



REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS: SOLUÇÕES DE MELHORAMENTO TÉRMICO DA ENVOLVENTE EXTERIOR DE UM EDIFÍCIO

TIAGO JOSÉ ALMEIDA CORREIA

novembro de 2016

**REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS: SOLUÇÕES DE
MELHORAMENTO TÉRMICO DA ENVOLVENTE EXTERIOR DE UM EDIFÍCIO**

TIAGO JOSÉ ALMEIDA CORREIA

Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientadora: Professora Maria da Luz do Vale Garcia

OUTUBRO DE 2016

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL.....	III
RESUMO	V
ABSTRACT.....	VII
AGRADECIMENTOS.....	IX
ÍNDICE DE TEXTO	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE QUADROS	XXI
ABREVIATURAS.....	XXVII
SIMBOLOGIA	XXIX
1 INTRODUÇÃO	1
2 ESTADO DA ARTE – REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS	3
3 CASO PRÁTICO DE ESTUDO.....	23
4 REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DO CASO PRÁTICO DE ESTUDO.....	103
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS	145

RESUMO

O conceito de reabilitação de edifícios pressupõe que, quando um dado edifício é intervencionado, o seu nível de qualidade supera o nível de qualidade apresentado aquando da conclusão da sua construção. Deste modo, a reabilitação energética constitui um caso particular da reabilitação de edifícios, uma vez que o desempenho energético dos mesmos sofre melhorias, fazendo com que o conforto dos seus ocupantes seja melhorado.

Tendo por base estes pressupostos e, como resposta às alterações climáticas, a Comissão Europeia exige que os seus países constituintes melhorem o desempenho energético do seu parque edificado. Por conseguinte, a legislação portuguesa também acompanhou a evolução nesta matéria, através da publicação do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto.

Deste modo, o presente projeto debruça-se sobre um caso prático de um edifício de habitação unifamiliar que não cumpre os requisitos mínimos de conforto térmico e de eficiência energética dispostos na legislação acima citada, apresentando a classe energética mais baixa possível, ou seja, a classe F. Assim, tendo sempre como objetivo a melhoria do desempenho térmico do edifício e, conseqüentemente, da sua classe energética, são apresentadas, neste projeto, diferentes soluções construtivas a aplicar nas envolventes do edifício. Por fim, tais soluções são comparadas entre si quanto ao seu contributo na melhoria da classe energética e, também, quanto ao seu custo de implementação no edifício.

Palavras-chave: Reabilitação de edifícios, reabilitação energética, conforto térmico, eficiência energética

ABSTRACT

The concept of building rehabilitation assumes that when a certain building is operated upon, its level exceeds the quality level displayed on completion of its construction. Thus, the energy rehabilitation is a special case of the buildings rehabilitation, since the energy performance of these improvements suffers, causing improvement the comfort of its occupants.

Based on these assumptions and, as a response to climate change, the European Commission requires that its constituent countries to improve the energy performance of their building stock. Therefore, Portuguese legislation also followed its progress through the publication of Decree-Law No. 118/2013 of 20 August.

So, this project focuses on a case of a single-family dwelling building that does not meet the minimum requirements of thermal comfort and energy efficiency arranged in the above legislation, with the lowest possible energy class, ie, F class. Thus, having as objective to improve the thermal performance of the building and therefore its energy class, are presented in this project, different constructive solutions to be applied in the building surroundings. Finally, such solutions are compared to each other as to their contribution in improving the energy class and also as to their implementation cost in the building.

Keywords: Building rehabilitation, energy rehabilitation, thermal comfort, energy efficiency

AGRADECIMENTOS

Expresso o meu agradecimento à Professora Maria da Luz do Vale Garcia por toda a ajuda prestada na orientação desta dissertação.

Dedico também um agradecimento especial à minha família e namorada por todo o apoio que me deram.

Por fim, agradeço ao David Correia e aos seus familiares por toda a disponibilidade prestada, para que a sua habitação pudesse constituir o caso prático de estudo desta dissertação.

ÍNDICE DE TEXTO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO	2
1.2	ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2	ESTADO DA ARTE – REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS	3
2.1	INTRODUÇÃO	3
2.2	CONCEITOS BASE RELACIONADOS COM REABILITAÇÃO	4
2.3	NECESSIDADE DE REABILITAÇÃO	7
2.4	PRINCIPAIS FASES DO PROCESSO DE REABILITAÇÃO.....	9
2.4.1	Diagnóstico.....	9
2.4.2	Viabilidade da intervenção.....	9
2.4.3	Definição estratégica.....	10
2.4.4	Projeto de execução.....	10
2.4.5	Análise técnico-económica de propostas	11
2.4.6	Execução da obra	11
2.5	LEGISLAÇÃO E DOCUMENTOS NORMATIVOS A APLICAR EM REABILITAÇÃO	11
2.5.1	Aplicação de legislação no domínio das estruturas	13
2.5.2	Aplicação de legislação no domínio da segurança contra incêndio.....	13
2.5.3	Aplicação de legislação no domínio da higrotérmica e da ventilação	13
2.5.4	Aplicação da legislação no domínio da acústica	14
2.5.5	Aplicação da legislação no domínio da térmica	15
2.6	REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS.....	18
3	CASO PRÁTICO DE ESTUDO	23
3.1	INTRODUÇÃO	23
3.2	DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS	25
3.2.1	Paredes Exteriores.....	25
3.2.2	Paredes interiores	26
3.2.3	Pavimentos.....	27

3.2.4	Cobertura	29
3.2.5	Revestimentos das paredes	29
3.2.6	Revestimento da cobertura.....	30
3.2.7	Revestimento dos pavimentos.....	31
3.2.8	Vãos Envidraçados.....	31
3.2.9	Portas Exteriores (vãos opacos)	32
3.3	AVALIAÇÃO DO ESTADO ATUAL DO EDIFÍCIO SEGUNDO O DECRETO-LEI Nº 118/2013 E RESPETIVAS PORTARIAS	33
3.3.1	Resumo do procedimento de cálculo da classe energética	33
3.3.2	Levantamento dimensional da fração.....	34
3.3.2.1	Área útil de pavimento e pé-direito	34
3.3.2.2	Áreas dos vãos envidraçados	34
3.3.2.3	Área das paredes em contacto com o exterior e das respetivas pontes térmicas planas.....	36
3.3.2.4	Áreas das paredes em contacto com espaços não úteis.....	39
3.3.2.5	Área de pavimento em contacto com espaços não úteis	40
3.3.2.6	Comprimentos das pontes térmicas lineares.....	42
3.3.3	Zonamento climático.....	45
3.3.3.1	Parâmetros climáticos	46
3.3.3.2	Parâmetros térmicos	49
3.3.3.3	Taxa de renovação de ar	99
3.3.3.4	Preparação de águas quentes sanitárias (AQS).....	100
3.3.3.5	Necessidades de energia	101
4	REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DO CASO PRÁTICO DE ESTUDO	103
4.1	MEDIDAS PROPOSTAS	103
4.1.1	Medida de melhoria 1 – ETICS	104
4.1.1.1	Paredes exteriores do edifício inicial (ETICS)	105
4.1.1.2	Paredes exteriores da parte ampliada (ETICS)	107
4.1.1.3	PTP pilares	110
4.1.1.4	Pavimentos sobre o piso 0	111
4.1.1.5	Esteira sob o desvão da cobertura	113
4.1.1.6	Substituição das caixas de estore.....	115
4.1.1.7	Substituição de envidraçados e caixilharias nas janelas	118
4.1.1.8	Necessidades de energia após implementação da Medida de melhoria 1.....	122

4.1.2	Medida de melhoria 2 – Fachada ventilada (painéis de alumínio composto)	122
4.1.2.1	Paredes exteriores do edifício inicial (Painéis “ALUCOBOND”)	124
4.1.2.2	Paredes exteriores da parte ampliada (painéis “ALUCOBOND”)	126
4.1.2.3	PTP pilares	130
4.1.2.4	Necessidades de energia após implementação da Medida de melhoria 2	131
4.2	CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE MELHORIA	132
4.2.1	Medida de melhoria 1 (ETICS)	132
4.2.1.1	Paredes exteriores.....	132
4.2.1.2	Pavimento sobre piso 0.....	133
4.2.1.3	Laje de esteira do desvão da cobertura	133
4.2.1.4	Substituição das caixas de estore.....	134
4.2.1.5	Substituição dos envidraçados.....	134
4.2.1.6	Substituição das caixilharias.....	134
4.2.2	Medida de melhoria 2 (Painéis “ALUCOBOND”)	135
4.2.2.1	Paredes exteriores.....	135
4.3	ADITAMENTO À MEDIDA DE MELHORIA 1	136
4.3.1	Custo de implementação do aditamento à medida de melhoria 1	137
4.4	PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO NAS MEDIDAS DE MELHORIA	137
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	139
5.1	CONCLUSÕES	139
5.2	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	141
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
	ANEXOS	145
	ANEXO I – PEÇAS DESENHADAS	147
	ANEXO II – FERRAMENTA DE CÁLCULO: APLICAÇÃO DO LNEC PARA DETERMINAÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES À VENTILAÇÃO, DE ACORDO COM O REH.....	171
	ANEXO III – FOLHA DE CÁLCULO DESENVOLVIDA PELA ITECONS (DE ACORDO COM O REH) PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO, NO SEU ESTADO ATUAL.....	175
	ANEXO IV – FERRAMENTA DE CÁLCULO: APLICAÇÃO DO LNEC PARA DETERMINAÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES À VENTILAÇÃO DE AMBAS AS MEDIDAS DE MELHORIA, DE ACORDO COM O REH E O RECS	199
	ANEXO V – FOLHA DE CÁLCULO DESENVOLVIDA PELA ITECONS (DE ACORDO COM O REH) PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO, NA SITUAÇÃO PROPOSTA DE MELHORIA 1.....	203

ANEXO VI – FOLHA DE CÁLCULO DESENVOLVIDA PELA ITECONS (DE ACORDO COM O REH) PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO, NA SITUAÇÃO PROPOSTA DE MELHORIA 2.....	227
ANEXO VII – FOLHA DE CÁLCULO DESENVOLVIDA PELA ITECONS (DE ACORDO COM O REH) PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO, NA SITUAÇÃO PROPOSTA DE ADITAMENTO À MEDIDA DE MELHORIA 1.....	251
ANEXO VIII – CUSTOS DO MATERIAL E MÃO DE OBRA NECESSÁRIOS PARA A EXECUÇÃO DAS MEDIDAS DE MELHORIA.....	275
ANEXO VIII.A – Custos Relativos à Medida de Melhoria 1.....	277
ANEXO VIII.B – Custos Relativos à Medida de Melhoria 2.....	291
ANEXO IX – FICHAS TÉCNICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NAS MEDIDAS DE MELHORIA.....	297
ANEXO IX.A – Custos Relativos à Medida de Melhoria 1: Lã de Rocha do Sistema ETICS.....	299
ANEXO IX.B – Custos Relativos à Medida de Melhoria 1: Lã de Rocha do Revestimento Inferior do Pavimento Sobre o Piso 0.....	303
ANEXO IX.C – Custos Relativos à Medida de Melhoria 1: Lã Mineral como Revestimento Superior da Laje de Esteira Sob Desvão da Cobertura.....	307
ANEXO IX.D – Custos Relativos à Medida de Melhoria 1: Envidraçados.....	311
ANEXO IX.E – Custos Relativos à Medida de Melhoria 2: Fachada Ventilada (Painéis de Alumínio Composto “ALUCOBOND”).....	315

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 — Gráfico representativo da evolução dos níveis de qualidade de um edifício.	4
Figura 2.2 — Esquema representativo da relação entre os termos aplicados em reabilitação de edifícios.	7
Figura 2.3 — Esquema representativo da cronologia da regulamentação térmica dos edifícios. ...	16
Figura 2.4 — Esquema representativo das metas ambientais propostas pela União Europeia para o ano de 2020,.....	18
Figura 2.5 — Esquema representativo do princípio dos Edifícios com necessidades nulas ou quase nulas de energia.	19
Figura 3.1 — Localização do edifício.....	23
Figura 3.2 — Planta do piso 0 (à esquerda) e planta do piso 1 (à direita).....	24
Figura 3.3 — Vistas 3D: 1 – Vista SE-NE. 2 - Vista NO-SO.	24
Figura 3.4 — Constituição das paredes exteriores do edifício inicial.	25
Figura 3.5 — Constituição das paredes exteriores da parte ampliada.....	25
Figura 3.6 — Esquema representativo de uma parede-tipo de tabique.....	26
Figura 3.7 — Constituição das paredes interiores da parte ampliada.	26
Figura 3.8 — Pavimento no edifício base (vigas metálicas e caibros).	27
Figura 3.9 — Estrutura do pavimento do edifício inicial.	28
Figura 3.10 — Estrutura do pavimento da parte ampliada.	28
Figura 3.11 — Representação da estrutura de madeira da cobertura.....	29
Figura 3.12 — Revestimento exterior das paredes exteriores.	29
Figura 3.13 — Revestimentos interiores das paredes exteriores do piso 1,	30
Figura 3.14 — Revestimento interior das paredes exteriores no piso 0,	30

Figura 3.15 — Telha MARSELHA presente na cobertura do edifício em estudo.	30
Figura 3.16 — Vãos envidraçados do edifício inicial.....	31
Figura 3.17 — Vão envidraçado da parte ampliada.	31
Figura 3.18 — Exemplo de envidraçado da cozinha com caixilharia metálica.	32
Figura 3.19 — Vãos envidraçados da casa de banho de serviço.	32
Figura 3.20 — Portas de acesso ao piso 1,	32
Figura 3.21 — Deseignação dos elementos da envolvente (paredes, portas e janelas).	35
Figura 3.22 — Representação da altura das paredes exteriores.....	37
Figura 3.23 — Representação em planta das pontes térmicas lineares.	42
Figura 3.24 — Extrato da tabela 04 do Despacho nº 15793-F/2013,	46
Figura 3.25 — Extrato da tabela 05 do Despacho nº 15793-F/2013,	47
Figura 3.26 — Extrato da tabela 02 do Despacho nº 15793-F/2013,	48
Figura 3.27 — Extrato da tabela 03 do Despacho nº 15793-F/2013,	48
Figura 3.28 — Extrato da tabela 22 do Despacho nº 15793-K/2013,.....	49
Figura 3.29 — Pé-direito do piso 0 (exemplo do ENU – lavandaria).	50
Figura 3.30 — Envolventes em planta da fração do piso 1 do edifício em estudo.	54
Figura 3.31 — Envolventes em planta ao nível da laje de teto do edifício em estudo.	55
Figura 3.32 — Corte AB representativo das envolventes do edifício.	55
Figura 3.33 — Corte CD representativo das envolventes do edifício.	56
Figura 3.34 — Extrato da tabela 01 do Despacho nº 15793-K/2013,.....	57
Figura 3.35 — Laje aligeirada com abobadilhas e vigotas pré-esforçadas.	58
Figura 3.36 — Pormenor da parede exterior do edifício inicial e definição do fluxo de calor.	60
Figura 3.37 — Pormenor da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor.....	61
Figura 3.38 — Pormenor da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor.	62
Figura 3.39 — Pormenor da ponte térmica plana (caixa de estore) da parede exterior do edifício inicial na zona da sala e definição do fluxo de calor.	64

