 12086
Tolerancia de espesor	T5	mm	-1 / +3	EN 823
Estabilidad dimensional según temperatura y humedad	$\Delta l$ - Longitud $\Delta b$ - Anchura $\Delta d$ - Espesor	%	$\leq 1$	EN 1604
Resistencia a tracción perpendicular a las caras	$\sigma_{mt}$	kPa	$\geq 10$	EN 1607
Resistencia a compresión	$\sigma_{10}$	kPa	$\geq 30$	EN 826
Absorción de agua a corto plazo	W <sub>p</sub>	kg/m <sup>2</sup>	< 1	EN 1609
Absorción de agua a largo plazo	W <sub>lp</sub>	kg/m <sup>2</sup>	< 3	EN 12087

Código de designación:

MW - EN 13162 - T5 - DS (T+) - DS (TH) - CS(10)30 - TR10 - WS - WL(P)

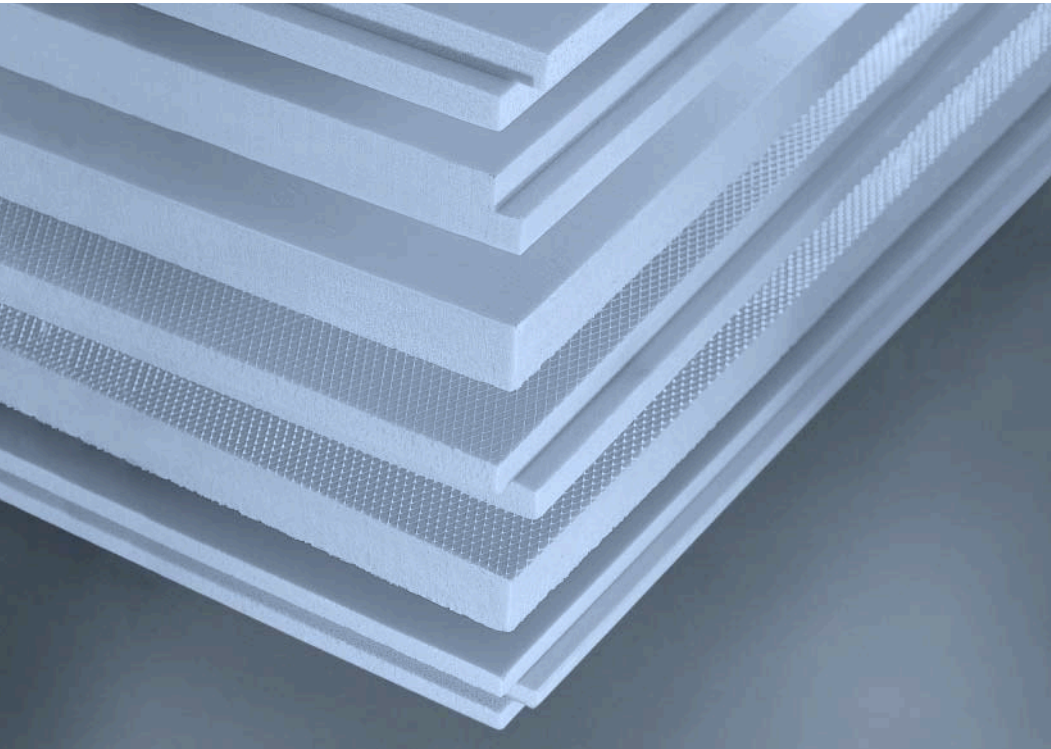
**Knauf Insulation S.L.**  
 Polígono Can Calderón  
 Avda. de la Marina, 54  
 08830 Sant Boi del Llobregat  
 (Barcelona)  
 Tel.: +34 93 379 65 08  
 Fax.: +34 93 379 65 28

## ANEXO 6. B. ii - Análise económica das medidas de melhoria

---

Ficha técnica do isolante aplicado na medida de melhoria 2





Mayo 2013

## Soluciones Polyfoam® para aislamiento térmico

Paneles de Poliestireno Extruido (XPS)