Figura 3.40 — Pormenor da ponte térmica plana (caixa de estore) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor.	65
Figura 3.41 — Pormenor da ponte térmica plana (pilar) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor.	67
Figura 3.42 — Pormenor do pavimento sobre o piso 0 do edifício inicial e definição do fluxo de calor.	68
Figura 3.43 — Pormenor do teto sob o desvão da cobertura do edifício inicial e definição do fluxo de calor descendente.	69
Figura 3.44 — Pormenor do teto sob o desvão da cobertura do edifício inicial e definição do fluxo de calor ascendente.	69
Figura 3.45 — Pormenor do pavimento sobre o piso 0 da parte ampliada e definição do fluxo de calor.	70
Figura 3.46 — Pormenor do teto sob o desvão da cobertura da parte ampliada e definição do fluxo de calor descendente.	71
Figura 3.47 — Pormenor do teto sob o desvão da cobertura da parte ampliada e definição do fluxo de calor ascendente.	72
Figura 3.48 — Pormenor (corte) de um exemplo de um envidraçado do tipo VE1 (envidraçado do quarto 1, orientado para NE).	74
Figura 3.49 — Pormenor (corte) de um exemplo de um envidraçado do tipo VE2 (envidraçado do quarto 3, orientado para SO).	74
Figura 3.50 — Pormenor (corte) de dois exemplos de envidraçados do tipo VE3 (envidraçado da cozinha e I.S. serviço).	74
Figura 3.51 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados orientados para NE.	82
Figura 3.52 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado da I.S. serviço, orientados para NO.	83
Figura 3.53 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados VE3-3 e 4 da cozinha, orientados para NO.	83
Figura 3.54 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados VE3-5 e 6 da cozinha e dos arrumos 1, orientados para NO.	84

Figura 3.55 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados VE1-4 e 5 do quarto 1 e do escritório, orientados para SE.	84
Figura 3.56 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado VE2-1 e da sala, orientado para SE.....	85
Figura 3.57 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados VE2-2 e 3 do quarto 3 e da I.S, orientados para SE.....	85
Figura 3.58 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado da I.S. serviço, orientado para NO.	86
Figura 3.59 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado do hall, orientado para NO.....	86
Figura 3.60 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado da I.S. serviço, orientado para SO.	87
Figura 3.61 — Esquema para a determinação dos ângulos β dos fatores de sombreamento dos elementos verticais Ff.....	88
Figura 3.62 — Esquema de funcionamento da ventilação natural da fração em estudo.	100
Figura 4.1 — Composição do sistema ETICS.	104
Figura 4.2 — Pormenor da parede exterior do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,	105
Figura 4.3 — Pormenor da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,	107
Figura 4.4 — Pormenor da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,	108
Figura 4.5 — Pormenor da ponte térmica plana (pilar) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,	110
Figura 4.6 — Pormenor do pavimento sobre o piso 0 do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após a aplicação da medida de melhoria 1,.....	111
Figura 4.7 — Pormenor do pavimento sobre o piso 0 da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após a aplicação da medida de melhoria 1,.....	112
Figura 4.8 — Pormenor da laje de esteira sob o desvão da cobertura do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após a aplicação da medida de melhoria 1,.....	113

Figura 4.9 — Pormenor da laje de esteira sob o desvão da cobertura da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após a aplicação da medida de melhoria 1,	114
Figura 4.10 — Pormenor da ponte térmica plana (caixa de estore) da parede exterior do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,	115
Figura 4.11 — Pormenor da ponte térmica plana (caixa de estore) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,	116
Figura 4.12 — Esquema de funcionamento da ventilação natural da fração em estudo, após aplicação da medida de melhoria 1,	121
Figura 4.13 — Exemplo de uma fachada ventilada e seus constituintes.	123
Figura 4.14 — Esquema de funcionamento de uma fachada ventilada.....	123
Figura 4.15 — Constituição de um painel de alumínio composto.....	124
Figura 4.16 — Pormenor da parede exterior do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 2,	125
Figura 4.17 — Pormenor da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 2,	127
Figura 4.18 — Pormenor da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 2,	128
Figura 4.19 — Pormenor da ponte térmica plana (pilar) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 2,	130

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Classes energéticas dos edifícios de habitação, segundo Sistema de Certificação Energética proveniente do Decreto-Lei 118/2013.....	17
Quadro 3.1 – Levantamento dimensional da área útil de pavimento e do pé-direito.	34
Quadro 3.2 – Simplificação relativa às portas exteriores (vãos opacos).	35
Quadro 3.3 – Legenda dos elementos construtivos (janelas e portas).....	36
Quadro 3.4 – Área de envidraçado (A_w) em cada orientação.	36
Quadro 3.5 – Áreas das paredes em contacto com o exterior.	37
Quadro 3.6 – Áreas das pontes térmicas planas.....	38
Quadro 3.7 – Área da parede em contacto com o edifício vizinho.....	40
Quadro 3.8 – Área da pavimento em contacto com espaços não aquecidos.....	40
Quadro 3.9 – Comprimento (B) das ligações entre fachada e pavimento sobre exterior ou local não aquecido.....	43
Quadro 3.10 – Comprimento (B) das ligações entre fachada e caixilharia.....	44
Quadro 3.11 – Comprimento (B) das ligações entre fachada e caixas de estore.	45
Quadro 3.12 – Comprimento (B) das ligações entre fachada e varanda.	45
Quadro 3.13 – Quadro resumo dos parâmetros climáticos na estação de aquecimento.	47
Quadro 3.14 – Quadro resumo dos parâmetros climáticos na estação de arrefecimento.	48
Quadro 3.15 – Quadro resumo dos valores de btr dos ENU e respetiva classificação quanto aos seus requisitos.....	53
Quadro 3.16 – Legenda das envolventes em planta e em cortes.....	53
Quadro 3.17 – Quadro resumo dos valores das resistências térmicas superficiais aplicáveis à fração da habitação em estudo.....	57
Quadro 3.18 – Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala.	60

Quadro 3.19 – Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de cozinha.	61
Quadro 3.20 – Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.....	62
Quadro 3.21 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.....	63
Quadro 3.22 – Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.	63
Quadro 3.23 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.	64
Quadro 3.24 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior do edifício inicial na zona da sala.	65
Quadro 3.25 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3, sala e hall.	66
Quadro 3.26 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior da parte ampliada na zona de casa de banho.....	66
Quadro 3.27 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de hall de entrada, quarto 3 e sala.	67
Quadro 3.28 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.....	68
Quadro 3.29 – Determinação do valor de U do pavimento sobre o piso 0 (ENU com requisitos de exterior) da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.....	70
Quadro 3.30 – Determinação do valor de U do pavimento sobre o piso 0 (ENU com requisitos de exterior) da parte ampliada em zona de casas de banho.....	71
Quadro 3.31 – Determinação do valor de U do pavimento sob o desvão da cobertura da parte ampliada com fluxo de calor descendente.	72
Quadro 3.32 – Determinação do valor de U do pavimento sob o desvão da cobertura da parte ampliada com fluxo de calor ascendente.	73
Quadro 3.33 – Determinação do valor de U dos vãos envidraçados conforme os quadros III.1 e III.2 do ITE 50.....	75

Quadro 3.34 – Quadro resumo de todos os valores do coeficiente de transmissão térmica (U)....	76
Quadro 3.35 – Dispositivos de proteção dos envidraçados da fração.....	78
Quadro 3.36 – Valores típicos da fração envidraçada (Fg) de diferentes tipos de caixilharia.	89
Quadro 3.37 – Cálculo do somatório dos produtos entre as massas superficiais úteis de cada elemento com os fatores de redução e respetivas áreas das superfícies interiores dos elementos.	98
Quadro 3.38 – Necessidades de energia da fração em estudo no estado atual e classe energética correspondente.....	102
Quadro 4.1 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala.	106
Quadro 4.2 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de cozinha.	106
Quadro 4.3 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.	107
Quadro 4.4 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.....	108
Quadro 4.5 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.	109
. Quadro 4.6 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.....	109
Quadro 4.7 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de hall de entrada, quarto 3 e sala.	110
Quadro 4.8 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.....	111
Quadro 4.9 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U do pavimento sobre o piso 0 (ENU com requisitos de exterior) da parte ampliada em zona de quarto 3, sala.	113
Quadro 4.10 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U do pavimento sobre o piso 0 (ENU com requisitos de exterior) da parte ampliada em zona de casa de banho.....	113
Quadro 4.11 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U do pavimento sob o desvão da cobertura da parte ampliada com fluxo de calor ascendente.	115

Quadro 4.12 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior do edifício inicial na zona da sala.....	116
Quadro 4.13 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3, sala e hall.....	117
Quadro 4.14 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior da parte ampliada na zona de casa de banho.....	117
Quadro 4.15 – Medida de melhoria 1 - Comprimento (B) das ligações entre fachada e caixas de estore.	118
Quadro 4.16 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U dos vãos envidraçados conforme o quadro III.2 do ITE 50.	119
Quadro 4.17 – Necessidades de energia da fração em estudo, após a implementação da medida de melhoria 1.	122
Quadro 4.18 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala.	125
Quadro 4.19 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de cozinha.	126
Quadro 4.20 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.	127
Quadro 4.21 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.....	128
Quadro 4.22 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.	129
. Quadro 4.23 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.....	129
Quadro 4.24 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de hall de entrada, quarto 3 e sala.....	130
Quadro 4.25 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.	131
Quadro 4.26 – Necessidades de energia da fração em estudo, após a implementação da medida de melhoria 2.	131

Quadro 4.27 – Custo da aplicação do sistema ETICS nas paredes exteriores do edifício base.	132
Quadro 4.28 – Custo da aplicação do sistema ETICS nas paredes exteriores do edifício ampliado.	133
Quadro 4.29 – Custo da aplicação do sistema de isolamento térmico sob a laje de pavimento sobre o piso 0.	133
Quadro 4.30 – Custo da aplicação do sistema de isolamento térmico sobre a laje de esteira do desvão da cobertura.	133
Quadro 4.31 – Custo da substituição das caixas de estore.	134
Quadro 4.32 – Custo da substituição dos envidraçados simples por envidraçados duplos com caixa de ar.	134
Quadro 4.33 – Custo da substituição das caixilharias.	134
Quadro 4.34 – Custo da aplicação do sistema de fachada ventilada com painéis “ALUCOBOND”, no edifício base.	135
Quadro 4.35 – Custo da aplicação do sistema de fachada ventilada com painéis “ALUCOBOND”, no edifício ampliado.	135
Quadro 4.36 – Necessidades de energia da fração em estudo, após o aditamento da medida de melhoria 1.	136

ABREVIATURAS

A

ACM *“Aluminium Composite Material”*

ADENE Agência para a energia

AQS Águas quentes sanitárias

D

DGEG Direção Geral de Energia e Geologia

E

EPS Poliestireno expandido moldado

ETICS *“External thermal insulating composite systems with rendering”*

L

LMN Lã mineral

N

nZEB *“near Zero Energy Buildings”* – Edifícios com necessidades quase nulas de energia

NZEB *“Net Zero Energy Building”* – Edifício de balanço de energia zero

P

PTP Ponte Térmica Plana

PTL Ponte Térmica Linear

R

RCCTE Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

S

SCE Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

X

XPS Espuma de poliestireno extrudido

SIMBOLOGIA

A_p	Área útil de pavimento	[m ²]
A_w	Área do envidraçado	[m ²]
b_{tr}	Coefficiente de redução de perdas	
F_0	Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, incluindo palas e varandas	
F_f	Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, incluindo palas verticais e 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 global de vãos envidraçados constituídos por vidro corrente e dispositivos de proteção solar	
g_v	Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento	
$g_{\perp,vi}$	Fator solar do vidro	
I_{sol}	Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais	[kWh/m ²]
I_t	Massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento	[kg/m ²]
L_v	Duração da estação de arrefecimento	[meses]
M	Duração da estação de aquecimento	[meses]
M_{AQS}	Consumo médio diário de referência	[litros]
M_{si}	Massa superficial útil do elemento i	[kg/m ²]
N_i	Limite das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento	[kwh/m ² . ano]
N_{ic}	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento	[kwh/m ² . ano]
N_t	Limite das necessidades nominais anuais de energia primária	[kwh/m ² . ano]
N_{tc}	Necessidades nominais anuais de energia primária	[kwh/m ² . ano]
N_v	Limite das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento	[kwh/m ² . ano]
N_{vc}	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento	[kwh/m ² . ano]
P_d	Pé-direito	[m]
Q_a	Energia útil necessária para a preparação de AQS	[kwh/ano]
r	Fator de redução da massa superficial útil	
R_j	Resistência térmica da camada j	[m ² . °C/W]
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 de ar	[h ⁻¹]
R_{se}	Resistência térmica superficial exterior	[m ² . °C/W]
xxx		

R_{si}	Resistência térmica superficial interior	$[m^2 \cdot ^\circ C/W]$
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 ou 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 na estação de arrefecimento	$[^\circ C]$
λ_j	Condutibilidade térmica do material constituinte da camada j	$[W/m \cdot ^\circ C]$
ψ	Coeficiente de transmissão térmica linear	$[W/m \cdot ^\circ C]$

1 INTRODUÇÃO

Tendo como ponto de partida o pressuposto de que a reabilitação de um edifício tem como principal objetivo dotar o mesmo de um nível de qualidade superior àquele que apresentava quando foi construído, ela constitui *“uma oportunidade única para se poder alcançar níveis mais elevados de desempenho ambiental e reduzir as emissões de consumo de energia e emissões de CO₂, necessárias para o seu funcionamento”* (Munarim e Ghisi, 2016).

Em Portugal, a primeira grande regulamentação exclusivamente dedicada às questões do conforto térmico dos edifícios e às suas necessidades de energia foi o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), perconizado pelo Decreto-Lei nº 40/90, entrando este em vigor no ano de 1991 (Jardim, 2009).

Mais tarde, no ano de 2006, foi elaborada a revisão ao RCCTE, refletida no Decreto-Lei nº 80/2006 que, não só compreendia as preocupações com o consumo de energia para a climatização, mas também para todos os consumos de energia do edifício, como por exemplo o aquecimento de águas sanitárias. Esta revisão foi impulsionada por uma diretiva europeia que exigira que, até ao início do ano de 2006, todos os Estados-membros reforçassem e implementassem as exigências de desempenho energético para os seus edifícios.

Mais recentemente, A *European Performance of Buildings Directive (EPBD)* resulta da preocupação da União Europeia para as questões relacionadas com o desempenho energético dos edifícios, elaborando assim um conjunto de metas inseridas numa diretiva, elaborada em 2010, em que todos os Estados-membros têm de reunir esforços para cumprir.

Assim, a *EPBD* tem como principal meta a atingir a redução do consumo de energia nos edifícios europeus, através da troca de conhecimentos no domínio da poupança de energia entre todos os 28 Estados-membros da União Europeia e, também da Noruega (Brandão de Vasconcelos *et al.*, 2016).

Em termos práticos, a última diretiva europeia (Diretiva 2010/31/EU) deu origem a um novo sistema de certificação energética nacional, o Decreto-Lei nº 118/2013, no qual se atribuiu ainda mais importância às soluções passivas a adotar na envolvente exterior de um edifício ou parte dele. Tais soluções de índole maioritariamente construtiva, contribuem de forma essencial para que se atinjam parâmetros de conforto térmico bastante aceitáveis, sem que seja absolutamente necessário intervir ao nível dos sistemas técnicos presentes num edifício.

Assim, tomando conhecimento de que, até aos inícios da década de 80, as preocupações construtivas relacionadas com o conforto térmico dos edifícios eram praticamente nulas, surge a motivação para o desenrolar do principal propósito desta dissertação, ou seja, a implementação de medidas construtivas de melhoramento térmico de um edifício existente, construído bem antes do início da década atrás referida. Tais medidas de melhoria serão posteriormente analisadas à luz do Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), presente no Decreto-Lei nº 118/2013,

1.1 OBJETIVO

O presente projeto tem como objetivo propor a aplicação de medidas construtivas de reabilitação energética a um edifício, correspondente a um caso prático de estudo que, inicialmente, não cumpre os requisitos mínimos de conforto térmico, definidos pela legislação atualmente em vigor.

1.2 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos.

No presente primeiro capítulo é feita uma breve introdução que caracteriza a problemática do tema e, conseqüentemente, a motivação que impulsionou o desenvolvimento desta dissertação, definindo o objetivo da mesma.

No segundo capítulo é levada a cabo a realização do estado da arte, onde são definidos e analisados, numa primeira fase, os aspetos relacionados com a temática geral da reabilitação de edifícios e, posteriormente, abordados aqueles que se prendem com a particularização da reabilitação de edifícios na sua componente energética.

No terceiro capítulo será caracterizado o estado atual do edifício e elaborada a avaliação do desempenho energético do mesmo, de acordo com a legislação aplicável atualmente em vigor – Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto, acrescido das suas respetivas portarias e despachos.

No quarto capítulo serão apresentadas as propostas que têm como finalidade a melhoria do desempenho energético do edifício. Tais propostas de melhoria são avaliadas não só quanto às novas necessidades de energia que estabelecem para o edifício, como também quanto ao seu custo de implementação.

Por fim, no quinto capítulo serão apresentadas as conclusões desta dissertação.

2 ESTADO DA ARTE – REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

2.1 INTRODUÇÃO

Em 1995, na Carta de Lisboa sobre a Reabilitação Urbana Integrada, definia-se reabilitação de um edifício como o conjunto de *“obras que têm por fim a recuperação e beneficiação de uma construção, resolvendo as anomalias construtivas, funcionais, higiénicas e de segurança acumuladas ao longo dos anos, procedendo a uma modernização que melhore o seu desempenho até próximo dos atuais níveis de exigência.”* (1º Encontro Luso-Brasileiro de Reabilitação Urbana, 1995).

Posteriormente, em 1996, a reabilitação de edifícios era entendida como o conjunto das ações *“de intervenção num edifício em que este, ou um seu componente ou elemento, é recuperado funcionalmente quando o seu desempenho se situava já fora do limiar de aceitação. Individualizam-se as ações de beneficiação, quando essa reabilitação é feita para um nível de desempenho superior ao que apresentava quando novo, e de restauro quando o imóvel tem interesse histórico”* (Calejo, 1996).

Ao longo dos anos, o conceito de reabilitação de edifícios tem vindo a sofrer pequenas atualizações; estas estão intrinsecamente associadas à evolução da construção e das necessidades dos utilizadores dos edifícios. Assim, dois dos principais aspetos introduzidos neste contexto foram o da procura de um maior nível de segurança e o de um melhoramento do conforto para os ocupantes do edifício, passando então, a reabilitação a ser entendida, nos dias de hoje, como o conjunto de *“ações de intervenção necessárias e suficientes para que seja possível dotar os edifícios de condições de segurança, funcionalidade e conforto, tem de respeitar a sua arquitetura, tipologia e sistema construtivo”* (Freitas *et al.*, 2012).

As ações de reabilitação a levar a cabo num determinado edifício estão, normalmente, dependentes do conhecimento da história do mesmo, ou seja, é importante conhecer o maior número de dados possíveis, tais como o ano ou a época da sua construção, o tipo de uso que teve ao longo dos anos (habitação, comércio, etc.), as operações de manutenção e reparação já efetuadas, etc. (Freitas *et al.*, 2012).

Estes dados, na maioria dos edifícios, são difíceis de determinar, no entanto, o conhecimento dos mesmos fornece dados importantes sobre os materiais e técnicos de construção utilizados, permitindo assim prever o tipo de anomalias passíveis de ser encontradas e as suas respetivas causas, para que possam ser adotados os mecanismos de reabilitação mais adequados. Assim, importa clarificar que o conceito de edifício antigo é empregue quando se está perante um caso de construção anterior ao uso do betão

armado como material estrutural; este material passou a ser muito frequente após a segunda guerra mundial.

Os edifícios antigos podem ser divididos em três grandes grupos, sendo eles:

- Património monumental;
- Património edificado classificado;
- Património edificado corrente (Freitas *et al.*, 2012).

De entre os grupos supracitados, aquele em que se verifica um maior número de operações de reabilitação é o do património das edificações correntes, ou seja, edifícios que têm como fim a habitação, comércio ou a junção destes.

2.2 CONCEITOS BASE RELACIONADOS COM REABILITAÇÃO

Para que seja avaliada a necessidade de se proceder a ações de conservação, manutenção ou reabilitação de um determinado edifício, torna-se conveniente avaliar o estado do nível de qualidade exigencial do edifício em questão. Assim, pode ser interessante o relacionamento do conceito de qualidade com o conceito de envelhecimento do edifício com o tempo, estabelecendo uma correlação entre o nível de degradação de um determinado edifício e um índice de qualidade, como se pode observar no gráfico da Figura 2.1.

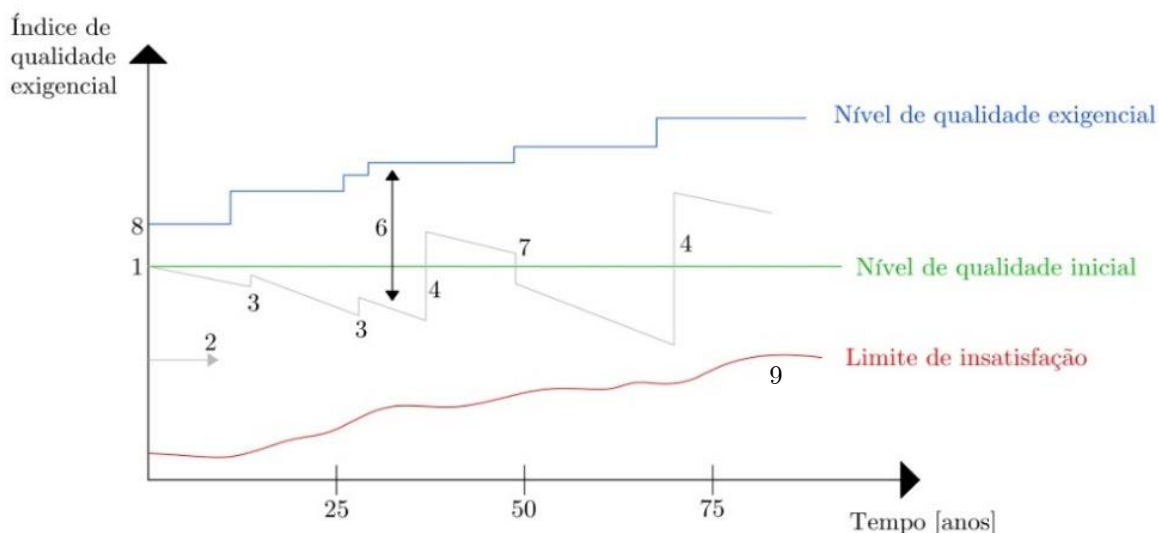


Figura 2.1 — Gráfico representativo da evolução dos níveis de qualidade de um edifício.

Fonte: (Taborda, 2010)

Analisando a evolução do nível de qualidade em função do tempo presente no gráfico anterior, importa definir os seus diferentes estágios e conceitos. Assim:

1 – Nível inicial de qualidade: Este parâmetro caracteriza a qualidade do edifício aquando da sua construção e mantém-se constante ao longo do tempo (Taborda, 2010);

2 – Decaimento inicial de qualidade: Este fator indica a descida do nível inicial de qualidade de acordo com o tempo. Nos primeiros anos de utilização do edifício a descida do nível de qualidade ocorre de uma forma abrupta e forte; esta descida poderá estar associada a erros de projeto e/ou de construção. Posteriormente, a descida do nível de qualidade estabiliza tornando-se constante em função do tipo de utilização e da manutenção a que o edifício está sujeito. No final do período de vida útil do edifício, ou da maioria dos elementos que o constituem, o decaimento volta a ser forte e abrupto, acelerando, assim, o ritmo de degradação do edifício (Taborda, 2010);

3 – Conservação: durante a vida útil do edifício são executadas várias intervenções de conservação com vista à eliminação de uma manifestação patológica. Aquando da realização destas intervenções verifica-se um aumento imediato do nível inicial de qualidade, sem haver, no entanto, reposição do mesmo, uma vez que deve ter-se em conta o envelhecimento natural dos materiais. É, também, de salientar que muitos autores referem-se ao conceito “conservação” como um conjunto de ações corretivas de patologias e não como um conjunto de ações preventivas, neste caso, o conceito será o de “manutenção” (Taborda, 2010);

É possível também definir “conservação” como as ações de salvaguarda relativas a acidentes históricos com a combinação de proteção e reabilitação ativa.

Assim, é possível afirmar que a conservação trata-se de um estado ou de um objetivo e de uma atividade técnica (Tavares, Costa e Varum, 2011).

4 – Reabilitação: trata-se de um conjunto de operações de intervenção de fundo que confere ao edifício um nível de qualidade superior ao inicial, sendo que, no mínimo, o nível de qualidade exigencial deve ser repostado (Taborda, 2010).

Reabilitação é, ainda, definida como as ações de intervenção necessárias e em número suficiente que permitam dotar o edifício de condições de segurança e conforto e tornando-o funcional. Estas ações deverão respeitar sempre a sua arquitetura, tipologia e sistema construtivo (Freitas *et al.*, 2012).

Outros autores definem a reabilitação como os trabalhos necessários para assegurar a sobrevivência e a preservação para o futuro de edifícios; tratam-se de trabalhos de intervenção para o uso futuro dos mesmos, sendo que a avaliação da função compatível com a estrutura e a tipologia do edifício são fatores que nunca se devem descurar.

É de salientar que situações em que ocorra a demolição total do edifício mantendo apenas a fachada, não se enquadram nos processos de reabilitação. (Tavares, Costa e Varum, 2011)

5 – Grau de deterioração: este grau mede o nível de degradação do edifício quando comparado com o estado do mesmo no início da sua utilização; (Taborda, 2010)

6 – Grau de obsolescência: parâmetro que compara o edifício em questão com um edifício novo, de características semelhantes e avalia a discrepância entre os dois; (Taborda, 2010)

7 – Deterioração acidental: este fator verifica a ocorrência de um decaimento repentino do nível de qualidade do edifício em questão; (Taborda, 2010)

8 – Nível de qualidade exigencial: em termos de legislação, este parâmetro reflete o nível de qualidade médio que um edifício deve ter. Na Figura 2.1 a curva que representa este parâmetro está apresentada por patamares, uma vez que os valores regulamentares são mantidos durante um certo período de vigência podendo, no entanto, sofrer pequenos ajustes pontuais. Apenas se verificam alterações significativas aquando da aprovação de uma nova legislação; (Taborda, 2010)

9 – Limite de insatisfação: este fator evidencia que o edifício tem um nível de qualidade tão baixo que não é permitida a sua utilização e, em termos económicos, é impossível executar qualquer trabalho de intervenção, sendo a única solução a demolição parcial ou total. (Taborda, 2010)

Após o término da análise dos níveis de qualidade de um determinado edifício, ou de parte dele, deve definir-se o tipo de intervenção a utilizar, de forma a promover uma melhoria dos níveis de exigência.

Assim, tal como é possível verificar na Figura 2.2, as operações de intervenção em edifícios dividem-se em dois grandes tipos: conservação e reabilitação.

Tal como já se referiu anteriormente, ao conceito de conservação associa-se o de manutenção.

No entanto, o conceito de Reabilitação pode ser dividido em duas ações: beneficiação e recuperação.

De modo geral, as ações de beneficiação destinam-se a classificar as intervenções de reabilitação em que o nível de qualidade do edifício é elevado acima do seu valor registado inicialmente; enquanto que as ações de recuperação, servem para definir as ações de reabilitação nos casos em que o edifício se encontra muito próximo do limite de insatisfação (Taborda, 2010).

A recuperação engloba, geralmente, três metodologias básicas, tais como:

- **Restauro:** este método destina-se a recuperar um edifício com valor histórico ou arqueológico;
- **Modernização:** esta metodologia pode ser definida como o conjunto de ações de reabilitação em que o nível de qualidade é colocado de modo a satisfazer os padrões em vigor. É muitas vezes confundido com o conceito de beneficiação, no entanto, a beneficiação confere ao edifício um nível de qualidade superior ao inicial, enquanto que as operações de modernização conferem o nível de qualidade atual;

- **Remodelação:** este método pressupõe a alteração funcional do edifício, utilizando materiais, técnicas e soluções atuais (Taborda, 2010).

De um modo geral, qualquer intervenção num dado edifício pode ser traduzida em obras de:

- Alteração;
- Ampliação;
- Reparação;
- Demolição;
- Reconstrução (Taborda, 2010).

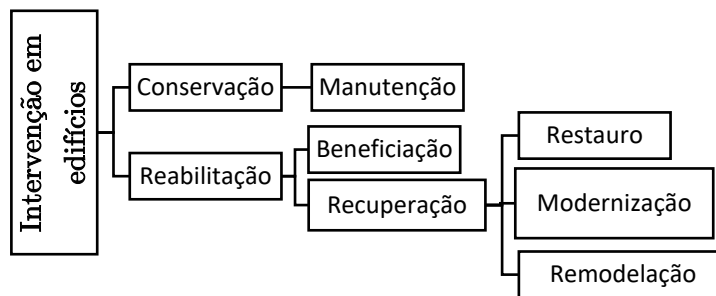


Figura 2.2 — Esquema representativo da relação entre os termos aplicados em reabilitação de edifícios.

Fonte: (Taborda, 2010)

2.3 NECESSIDADE DE REABILITAÇÃO

Segundo informações obtidas através dos Censos 2011, as obras de reabilitação têm vindo a ganhar mais força em relação a construção nova, no entanto, deve-se referir que tal informação prende-se, essencialmente, com o facto de ter vindo a existir uma diminuição na construção nova.

Em 2011 foram concluídos em Portugal 27790 edifícios, destes 6930 correspondem a obras de reabilitação, ou seja 25% do número total de obras.