### Ventajas:

- Elevado nivel de aislamiento térmico
- Ahorro de energía
- Sin CFC ni HCFC
- Muy alta resistencia a la compresión
- Elevada resistencia a la humedad
- Ligero
- Facilidad de manipulación y almacenaje
- Reciclable



aislamiento  
térmico



eficiencia  
energética



sostenibilidad



alta resistencia  
a la compresión



protección frente  
a la humedad



ligereza



inocuo



reciclable



## Soluciones Polyfoam® para aislamiento térmico

### Características técnicas según EN 13164

Característica	Unidad	Especificación	Norma de referencia
Conductividad térmica ( $\lambda_D$ )	W/m·K	0,034 (30 a 60 mm)	EN 12667
		0,036 (65 a 100 mm)	
Reacción al fuego	–	Euroclase E	EN 13501-1
Tolerancias en espesor (T)	mm	-2, +2 (esp. < 50)	EN 823
		-2, +3 (esp. ≥ 50)	
Resistencia a compresión ( $\sigma_{10}$ )	kPa	≥ 200 (tipo C 3)	EN 826
		≥ 300 (tipo C 4)	
		≥ 500 (tipo C 5)	
Estabilidad dimensional a temperatura específica	%	≤ 5	EN 1604
Deformación bajo carga y temperatura	%	≤ 5	EN 1605
Resistencia a tracción, perp. a las caras ( $\sigma_{mt}$ )	kPa	≥ 200	EN 1607
Absorción de agua por inmersión ( $W_{1T}$ )	%	≤ 0,7	EN 12087
Factor de resist.a la difusión del vapor de agua ( $\mu$ )	–	≥ 150	EN 12086
Fluencia a compresión $\epsilon_{ct}$ - CC(2/1,5/50)	kPa	≥ 125 (tipos C 3 y C 4)	EN 1606
		≥ 175 (tipo C 5)	

Otras características técnicas	Unidad	Especificación
Coefficiente de dilatación lineal	mm/m·K	≤ 0,07
Capacidad térmica	kJ/kg·K	1,4
Capilaridad	–	Nula
Temperaturas límites de uso	°C	-60 / +75

### Códigos de designación

Polyfoam C 3:	XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)200-DS(T+)-DLT(2)5-TR200-WL(T)0,7-MU150-CC(2/1,5/50)125
Polyfoam C 4:	XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)300-DS(T+)-DLT(2)5-TR200-WL(T)0,7-MU150-CC(2/1,5/50)125
Polyfoam C 5:	XPS-EN 13164-T1-CS(10/Y)500-DS(T+)-DLT(2)5-TR200-WL(T)0,7-MU150-CC(2/1,5/50)175

### Gama de productos

Producto	Cantos	Acabado	Dimensiones (mm)*	Espesores (mm)*	Aplicación
Polyfoam C 4 LJ 1250		Liso	600 x 1250	30, 40, 50, 60, 80 y 100	Cubiertas invertidas accesibles y transitables, cubiertas inclinadas con teja clavada, muros interrados
Polyfoam C 5 LJ 1250		Liso	600 x 1250	50, 60, 70, 80 y 100	Cubiertas invertidas tráfico rodado, suelos industriales y cámaras frigoríficas
Polyfoam C 4 LJ Canaboard 1250		Acanalado	600 x 1250	40, 50, 60, 80 y 100	Cubiertas inclinadas con teja amorturada
Polyfoam C 3 TG 1250		Liso	600 x 1250	30, 40, 50, 60 y 80	Muros doble hoja, trasdosados de muros
Polyfoam C 3 TG 2500		Liso	600 x 2500	30, 40, 50, 60 y 80	Muros doble hoja, trasdosados de muros, falsos techos, naves agropecuarias
Polyfoam C 3 TG 2600		Liso	600 x 2600	30, 40, 50, 60 y 80	
Polyfoam Revocos C 3 SE 1250		Rugoso	600 x 1250	30, 40 y 50	ETICS (aislamiento exterior de fachadas)

\* No dude contactar con nuestro responsable de zona para disponibilidad y plazo de entrega de otros espesores y dimensiones.