É importante salientar que as obras de reabilitação têm principal incidência em edifícios que não se destinam a habitação: as obras destinadas ao comércio correspondem a cerca de 44,6% do número total de obras de reabilitação, no entanto, a indústria também é um dos principais destinos das obras de reabilitação (37.9%) (Instituto Nacional de Estatística, 2011).

Por conseguinte, a reabilitação de edifícios assume hoje uma tarefa com importância mundial por três principais motivos:

- Preservação de valores culturais;
- Proteção ambiental;

- Vantagens económicas.

O alargamento da preservação de valores culturais aplicada a sítios, centros urbanos e edifícios correntes foi impulsionado, sobretudo, a partir da segunda metade do Séc. XX, através da carta de Veneza sobre a conservação e restauro dos monumentos e dos sítios, em 1964, uma vez que, até então, o conceito de património arquitetónico estava confinado a monumentos e construções especiais e delicadas sob o ponto de vista histórico e patrimonial. Assim, os edifícios correntes constituem elementos importantes para a história das cidades e dos seus habitantes, uma vez que estes edifícios mostram, de certa forma, como se processou a evolução recente da humanidade e a forma como estes se adaptaram sucessivamente a sucessivas mudanças na forma de viver (Appleton, 2011).

A reabilitação constitui também um grande princípio na busca de uma proteção ambiental mais eficaz e equilibrada, na medida em que o facto de se preservar uma grande percentagem dos elementos construídos faz com que seja reduzido o número de demolições necessárias e, conseqüentemente, das respetivas reconstruções. Concretamente, o ato de reabilitar implica reduções do consumo de energia no fabrico e na aplicação dos materiais de construção, atenuando assim as emissões de dióxido de carbono (Appleton, 2011).

Outra das vantagens ambientais decorrentes da reabilitação prende-se com o facto de se tornar possível o uso de materiais caracteristicamente mais tradicionais, como por exemplo a madeira, a cal, a pedra e a areia, ao invés do uso de materiais artificiais produzidos industrialmente, como o cimento, aço, alumínio e materiais poliméricos (Appleton, 2011).

Em termos económicos, a opção de se preservar uma construção existente, reabilitando-a, apresenta as seguintes vantagens, quando comparada com a opção de se demolir e reconstruir:

- Redução dos custos de demolição;
- Redução dos custos relacionados com licenças e taxas;
- Maior facilidade na aprovação de projetos;
- Redução dos custos de estaleiro;
- Redução das perturbações do tráfego em meio urbano;
- Colocação mais fácil de produtos de construção;
- Redução das quantidades de novos materiais (Appleton, 2011).

Não obstante de, em obras de reabilitação, os preços unitários dos trabalhos serem mais elevados quando comparados com obras de nova construção, o custo total da intervenção pode ser inferior, constituindo assim uma das grandes vantagens da reabilitação (Appleton, 2011).

Assim, tomando em consideração os dados e considerações acima referidas, a reabilitação torna-se não só necessária mas, principalmente, imprescindível quer como garantia de continuidade e crescimento do

setor da construção no país, quer, principalmente, como meio de preservação da memória coletiva de todos nós (Freitas *et al.*, 2012) (Silva, 2015).

2.4 PRINCIPAIS FASES DO PROCESSO DE REABILITAÇÃO

2.4.1 Diagnóstico

Nesta fase levanta-se a questão da finalidade da intervenção, isto é, se se pretende intervir, repondo o nível de qualidade inicial ou se o pretendido é efetuar obras que têm como finalidade melhorar as suas condições de funcionamento, aproximando-o o mais possível às condições de exigência de conforto e qualidade atuais (Freitas *et al.*, 2012).

Para isso, torna-se necessário um estudo de diagnóstico, onde se deve avaliar o estado de conservação do edifício e delinear estratégias a levar a cabo para que o programa aprovado no estudo de viabilidade seja cumprido. Tal estudo de diagnóstico deve ser sustentado em ações de inspeção e levantamento que sustentem e ajudem a definir as ações de intervenção mais adequadas, como por exemplo a reabilitação, o restauro ou, em último caso, a substituição ou demolição de alguns elementos. (Freitas *et al.*, 2012)

A informação obtida num estudo de diagnóstico deve ser devidamente sistematizada a fim de facilitar a sua compreensão, contendo os seguintes pontos:

- Introdução;
- Localização e descrição do edifício;
- Descrição dos elementos construtivos em análise;
- Sondagens, medições e ensaios;
- Caracterização do estado de degradação e identificação das anomalias;
- Enumeração das causas mais prováveis para a ocorrência dos diferentes tipos de anomalias;
- Proposta de metodologia para os trabalhos de reabilitação;
- Estimativas de custos;
- Conclusão.

Assim, um estudo de diagnóstico bem elaborado e adequado torna-se um elemento importantíssimo no decorrer do restante processo de reabilitação (Freitas *et al.*, 2012).

2.4.2 Viabilidade da intervenção

Qualquer operação de reabilitação deve ter como primeiro passo uma análise de viabilidade e definição do programa, sendo que este deve ser adaptado ao edifício e nunca o contrário (Freitas *et al.*, 2012).

Posto isto, como já foi referido no item 2,1, torna-se necessário obter um conhecimento o mais aprofundado possível do imóvel a reabilitar, levando a cabo ações de pesquisa documental, levantamento métrico, reconhecimentos e todas as tarefas que se considerem importantes nesta fase para que, posteriormente, se possa elaborar um adequado diagnóstico (Freitas *et al.*, 2012).

No entanto, para que a decisão de promover ou não uma determinada ação de reabilitação seja tomada, é necessário avaliar a sua viabilidade, ponderando os vários aspetos de exequibilidade, tais como os financeiros, técnicos, de tempo e de espaço (Freitas *et al.*, 2012).

Assim, após os trabalhos de diagnóstico deve-se realizar um estudo que demonstre a viabilidade técnica e económica da obra.

Os trabalhos de diagnóstico auxiliam na determinação das prioridades na obra de reabilitação, assim, após esta determinação, deve-se fazer uma estimativa dos custos, tendo sempre em conta os trabalhos a realizar, os eventuais estudos mais profundos sobre o edifício, a possível necessidade de realojamentos e as possíveis indemnizações.

No entanto, este processo torna-se difícil uma vez que não é possível definir com certeza a quantidade de trabalhos que se deverão executar, além disso, esses trabalhos são, por norma, executados em condições desfavoráveis; outra das limitações deste tipo de trabalho é a limitação do espaço exterior para o estaleiro (Rocha, 2008).

2.4.3 Definição estratégica

Neste passo, o dono de obra tem já conhecimento das necessidades de intervenção no edifício, das possíveis soluções de reabilitação e seus respetivos custos. Desta forma, deve avaliar os diferentes aspetos técnicos e económicos e, posteriormente, definir uma estratégia de intervenção. É de salientar que soluções diferentes apresentam, também, custos e durabilidades diferentes, pelo que a análise técnico-económica das soluções propostas é de extrema importância (Freitas *et al.*, 2012).

2.4.4 Projeto de execução

Nesta fase, dever-se-á elaborar um projeto de execução, contendo toda a informação detalhada dos trabalhos pretendidos.

O projeto de execução deverá ser constituído por um conjunto de peças desenhadas e por um conjunto de peças escritas; é de salientar que ambos os conjuntos deverão ser elaborados com o máximo de precisão e detalhe de forma a não incorrer em erros desnecessários aquando da execução dos trabalhos.

Este projeto deverá ser um projeto global que inclua todos os projetos parcelares necessários à reabilitação de um edifício.

É importante ressaltar que, quando a obra é muito complexa e intrusiva, poderá existir a necessidade de elaboração de um anteprojeto e de um projeto base; não esquecendo nunca a constante revisão do projeto.

Este é um passo importante na medida em que o sucesso das operações de reabilitação depende da qualidade deste projeto (Freitas *et al.*, 2012).

2.4.5 Análise técnico-económica de propostas

A análise técnico-económica das diferentes propostas, levada a cabo pelo projetista ou pelo coordenador do projeto, tem o seu sucesso dependente do número de propostas apresentadas por diferentes empresas de construção. No entanto, normalmente, são verificadas variações de preço algo significativas, podendo ser explicadas pelos seguintes aspetos:

- Deficiente especificação dos trabalhos;
- Desconhecimento da tecnologia e metodologia propostas pelo empreiteiro;
- Reduzido número de empresas especializadas em processos de reabilitação (Freitas *et al.*, 2012).

Assim, uma análise correta das propostas apresentadas deve contemplar os seguintes passos:

- Analisar comparativamente os preços unitários, de modo a despistar possíveis preços inflacionados;
- Contemplar e estudar as eventuais alternativas apresentadas;
- Avaliar, sob o ponto de vista da capacidade técnica, as diferentes empresas concorrentes;
- Elaborar uma análise que englobe os vários critérios, tais como o preço, experiência, prazos, garantias, etc. (Freitas *et al.*, 2012).

2.4.6 Execução da obra

Este é o ponto que culmina todo o processo. Não obstante de todos os passos anteriores serem bem executados, esta fase exige, por parte do projetista, um acompanhamento apertado e rigoroso na execução dos trabalhos, uma vez que, é muito frequente o aparecimento de pequenas imprecisões, ajustes e adaptações a introduzir já em fase de obra (Freitas *et al.*, 2012).

2.5 LEGISLAÇÃO E DOCUMENTOS NORMATIVOS A APLICAR EM REABILITAÇÃO

As exigências regulamentares bem como os mecanismos previstos na legislação portuguesa relativos a obras de conservação dos edifícios constituem instrumentos cruciais para incentivar, do ponto de vista legal, os trabalhos de conservação e reabilitação do património edificado (Freitas *et al.*, 2012).

No que se refere ao património edificado corrente, o artigo 9º do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) contemplava a realização de obras de conservação regulares, estabelecendo uma periodicidade de oito anos para serem efetuadas operações de reparação e beneficiação nas edificações existentes, com o propósito de serem resolvidas as deficiências resultantes do seu uso normal, mantendo-as em boas condições de utilização, em consonância com todos os aspetos mencionados no Regulamento. Tal obrigatoriedade de realização de obras de conservação é reforçada no artigo 89º do novo Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação (RJUE) (Freitas *et al.*, 2012).

Em termos legislativos, também as Câmaras Municipais reservam-se no direito de, oficiosamente ou mediante o requerimento de qualquer interessado, determinar a execução de obras de conservação que se considerem necessárias para a correção ou eliminação de deficientes condições de segurança, salubridade e higiene ou, se for caso disso, ordenar a demolição total ou parcial de construções que se apresentem em estado de ruína, ou que constituam perigo para a saúde pública e para a segurança das pessoas (Freitas *et al.*, 2012).

No âmbito mais técnico das intervenções em edifícios, existe um conjunto de regulamentos e documentos normativos, de índole mais específica, que contemplam informação técnica direta ou indiretamente relacionada com a reabilitação de edifícios (Freitas *et al.*, 2012).

Contudo, uma das grandes dificuldades que os documentos normativos colocam no campo da reabilitação prende-se com o facto de a maioria deles terem sido desenvolvidos e pensados para a construção nova (Freitas *et al.*, 2012).

Assim, enquanto não existe regulamentação específica a aplicar em intervenções de reabilitação, os responsáveis pelos diversos projetos deverão, para além de fazer com que as exigências regulamentares sejam cumpridas, contemplar e aplicar as diversas dispensas e alternativas previstas. Um exemplo dessas dispensas surge no RJUE (Decreto-Lei nº 555/99 de 16 de Dezembro), em que se prevê que não sejam estritamente aplicados os regulamentos técnicos nos projetos de reabilitação, uma vez que, no seu artigo 60º refere-se que “... as edificações construídas ao abrigo do direito anterior e as utilizações respectivas não são afectadas por normas legais e regulamentares supervenientes à construção originária” sendo que “a concessão de licença ou autorização para a realização de obras de reconstrução ou de alteração das edificações não pode ser recusada com fundamento em normas legais ou regulamentares supervenientes à construção originária, desde que tais obras não originem ou agravem desconformidade com as normas em vigor, ou tenham como resultado a melhoria das condições de segurança e de salubridade da edificação” (Freitas *et al.*, 2012).

Seguidamente, serão apresentados alguns aspetos legais e normativos aplicáveis a várias especialidades quando aplicadas no campo da reabilitação de edifícios:

2.5.1 Aplicação de legislação no domínio das estruturas

No âmbito do projeto e da verificação da segurança dos elementos estruturais, existem vários regulamentos e documentos normativos aplicáveis e diferenciados em função do tipo de material de construção. No entanto, para a realização das verificações de segurança no domínio das estruturas, em edifícios já existentes e, nomeadamente, edifícios antigos, não existe regulamentação específica para aplicar nesses casos. Contudo, a Parte 3 do Eurocódigo 8 contém disposições relativas à análise, reparação e reforço da resistência relativa aos aspetos sísmicos dos edifícios (Freitas *et al.*, 2012).

No entanto, a aplicabilidade dos códigos atuais restringe-se, quase exclusivamente, às construções novas e não aos edifícios já existentes. Assim, quando se está perante edifícios antigos a necessitar de operações de reabilitação, verifica-se uma sobrevalorização dos coeficientes de segurança constantes na regulamentação, associados a valores característicos das ações e da resistência dos materiais, fazendo com que a consequência do uso destes coeficientes implique intervenções muito intrusivas, não justificáveis na maior parte dos casos (Freitas *et al.*, 2012).

2.5.2 Aplicação de legislação no domínio da segurança contra incêndio

No campo da segurança contra incêndios, o Regulamento Geral da Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RG-SCIE) prevê que as suas disposições fossem aplicadas a edifícios a construir e, também, a edifícios já existentes, quando são previstas para estas alterações ou significativas ampliações. Contudo, em circunstâncias em que, no caso dos edifícios já existentes, se prevê também que possam não ser cumpridas algumas das suas disposições, quando estas se manifestassem de concretização desproporcionada, estas poderão não ser aplicadas e acompanhadas de devida justificação (Freitas *et al.*, 2012).

No entanto, o Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndio em Edifícios – Decreto-Lei nº 220/2008, de 12 de Novembro (RJ-SCIE) restringe a flexibilidade da não aplicação de algumas disposições a edifícios classificados, sendo os edifícios constituintes do parque edificado corrente abordados da mesma forma que as novas construções, originando assim muitas incompatibilidades de projeto em termos de reabilitação, uma vez que um edifício antigo não possui as mesmas características, quer de áreas dos espaços, quer da sua própria morfologia, quando comparados com um edifício construído nos dias de hoje (Freitas *et al.*, 2012).

2.5.3 Aplicação de legislação no domínio da higrotérmica e da ventilação

Existem certos regulamentos que referem alguns dos aspetos relativos às condensações e à qualidade do ar no interior das edificações. É exemplo desses regulamentos o REH (Regulamento de Desempenho

Energético dos Edifícios de Habitação, aprovado pelo Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto), que referencia valores mínimos para o coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca, permitindo assim, de forma indireta, proceder a um controlo das condensações, sendo aplicado a construções novas e a grandes operações de reabilitação (Freitas *et al.*, 2012).

Sendo a ventilação fundamental para assegurar a qualidade do ar interior e, também, a principal solução para que sejam evitadas patologias de carácter higrotérmico, deve assim ser equacionada e integrada no projeto de arquitetura, uma vez que não existem regulamentos especificamente direcionados para a higrotérmica (Freitas *et al.*, 2012).

2.5.4 Aplicação da legislação no domínio da acústica

As disposições regulamentares em vigor aplicadas no âmbito da acústica em edifícios estão definidas quer no Decreto-Lei nº 09/2007 de 17 de janeiro – Regulamento Geral do Ruído (RGR), sendo este posteriormente retificado pela declaração de retificação nº 18/2007 de 16 de março e alterado pelo Decreto-Lei nº 278/2007 de 1 de agosto, quer no Decreto-Lei nº 96/2008 de 6 de junho – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) (Freitas *et al.*, 2012).

Por conseguinte, importa questionar quanto à obrigatoriedade da aplicação dos documentos legislativos enunciados no parágrafo anterior, quando se está perante uma operação de reabilitação num dado edifício. Como resposta a tal dúvida, os próprios regulamentos descrevem, no seu âmbito de aplicação, em que casos a utilização deles é obrigatória ou, simplesmente recomendada. Posto isto, o RRAE refere que as normas nele contidas se aplicam a construções novas, reconstruções ou a ampliações, indicando que para edifícios habitacionais ou que, acrescido a esse uso, se destinem também a comércio, serviços ou diversão. Simultaneamente, o RGR, no seu artigo 2º, ponto 1, define que a aplicabilidade deste se destina “às actividades ruidosas permanentes e temporárias e a outras fontes de ruído susceptíveis de causar incomodidade, designadamente: a) construção, reconstrução, ampliação, alteração ou conservação de edificações”. Analisando o descrito neste documento, é possível concluir-se que a sua aplicação só é destinada à reabilitação em casos em que os trabalhos necessários para a sua execução provoquem ruído, em níveis que podem causar incomodidade aos edifícios e atividades localizadas na envolvente do edifício intervencionado (Freitas *et al.*, 2012).

Assim, a obrigatoriedade da aplicação dos regulamentos destinados à acústica nos edifícios antigos, quando sujeitos a ações de reabilitação, não é taxativa ou assertiva, sendo, por isso, que tais exigências sejam aplicadas ou não, consoante a decisão do projetista (Freitas *et al.*, 2012).

2.5.5 Aplicação da legislação no domínio da térmica

Com o crescimento gradual das preocupações da maioria da população no que toca aos gastos energéticos das suas habitações, nomeadamente nos custos que estes acarretam ao nível dos aparelhos de climatização, ou outros mecanismos reguladores da temperatura no interior dos fogos, bem como dos sistemas de aquecimento de águas sanitárias, surge, em 2002, a Diretiva Europeia 2002/91/CE, tendo como principais objetivos a adoção de metodologias de cálculo do desempenho energético de cada edifício, estabelecendo requisitos mínimos desse mesmo desempenho, aplicados em edifícios a construir ou em significativas intervenções de reabilitação (Freitas *et al.*, 2012).

Consequentemente, essa diretiva foi transposta e adaptada para a regulamentação portuguesa, obrigando assim a que se procedesse a uma revisão da regulamentação existente até então, no nosso país. Desta revisão resultou um conjunto de modificações e otimizações, obtendo-se: RCCTE – Decreto-Lei nº 80/2006 e Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios (RSECE) – Decreto-Lei nº 79/2006. Para além da revisão destes documentos normativos, foi também publicado o Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)– Decreto-Lei nº 78/2006, no entanto, estes decretos foram posteriormente revogados pelo Decreto de Lei 118/2013 de 20 de Agosto, sendo este último o que se encontra, atualmente, em vigor (Freitas *et al.*, 2012).

Na reabilitação de edifícios, sob o ponto de vista energético, há que ter em consideração o facto de determinadas soluções poderem correr o risco de ser demasiado intrusivas e incompatíveis com os princípios da preservação da arquitetura tradicional e da durabilidade dos materiais, tão importantes em reabilitação. Um exemplo dessas soluções poder-se-á encontrar no cuidado a ter com os diversos impactos decorrentes da colocação de painéis solares, de modo a que estes não constituam uma mudança radical na arquitetura do edifício, nem que a sua colocação não se traduza em custos demasiado elevados (Freitas *et al.*, 2012).

Por conseguinte, o cumprimento das disposições regulamentares previstas no RCCTE de forma estrita torna-se uma tarefa inglória, quando estamos perante um caso de reabilitação, uma vez que, é fundamental que haja um equilíbrio entre aquilo que o regulamento exige e aquilo que é possível implementar, sem influenciar negativamente as características do edifício. Na sua última versão, em 2006, o RCCTE atribuíra um peso significativo e, de certa forma, desajustado, no que toca ao uso de sistemas com recurso a energias renováveis e a utilização de sistemas eficientes para a produção de Águas Quentes Sanitárias. Deste modo, esse recurso a energias renováveis traduz-se na integração, nas coberturas, de coletores solares, cujo processo se pode tornar complexo e moroso (Freitas *et al.*, 2012).

Assim, decorridos alguns anos após a entrada em vigor das últimas versões dos regulamentos vocacionados para as questões relacionadas com a qualidade do ar e da térmica das edificações, estes

entraram num processo de revisão, tal como exigira a Diretiva Europeia mencionada anteriormente, que reiterava que estes fossem revistos e, se necessário, alterados em períodos não superiores a cinco anos (Freitas *et al.*, 2012).

Deste modo, o esquema da Figura 2.3 representa a evolução cronológica da regulamentação técnica no domínio do conforto térmico das edificações até aos dias de hoje, culminando assim no Decreto-Lei 118/2013, que engloba três regulamentos, nomeadamente o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE); o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e, por fim, o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

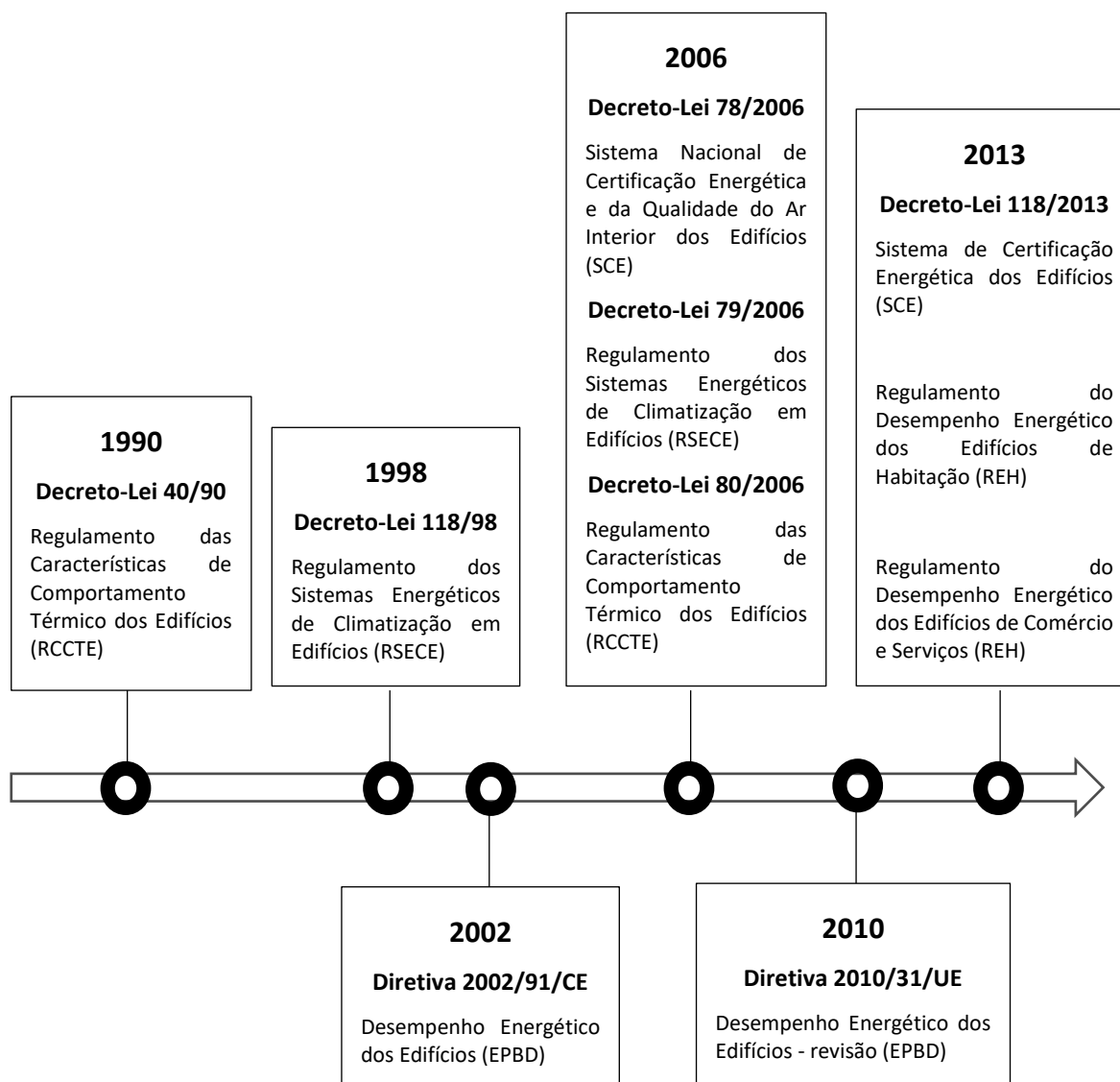


Figura 2.3 — Esquema representativo da cronologia da regulamentação térmica dos edifícios.

Fonte: (Corvacho, 2014)

Da análise da Figura 2.3, constata-se que a redação da última versão da regulamentação destinada à certificação energética dos edifícios, resultante da transposição para a regulamentação nacional dos

artigos dispostos na Diretiva nº 2010/31/EU, data de 2013, tendo originado uma revisão da regulamentação praticada até então, possibilitando, desde logo, a introdução de melhorias no que toca à sistematização e âmbito de aplicação, uma vez que inclui no mesmo documento três regulamentos (SCE, REH e RECS), proporcionando uma maior clareza ao leitor deste quadro legislativo predominantemente técnico (ADENE e DGEG, 2013).

Simultaneamente, outra melhoria facilmente detetável prende-se com o facto de se separar, de forma clara, o âmbito de aplicação da regulamentação destinada à habitação e ao comércio e serviços – REH e RECS, respetivamente (ADENE e DGEG, 2013). Tal separação produz efeitos benéficos, uma vez que reconhece as especificidades técnicas de cada tipo de edifício, sendo que existem diferenças inerentes ao seu diferente uso e, conseqüentemente, diferenças respeitantes aos gastos de energia necessários para que o conforto dos seus ocupantes seja garantido.

Com a introdução das últimas atualizações neste quadro legislativo, também o mecanismo para a obtenção da classe energética de um dado edifício ou fração autónoma sofre ligeiras alterações, sendo necessário obter, em primeiro lugar o resultado do coeficiente R_{Nt} , de acordo com (2.1):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \tag{2.1}$$

Onde:

N_{tc} – valor correspondente às necessidades nominais de energia primária;

N_t – corresponde ao valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária.

Uma vez encontrado o resultado da equação (2.1), é possível determinar a classe energética, em edifícios de habitação, recorrendo ao Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Classes energéticas dos edifícios de habitação, segundo Sistema de Certificação Energética proveniente do Decreto-Lei 118/2013,

Limites		Classe Energética	Valor de R_{Nt}
Reabilitação	Construção nova	A+	$R_{Nt} \leq 0,25$
		A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
		B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
		B-	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
		C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
		D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
		E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
		F	$R_{Nt} \geq 2,51$

2.6 REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

A sociedade tende a evoluir cada vez mais, em termos energéticos, essa evolução é sinónimo de um aumento de consumo (Silva, 2014).

Nas habitações, existem vários fatores que determinam o consumo de energia:

- Qualidade da construção;
- Tipo de isolamento térmico;
- Tipo de equipamentos utilizado;
- Utilização dada ao edifício (Silva, 2014).

Em Portugal, o setor residencial, que possui cerca de 3,9 milhões de alojamentos, representa 17.7% do consumo de energia final em termos nacionais, sendo que 30% reportam à eletricidade. (Silva, 2014)

Um habitação portuguesa, consome, em média, 3700 kWh por ano, sendo que desse valor, cerca de 10,7% são referentes ao aquecimento/arrefecimento do ambiente (Silva, 2014).

Assim, a reabilitação energética assume um papel muito importante, uma vez que, ao promover um melhoramento térmico nas habitações, o gasto de energia referentes ao aquecimento/arrefecimento do ambiente das mesmas diminuirá, resultando assim numa diminuição do consumo energético.

A reabilitação energética dos edifícios constitui uma especificidade inserida no grande tema da reabilitação de edifícios, podendo ser caracterizada como aquela intervenção levada a cabo num determinado edifício existente, tendo como principal objetivo a busca de melhorias significativas no campo da qualidade térmica e energética do mesmo, conferindo-lhe assim uma qualidade superior à que ele possuía à época da sua construção (Santos, dos, 2012).

Assim, esta temática vai de encontro ao disposto na Diretiva nº 2010/31/EU, que define metas para que, até 2020, sejam alcançados três grandes objetivos relacionados com as questões ambientais e às quais os edifícios e construções não se podem dissociar, tal como ilustra o esquema da Figura 2.4 (DGGE, 2004).



Figura 2.4 — Esquema representativo das metas ambientais propostas pela União Europeia para o ano de 2020,

Fonte: (Comissão Europeia, 2010)

Tais recomendações, quando aplicadas a edifícios, são relacionadas com o conceito de “NZEB”, que traduz a sigla de língua inglesa para definir Edifícios com Necessidades Quase Nulas de Energia.

A definição deste conceito gera, ainda, alguma controvérsia no seio da comunidade científica internacional, uma vez que se torna difícil a obtenção de uma padronização metodológica no que se refere ao cálculo do balanço energético de um dado edifício. No entanto, poder-se-á definir os Edifícios com Necessidades Quase Nulas de Energia como sendo aqueles que apresentam uma elevada eficiência energética associada a uma produção de energia que garanta a cobertura total ou quase total da energia de que necessita, traduzindo-se assim num desempenho positivo dos edifícios no que toca às questões ambientais (Pereira, 2013).

Assim, de modo simplificativo poder-se-á aferir que estes edifícios produzem, em termos energéticos, aproximadamente aquilo que precisam para funcionar, tal como ilustra o esquema da Figura 2.5.