### Knauf Insulation S.L.

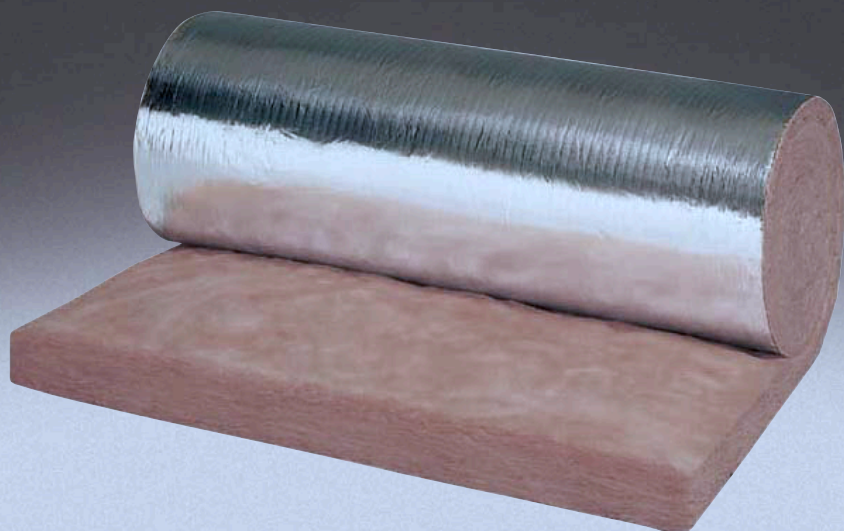
C/ La Selva 2 - Edificio Géminis  
 Parque empresarial Mas Blau  
 E-08820 El Prat de Llobregat  
 (Barcelona)  
 Tel.: +34 93 379 65 08  
 Fax: +34 93 379 65 28

**ANEXO 6. B. iii - Análise económica das medidas de melhoria**

---

**Ficha técnica do isolante aplicado na medida de melhoria 3**





05/2014

## Manta Aluminio (TI 312)

Manta de LMN revestida con barrera de vapor de aluminio

### Descripción del producto

Manta Aluminio es un aislante termo-acústico de Lana Mineral Natural con textura uniforme, que se presenta en forma de rollos de 1,20 m de ancho revestidos en una de sus caras por un complejo kraft / aluminio, que actúa como barrera de vapor de altas prestaciones para locales con higrometría elevada.

Los rollos se comprimen y embalan en toda su longitud con film de polietileno termo-retráctil, y posteriormente se paletizan con Sistema Multiple Package System.

Manta Aluminio ostenta la preceptiva Declaración de Prestaciones en base al Reglamento de Productos de la Construcción y el sello ACERMI francés. Asimismo, el certificado EUCEB garantiza que Manta Aluminio es un producto biosoluble y no peligroso para la salud, de acuerdo con la Directiva Europea 97/69/CE. Por otra parte, también está certificado con la Ecoetiqueta tipo I (según ISO 14024) Eurofins Gold por sus bajas emisiones en COVs y su contribución a la Calidad de Aire Interior en los edificios.

### Campos de aplicación

Manta Aluminio está destinado al aislamiento térmico y acústico en construcciones residenciales, comerciales e industriales, tanto en obra nueva como en rehabilitación.

Se recomienda su empleo entre tabiquillos sobre forjados de desvanes no habitables, en falsos techos y, en general, en aplicación horizontal y sin carga.



aislamiento térmico



eficiencia energética



aislamiento acústico



protección frente a la humedad



protección frente al fuego



ligereza



sostenibilidad



inocuo



seguro



reciclable



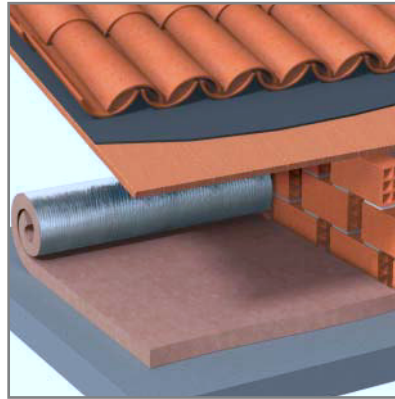
## Manta Aluminio (TI 312)

### Puesta en obra

La cara de Manta Aluminio recubierta con la barrera de vapor se colocará siempre hacia el interior del local calefactado.

Si es necesario llegar a valores muy elevados de resistencia térmica, puede instalarse una segunda capa de Manta Sin Revestir sobre la capa previa de Manta Aluminio.