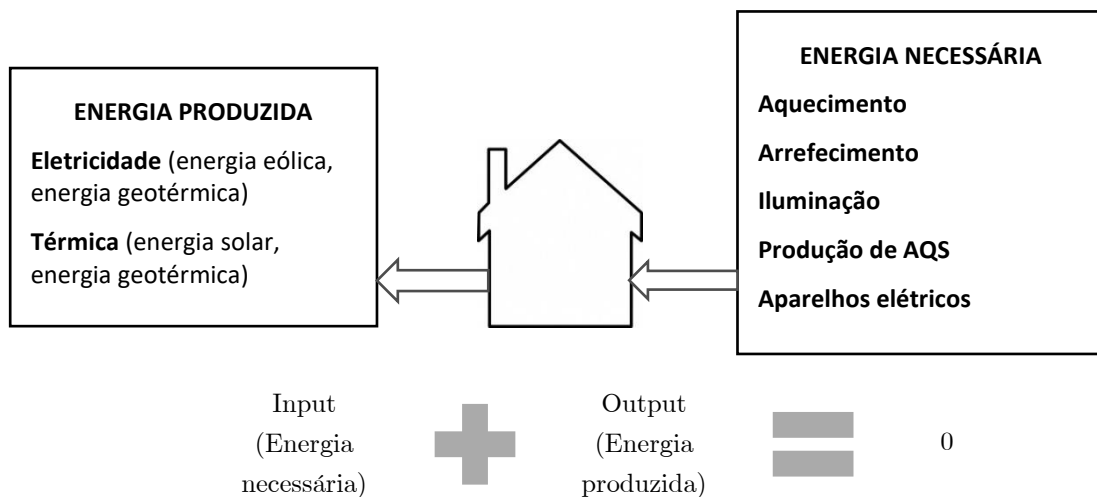


Figura 2.5 — Esquema representativo do princípio dos Edifícios com necessidades nulas ou quase nulas de energia.

Fonte: (Gonçalves, 2011)

Não obstante de todas estas metas europeias serem aplicadas, essencialmente, a edifícios novos ou a construir, também as construções alvo de intervenções de reabilitação não são deixadas de parte, embora com as devidas ressalvas, como indica artigo 7º da presente Diretiva Europeia, onde se pode ler que “... *aquando da realização de grandes renovações em edifícios, o desempenho energético do edifício ou da sua parte renovada seja melhorado, a fim de cumprir os requisitos mínimos de desempenho energético (...), na medida em que tal seja possível do ponto de vista técnico, funcional e económico*” (Comissão Europeia, 2010).

Deste modo, a reabilitação energética de edifícios antigos constitui um passo importantíssimo para que sejam garantidas condições de conforto e salubridade aos seus ocupantes, sem, no entanto, inflacionar

em demasia a fatura energética, de modo a não sobrecarregar o proprietário da habitação em termos de custos e, fundamentalmente, de maneira a evitar excessivos gastos de recursos naturais para a produção de energia, produzindo um impacto negativo para o meio ambiente.

Assim, quando se trata de reabilitar um edifício ou uma fração autónoma em termos energéticos, torna-se uma boa prática, numa primeira abordagem, a preocupação para a adoção de soluções passivas, como por exemplo, o uso de alternativas que levem a uma melhoria significativa dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos constituintes da envolvente opaca, a execução de correções de anomalias em pontes térmicas (se possível) e, também, um cuidado com as ligações entre os panos de parede exterior com os vãos envidraçados, sendo estes normalmente problemáticos no que toca às suas características de permeabilidade face à temperatura que se faz sentir no exterior.

Por conseguinte, só após uma abordagem das soluções passivas, suscetíveis de adotar a cada caso, se pode aferir quanto ao tipo de equipamentos a utilizar para controlar a temperatura do ar interior (se necessário, nos casos em que as soluções passivas não resolverem satisfatoriamente o problema), tanto na estação de aquecimento como na de arrefecimento, tendo sempre em consideração os seus rendimentos, isto é, a ponderação entre as suas capacidades de produção energética e os seus custos associados.

A reabilitação energética pode dividir-se em dois grandes grupos:

- Melhorias contrutivas:
 - Reforço da proteção térmica;
 - Controlo das infiltrações de ar;
- Melhorias dos sistemas técnicos.:
 - Melhoria da eficiência dos sistemas e equipamentos energéticos;
 - Recurso a tecnologias solares passivas (DGGE, 2004).

Neste projeto serão exploradas apenas as melhorias construtivas.

O controlo das infiltrações de ar poderá ser obtido através da reparação e eventual reabilitação da caixilharia exterior (DGGE, 2004).

O reforço da proteção térmica pode ser obtido através do aumento do isolamento térmico dos elementos da envolvente, tais como: paredes exteriores, pavimentos sobre espaços exteriores ou não aquecidos, coberturas e vãos envidraçados; ou recorrendo ao controlo dos ganhos solares através dos vãos envidraçados (DGGE, 2004).

O aumento do isolamento térmico nas paredes exteriores promove uma diminuição do consumo de energia e o aumento do conforto térmico e poderá ser concretizado de três formas:

- Isolamento térmico exterior:
 - Revestimentos independentes com interposição de um isolante térmico no espaço de ar;
 - Sistemas compósitos de isolante térmico pelo exterior (ETICS);
 - Revestimentos isolantes;
- Isolamento térmico interior:
 - Colocação de painéis pré-fabricados;
 - Execução de uma contra fachada no lado interior da parede que se pretender reabilitar;
- Isolamento térmico em caixa de ar (apenas exequível em paredes duplas);
 - Incorporação de materiais isolantes soltos;
 - Injeção de espumas na caixa de ar (DGGE, 2004).

Relativamente aos pavimentos, é de especial importância o aumento do isolamento térmico nestes locais, quando estes se encontram sobre espaços exteriores ou sobre espaços não aquecidos, tais como garagens (DGGE, 2004).

Existem três tipos de colocação de isolamento nos pavimentos:

- Isolamento térmico inferior;
- Isolamento térmico intermédio (apenas exequível em pavimentos com vazios);
- Isolamento térmico superior (DGGE, 2004).

A colocação de isolamento térmico pelo inferior, é, sempre que possível, preferencial, uma vez que é de mais fácil acesso (DGGE, 2004).

Por último, a colocação de isolamento térmico nas coberturas é de especial importância, uma vez que estes elementos são aqueles onde se verificam maiores amplitudes térmicas. (DGGE, 2004) Para a colocação do isolamento, deve ter-se em conta os dois tipos de coberturas existentes:

- Coberturas inclinadas:
 - Isolamento da esteira horizontal;
 - Isolamento das vertentes;
- Coberturas horizontais:
 - Isolamento térmico superior;
 - Cobertura invertida;
 - Isolante térmico suporte da impermeabilização;
 - Isolamento térmico intermédio;
 - Isolamento térmico inferior (DGGE, 2004).

As medidas de certificação energética, do ponto de vista custo-benefício têm a seguinte ordem de importância:

- 1) Coberturas;
- 2) Pavimentos sobre espaços exteriores;
- 3) Paredes exteriores (DGGE, 2004).

É de salientar que os vãos envidraçados têm grande peso no balanço térmico global de um edifício, uma vez que no Inverno podem provocar situações de desconforto, tais como, correntes de ar e são responsáveis por cerca de 35% a 40% das perdas térmicas totais; e no Verão poderão provocar um sobreaquecimento interior (DGGE, 2004).

No entanto os custos de substituição de vidro simples por vidro duplo ou da substituição da caixilharias são, substancialmente, mais elevados do que os custos resultantes do aumento de isolamento nas paredes exteriores, pavimentos e coberturas (DGGE, 2004).

3 CASO PRÁTICO DE ESTUDO

No presente capítulo é apresentado o estado atual do edifício habitacional em estudo, sendo, numa primeira fase, descritos os elementos que o compõem, desde a sua estrutura até aos elementos constituintes da sua envolvente e, posteriormente, é avaliado o seu desempenho energético, de acordo com o Decreto-Lei 118/2013 e suas respetivas portarias e despachos.

3.1 INTRODUÇÃO

O edifício em estudo foi construído no início do século XX, entre 1900 e 1905, sendo posteriormente ampliado no início da década de 70, do mesmo século. Assim, o edifício possui dois blocos construídos com recurso a diferentes técnicas e materiais, fruto das suas distintas épocas de construção, sendo designados no decorrer deste documento como edifício inicial e parte ampliada. Trata-se de uma habitação unifamiliar de tipologia T3, composta por dois pisos (rés-do-chão – piso 0 e primeiro andar – piso 1), tendo uma área útil de pavimento de 131,30 m². Na Figura 3.2 estão representadas as plantas dos dois pisos referidos, sendo o piso 0 (piso térreo) utilizado como garagem, lavandaria e arrumos e o piso 1 constituído pelos compartimentos de habitação, estando a fachada principal voltada para a orientação Nordeste (NE). Os rectângulos de cor vermelha representam a ampliação referida.

A habitação localiza-se na Rua 5 de Outubro, na freguesia de Avintes, pertencente ao concelho de Vila Nova de Gaia.



Figura 3.1 — Localização do edifício.

Fonte: (Google, 2016)

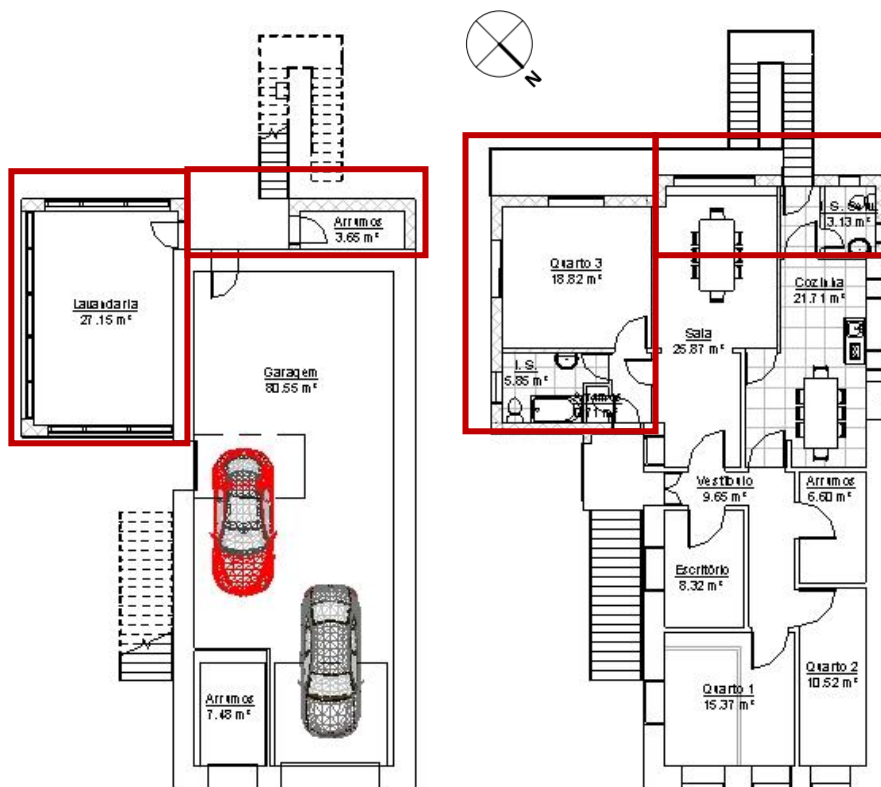


Figura 3.2 — Planta do piso 0 (à esquerda) e planta do piso 1 (à direita).

Todas as plantas e desenhos presentes neste documento foram elaboradas a partir de um levantamento métrico da habitação, recorrendo a um aparelho eletrónico de medição a laser, para efetuar medições de médio e longo alcance, e uma fita métrica, para medições de pormenores e distâncias iguais ou inferiores a 5 cm.

Após o referido levantamento, os desenhos foram transpostos para suporte digital, recorrendo, numa fase inicial, ao programa de desenho em 2D: “Autodesk AutoCad 2015” e, posteriormente exportados para o programa de modelação 3D: “Autodesk Revit 2015”. Na Figura 3.3, estão representados dois exemplos resultantes do programa de modelação 3D referido.

Todas as plantas, alçados e cortes necessários estão representados à escala considerada como mais conveniente para cada tipo de desenho no Anexo I.

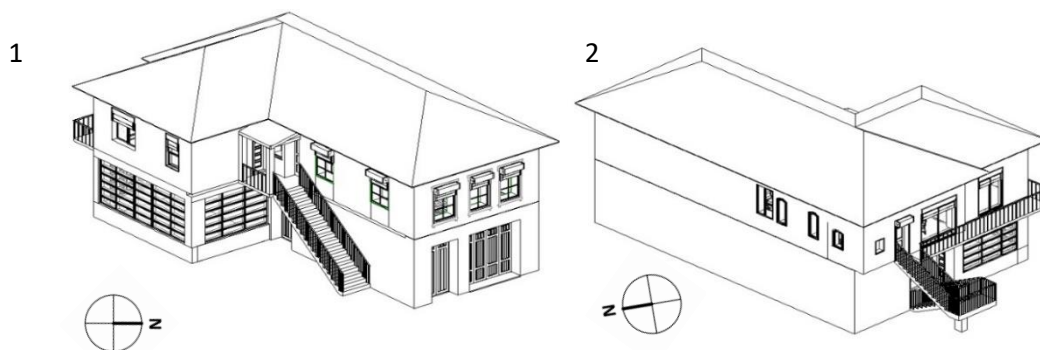


Figura 3.3 — Vistas 3D: 1 – Vista SE-NE. 2 - Vista NO-SO.

3.2 DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

Neste subcapítulo, é feita uma descrição dos elementos construtivos, ou seja, paredes exteriores e interiores, pavimentos, cobertura e todo o tipo de vãos (envidraçados e opacos) do edifício inicial e da parte ampliada.

3.2.1 Paredes Exteriores

No edifício em estudo existem dois grandes tipos de parede exterior. As mais antigas, constituintes do edifício inicial, são realizadas por uma alvenaria de pedra granítica com espessura 63 cm (excluindo os revestimentos), rebocadas com argamassa bastarda composta por areia, cal aérea e cimento Portland. As paredes exteriores do edifício construído inicialmente possuem uma grande espessura, que, para além garantir a separação do ambiente exterior do interior, garante também que sejam desempenhadas funções estruturais.

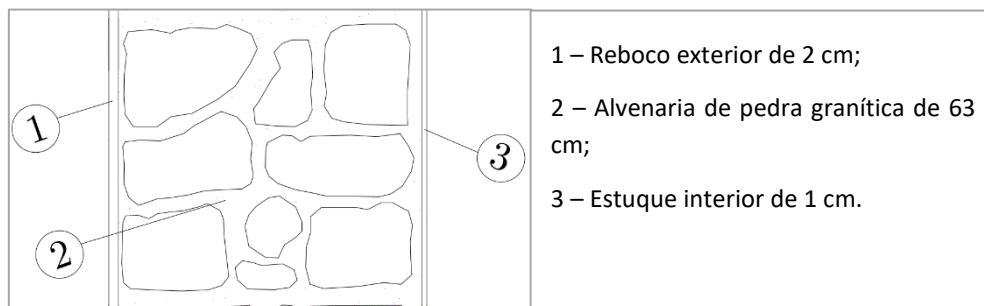


Figura 3.4 — Constituição das paredes exteriores do edifício inicial.

As paredes exteriores presentes na parte ampliada do edifício são compostas por dois panos de alvenaria de tijolo cerâmico, sendo o paramento exterior constituído por alvenaria de tijolo cerâmico de 15 cm de espessura e o paramento interior por alvenaria de tijolo cerâmico com 11 cm de espessura. Entre os dois panos de alvenaria existe uma caixa de ar com 3 cm, perfazendo uma espessura total de 29 cm, excluindo os revestimentos.

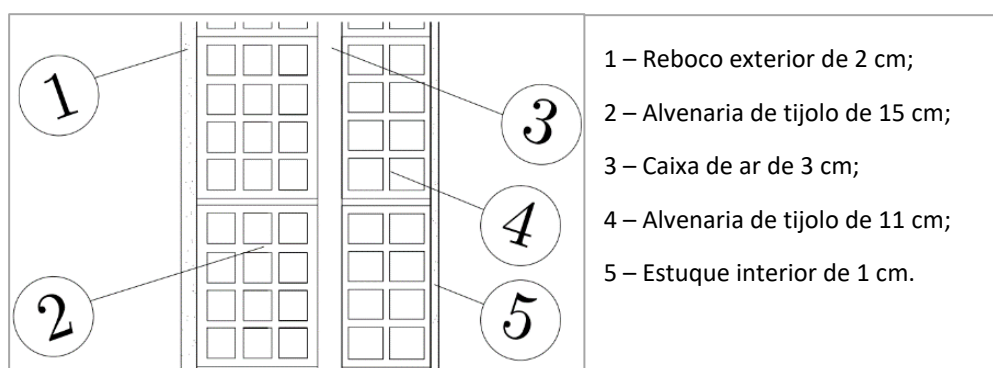


Figura 3.5 — Constituição das paredes exteriores da parte ampliada.

3.2.2 Paredes interiores

As paredes interiores do edifício inicial são executadas em tabique simples e constituídas por uma estrutura de madeira com várias camadas de tábuas. Deste modo, as tábuas verticais estão dispostas e alinhadas no plano da parede estando ligadas entre si, em ambas as faces, por tábuas de madeira de menor dimensão e dispostas horizontalmente, designadas por fasquio. Toda a estrutura de madeira atrás descrita é envolvida num reboco, como mostra a Figura 3.6. São estucadas em ambas as faces, recorrendo a argamassa de cal aérea, tendo como espessura total 13,5 cm.

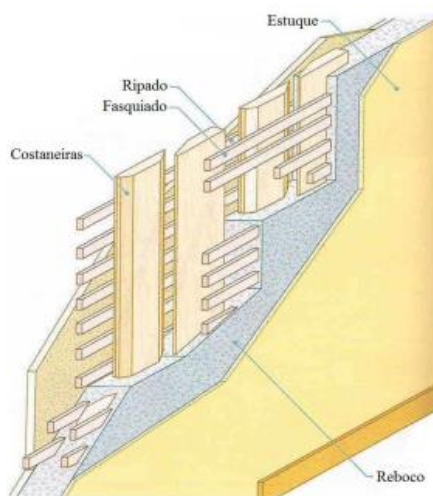


Figura 3.6 — Esquema representativo de uma parede-tipo de tabique.

Fonte: (Andrade, 2011)

As paredes interiores pertencentes à parte ampliada são constituídas por um único pano de alvenaria de tijolo de 11 cm de espessura, revestido com reboco em ambas as faces, com espessura de 15 mm, perfazendo uma espessura total de 14 cm.

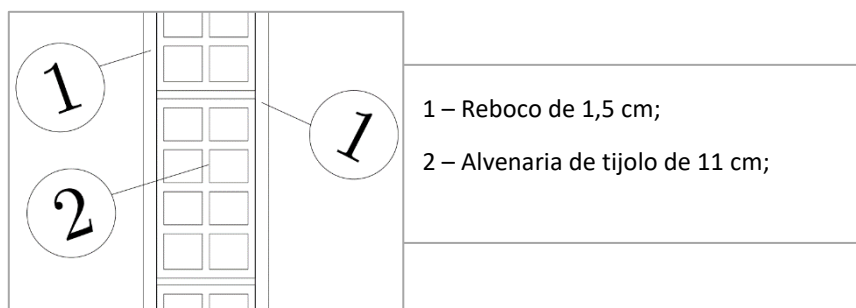


Figura 3.7 — Constituição das paredes interiores da parte ampliada.

3.2.3 Pavimentos

O pavimento do edifício inicial era, aquando da sua construção, constituído por uma estrutura realizada em madeira na sua totalidade. Porém, durante as obras de ampliação do edifício, as vigas principais de madeira foram substituídas por perfis metálicos de secção em “I”, dispostas paralelamente às de madeira que permaneceram até aos tempos de hoje. Assim sendo, atualmente o pavimento encontra-se apoiado nas paredes de alvenaria de pedra granítica, não atravessando completamente toda a espessura destas.

As vigas principais servem de apoio às vigas secundárias, realizadas em madeira (caibro), de menor secção, dispostas transversalmente às vigas principais. As vigas principais são metálicas (perfis em “I”) e possuem um reforço no seu banzo inferior, de modo a suportar sobre ele as vigas secundárias, tal como mostra a Figura 3.8.

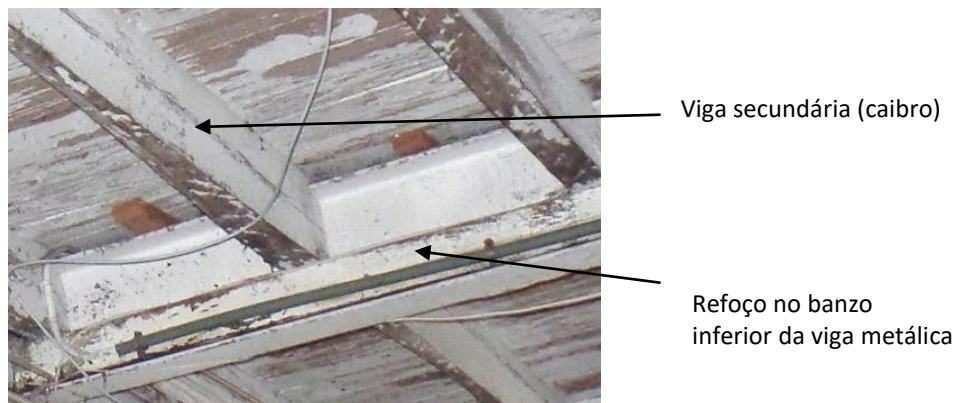


Figura 3.8 — Pavimento no edifício base (vigas metálicas e caibros).

Por fim, sobre as vigas principais e secundárias (caibro) está pregado um tabuamento composto por tábuas de secção rectangular com espessura de 3 cm, colocadas entre si de forma adjacente e contínua, formando assim o soalho. Sobre esta estrutura estão colocados os tacos de madeira que revestem o pavimento, com espessura de 1 cm, incluindo cola de assentamento ao soalho. Na cozinha, o revestimento superior do pavimento é realizado por tijoleira cerâmica com espessura de 1 cm, incluindo também a cola de assentamento.

Na Figura 3.9 estão representados os elementos do pavimento acima descritos.

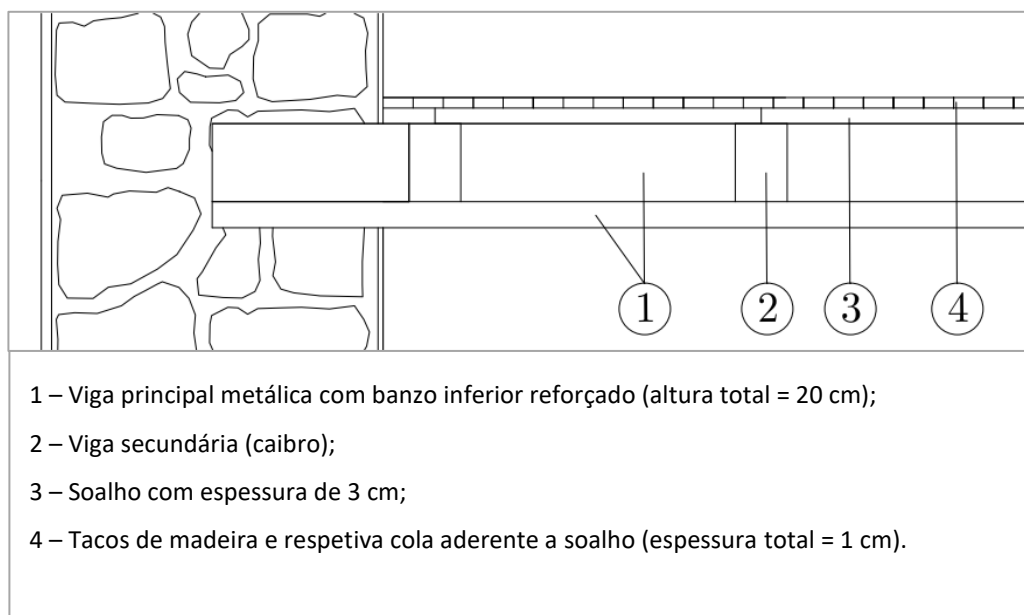


Figura 3.9 — Estrutura do pavimento do edifício inicial.

O pavimento existente na parte ampliada da habitação é constituído por uma laje aligeirada com 18 cm de altura com recurso a vigotas pré-esforçadas, revestida na parte inferior com reboco de 2 cm. Na parte superior encontra-se uma camada de regularização, com espessura de 3 cm, onde assentam a tijoleira cerâmica de 1 cm de espessura, nas zonas de cozinha e casas de banho, e os tacos de madeira nos restantes compartimentos, com espessura de 1 cm.

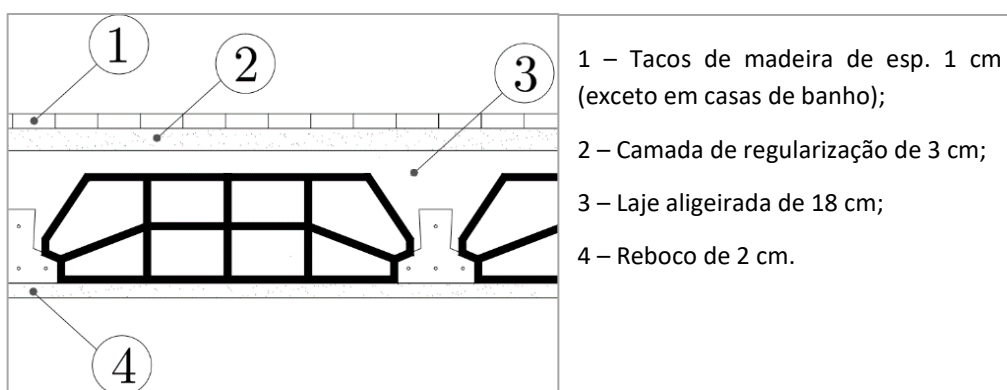


Figura 3.10 — Estrutura do pavimento da parte ampliada.

3.2.4 Cobertura

A cobertura em todo o edifício é realizada por uma estrutura de madeira, da qual fazem parte as asnas, madres, barrotes e ripas, tal como ilustra a Figura 3.11.

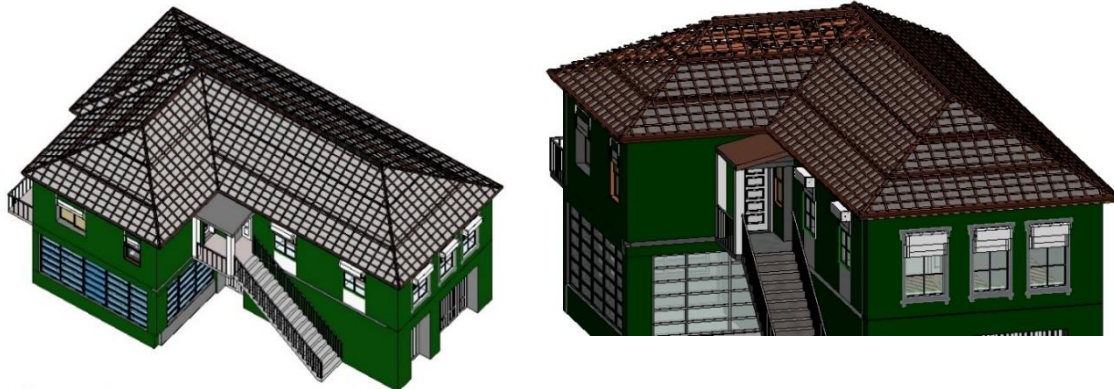


Figura 3.11 — Representação da estrutura de madeira da cobertura.

3.2.5 Revestimentos das paredes

As paredes exteriores, em ambos os pisos, são revestidas, na face exterior, com reboco pintado com tinta plástica de cor maioritariamente verde, como mostra a Figura 3.12.

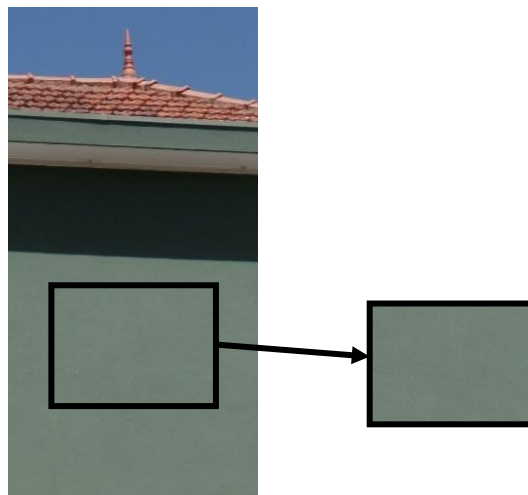


Figura 3.12 — Revestimento exterior das paredes exteriores.

No piso 1, as faces das paredes interiores e as faces interiores das paredes exteriores são estucadas e pintadas com tinta de água para interiores, com exceção da cozinha e das casas de banho em que as paredes estão revestidas com azulejo.



Figura 3.13 — Revestimentos interiores das paredes exteriores do piso 1,

No piso 0, as faces interiores das paredes exteriores são estucadas e pintadas com tinta de água para interiores, de cor branca, tal como mostra a Figura 3.14.



Figura 3.14 — Revestimento interior das paredes exteriores no piso 0,

3.2.6 Revestimento da cobertura

Toda a cobertura está revestida com telha MARSELHA, sem qualquer tipo de isolamento interior, tal como mostra a Figura 3.15.



Figura 3.15 — Telha MARSELHA presente na cobertura do edifício em estudo.

3.2.7 Revestimento dos pavimentos

No piso 1, os pavimentos são revestidos com tijoleira nas casas de banho e cozinha e com tacos de madeira nos restantes compartimentos. No piso 0, o pavimento é cimentado e desprovido de qualquer revestimento.

3.2.8 Vãos Envidraçados

Os envidraçados que fazem parte do edifício inicial são constituídos por vidro simples e caixilharias de madeira, com as caixas de estore localizadas no exterior das paredes e portadas de madeira no interior (Figura 3.16).

Na parte ampliada, os envidraçados são também realizados em vidro simples com caixilharias de alumínio lacado com cor branca, apresentando as caixas de estore embutidas nas paredes (Figura 3.17). Na cozinha, apesar de esta pertencer ao edifício inicial, possui envidraçados com caixilharia de alumínio, tal como também mostra a fotografia nº 2 da Figura 3.13 e a Figura 3.18.