En este caso se recomienda la aplicación en capas cruzadas, con objeto de evitar posibles puentes térmicos.



### Dimensiones y resistencia térmica

Longitud (mm)	14.000	11.000	8.500	4.500
Ancho (mm)	1.200	1.200	1.200	1.200
Espesores (mm)	60	80	100	200
Resistencia térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)	1,50	2,00	2,50	5,00

Forma de suministro: Palets con paquetes recubiertos por material retráctil.

### Datos técnicos

Característica	Símbolo	Especificación	Unidad	Normativa
Conductividad térmica	$\lambda_D$	0,040	W/m·K	EN 12667
Tolerancia de espesor	T2	-5, +15	%/mm	EN 823
Reacción al fuego	-	Euroclase A1 "no combustible"	-	EN 13501-1
Resistencia al vapor de agua	Z	≥ 9	m <sup>2</sup> ·h·Pa/mg	EN 12086

Código de designación: MW-EN 13162-T2-Z9

### Prestaciones

La Lana Mineral Natural Manta Aluminio con revestimiento kraft-aluminio como barrera de vapor en una de sus caras, es la elección idónea para el aislamiento térmico en construcción cuando las condiciones higrométricas del local son elevadas.

### Knauf Insulation S.L.

Polígono Can Calderón  
 Avda. de la Marina, 54  
 08830 Sant Boi del Llobregat  
 (Barcelona)  
 Tel.: +34 93 379 65 08  
 Fax: +34 93 379 65 28



**ANEXO 6. B. iv - Análise económica das medidas de melhoria**

---

**Ficha técnica do vidro duplo aplicado na medida de melhoria 4**



LOW.S 

Aislamiento térmico



[www.unionvidriera.com](http://www.unionvidriera.com)

# Aislamiento térmico **LOW.S.**

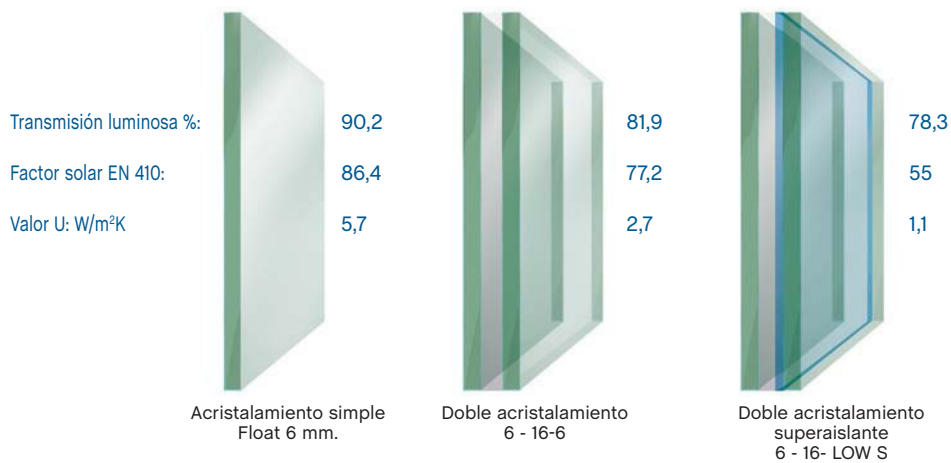


Es un acristalamiento con aislamiento térmico super reforzado que evita la pérdida de energía a través de las ventanas, el punto más débil de la vivienda y reduce el intercambio energético con el exterior, asegurando un buen confort cerca del acristalamiento (evita el efecto pared fría) y reduciendo a su vez las condensaciones interiores.

Con un revestimiento de plata apenas perceptible a simple vista, garantiza una transmisión de luz extraordinariamente alta, con una reflexión ante las radiaciones infrarrojas de gran longitud de onda (baja emisividad).

- Evita Condensaciones
- Evita el efecto pared fría
- Mantiene la transparencia.
- Ahorra energía.

## Comparativa



PRODUCTO	Float 6 mm.	6 - 16 - 6	6 - 16 - Low.s
Transmisión luminosa %	90,2	81,9	78,3
Reflexión luminosa %	8,4	15,2	11,3
Factor solar EN 410	86,4	77,2	55
Valor UW (m²k)	5,7	2,7	1,1