Figura 3.16 — Vãos envidraçados do edifício inicial.

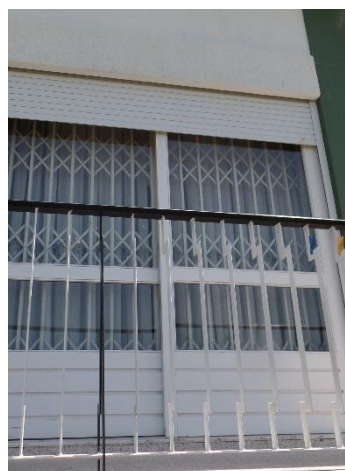


Figura 3.17 — Vão envidraçado da parte ampliada.

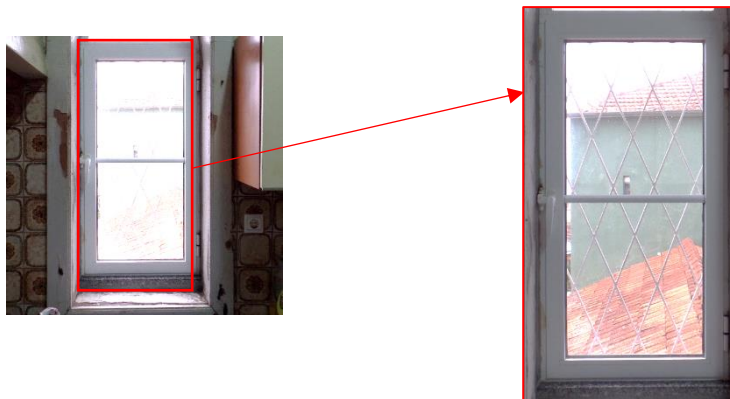


Figura 3.18 — Exemplo de envidraçado da cozinha com caixilharia metálica.

Os envidraçados da casa de banho de serviço e da cozinha não possuem qualquer proteção solar, como mostra a Figura 3.19.



Figura 3.19 — Vãos envidraçados da casa de banho de serviço.

3.2.9 Portas Exteriores (vãos opacos)

Tal como mostra a Figura 3.20, o edifício em estudo possui três portas de entrada para o piso 1, sendo todas elas realizadas em madeira pintada com cor branca pelo exterior. Existem duas portas com uma única folha (fotografias 2 e 3 da Figura 3.20) e apenas uma com duas folhas (fotografia 1 da Figura 3.20). Somente uma das portas é totalmente opaca (fotografia 2 da Figura 3.20), sendo que as restantes possuem envidraçados (fotografias 1 e 3 da Figura 3.20).

<p>1 - Porta de madeira com duas folhas e com envidraçados</p>	<p>2 - Porta de madeira com uma folha totalmente opaca</p>	<p>3 - Porta de madeira com uma folha e com envidraçados</p>

Figura 3.20 — Portas de acesso ao piso 1,

3.3 AVALIAÇÃO DO ESTADO ATUAL DO EDIFÍCIO SEGUNDO O DECRETO-LEI Nº 118/2013 E RESPETIVAS PORTARIAS

Dada a época em que o edifício foi construído (tanto o edifício inicial como a ampliação deste), constata-se que este não possui quaisquer cuidados construtivos relativos aos parâmetros de conforto térmico, uma vez que ainda nem sequer existia regulamentos que se debruçassem sobre este assunto. No entanto, neste trabalho, pretende-se efetuar o estudo térmico do edifício à luz da atual regulamentação para que, posteriormente, possam ser tomadas algumas medidas de melhoria que permitam colmatar possíveis lacunas existentes.

3.3.1 Resumo do procedimento de cálculo da classe energética

Para a avaliação do desempenho energético do edifício no seu estado atual e sua consequente classificação quanto à classe energética, é necessário, em primeiro lugar, proceder à **determinação das envolventes** do edifício em que se conhecem todos os elementos construtivos que contactam com o exterior ou com espaços não úteis.

Seguidamente é efetuado o **levantamento dimensional** do edifício, uma vez que este não possui qualquer peça desenhada ou escrita relativa à sua construção. O passo seguinte é a determinação do **zonamento climático** em que são conhecidas as características climáticas do local onde está inserido o edifício, tanto no inverno como no verão.

Posteriormente, definem-se os **requisitos dos espaços não úteis**, podendo estes ser classificados como espaços não úteis com requisitos de interior ou exterior.

De seguida, são calculados os **coeficientes de condutibilidade térmica** de cada elemento constituinte da envolvente, sendo estes inversamente proporcionais à sua resistência térmica.

Quanto aos **envidraçados**, é necessário saber qual a sua contribuição para a obtenção de perdas e ganhos térmicos em cada uma das estações (arrefecimento – verão e aquecimento – inverno).

Por último, definem-se os indicadores que permitem calcular a **taxa de renovação de ar** e as necessidades de energia para levar a cabo o **aquecimento de águas quentes sanitárias** (AQS).

Após todos estes passos, presentes neste capítulo, é possível a determinação da classe energética do edifício em estudo.

3.3.2 Levantamento dimensional da fração

No levantamento dimensional da fração em estudo estão descritas todas as dimensões necessárias para que seja possível efetuar o cálculo térmico da mesma. Dado que não existe nenhuma peça desenhada do edifício, todas as dimensões foram levadas a cabo com recurso a medidor de distâncias a *laser* para distâncias longas e fita métrica para distâncias curtas.

3.3.2.1 Área útil de pavimento e pé-direito

De acordo com o disposto na alínea e) do artigo 2º do DL 118/2013, a Área interior útil de pavimento é o resultado do somatório das áreas, medidas em planta e pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis que constituem a fração em estudo, no âmbito do REH.

Deste modo, foram medidas as áreas da fração em estudo e, também, o pé-direito das mesmas, como mostra o Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Levantamento dimensional da área útil de pavimento e do pé-direito.

Divisão	Área (m ²)	Pé Direito (m)
Quarto 1	15,37	3,07
Quarto 2	10,52	3,07
Escritório	8,32	3,07
Arrumos 1	6,60	3,07
Vestíbulo	9,65	3,07
Cozinha	21,71	3,07
Sala	25,87	3,07
Arrumos 2	0,71	3,07
I. S.	5,85	3,07
Quarto 3	18,82	3,07
I. S. Serviço	3,13	3,07
Hall	2,30	3,07
Hall de entrada	2,45	3,07
TOTAL	131,30	3,07

Assim sendo, para posteriores cálculos, os valores da área útil de pavimento e do pé-direito serão, respetivamente:

$$A_p = 131,30 \text{ m}^2$$

$$P_d = 3,07 \text{ m}$$

3.3.2.2 Áreas dos vãos envidraçados

Tal como consta da tabela 01 do Despacho (extrato) nº 15793-E/2013, que implementa regras de simplificação a aplicar no levantamento dimensional, as portas presentes na envolvente, cuja percentagem de área envidraçada seja inferior a 25%, são consideradas incluídas na secção de solução opaca corrente contígua sendo que, no caso contrário, são consideradas como vãos envidraçados.

Quadro 3.2 – Simplificação relativa às portas exteriores (vãos opacos).

Nome do vão opaco	Orientação	Área	Envidraçados		Simplificação
			Área [m ²]	Percentagem [%]	
VO1	SE	2,55	0,58	22,75	Solução opaca corrente
VO2	NE	1,68	0	0	Solução opaca corrente
VO3	SO	1,73	0,93	53,76	Vão envidraçado

Tal como mostra o Quadro 3.2, apenas o vão opaco VO3, orientado a Sudoeste (SO), possui uma percentagem de área envidraçada superior a 25%, logo será tratado como um vão envidraçado. Os restantes vãos opacos, VO1 e VO2, serão considerados como solução opaca corrente.

As áreas dos vãos envidraçados serão, para efeitos de cálculo, representados por A_w .

Tal como está referido na Figura 3.21, os vãos envidraçados estão divididos em três grandes categorias:

- **VE1** – envidraçados com caixilharia em madeira, caixa de estore exterior à parede, estore exterior e portada interior;
- **VE2** – envidraçados com caixilharia de alumínio, com estore pelo exterior e caixa de estore embutida na parede;
- **VE3** – envidraçados com caixilharia de alumínio sem qualquer dispositivo de oclusão.

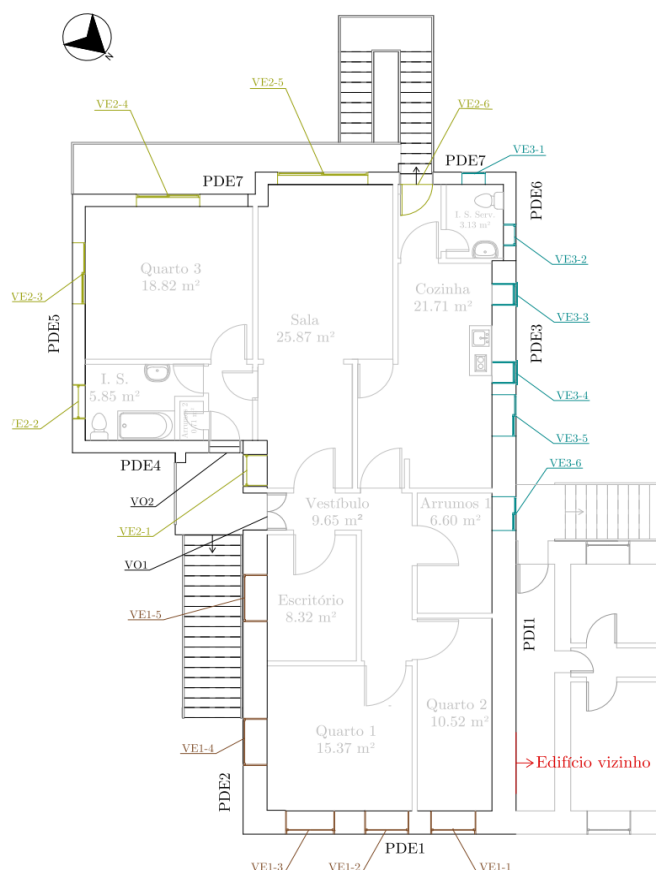


Figura 3.21 — Deseignação dos elementos da envolvente (paredes, portas e janelas).

Quadro 3.3 – Legenda dos elementos construtivos (janelas e portas).

	Em planta	Em alçado	Designação
Vãos envidraçados (janelas)			Envidraçados com caixilharia de madeira, com estore exterior, caixa de estore exterior e portada interior
			Envidraçados com caixilharia de alumínio, com estore exterior e caixa de estore embutida na parede
			Envidraçados com caixilharia de alumínio sem qualquer dispositivo de oclusão
Vãos opacos (portas)			Vão opaco com % de envidraçado superior a 25%, logo é considerado envidraçado
			Vãos opacos com % de envidraçado inferior a 25%, logo são considerados como solução opaca corrente

Quadro 3.4 – Área de envidraçado (A_w) em cada orientação.

Nome	Orientação	Divisão	A_w [m ²]	Totais por orientação
VE1-1	NE	Quarto 2	2,28	
VE1-2	NE	Quarto 1	2,22	
VE1-3	NE	Quarto 1	2,47	6,97
VE1-4	SE	Quarto 1	2,02	
VE1-5	SE	Escritório	2,02	
VE2-1	SE	Sala	1,32	
VE2-2	SE	I. S.	1,43	
VE2-3	SE	Quarto 3	2,52	9,31
VE2-4	SO	Quarto 3	3,42	
VE2-5	SO	Sala	4,88	
VE2-6	SO	Hall	1,73	
VE3-1	SO	I. S. serviço	0,50	10,53
VE3-2	NO	I. S. serviço	0,60	
VE3-3	NO	Cozinha	0,90	
VE3-4	NO	Cozinha	0,90	
VE3-5	NO	Cozinha	1,97	
VE3-6	NO	Arrumos 1	1,61	5,98

3.3.2.3 Área das paredes em contacto com o exterior e das respetivas pontes térmicas planas

Na determinação da área das paredes da fração em estudo, há-que ter em atenção o facto de que estas foram construídas em épocas diferentes, logo, recorrendo a diferentes técnicas de construção. Assim, e como se pode observar na Figura 3.22, no edifício inicial, em que as paredes são constituídas por pedra

granítica e os pavimentos em madeira, a altura das paredes é medida desde o topo do pavimento até à base do teto. Na parte ampliada, em que a estrutura compreende a existência de vigas ao longo de todo o comprimento das paredes, a altura destas é determinada entre o topo do pavimento e a base da viga, sendo a altura dela constante (0,40 m).

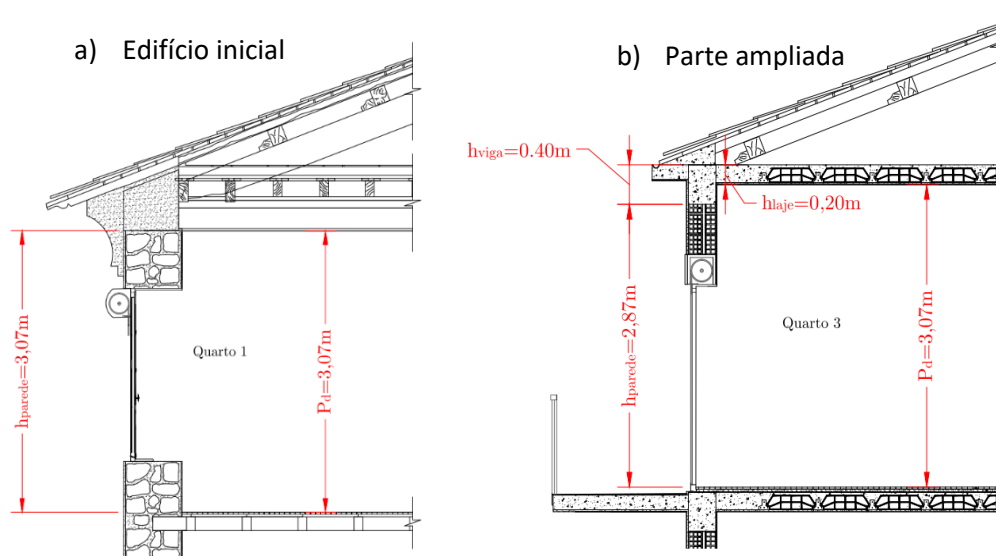


Figura 3.22 — Representação da altura das paredes exteriores.

Quadro 3.5 – Áreas das paredes em contacto com o exterior.

Divisão	Orientação	Comprimento de parede (l) [m]	Altura da parede (h) [m]	Aw [m ²]		Acaixas de estore [m ²]		Aparede exterior [m ²]
				Aberturas [m ²]	Total	Cxs. de estore [m ²]	Total	
Quarto 1	NE	4,24	3,07	2,22	4,69			8,33
				2,47				
Quarto 2	NE	2,37	3,07	2,28	2,28			5,00
Quarto 1	SE	4,38	3,07	2,02	2,02			11,43
Escritório	SE	3,67	3,07	2,02	2,02			9,25
Vestíbulo	SE	1,11	3,07					3,41
Sala	SE	1,11	3,07	1,32	1,32	0,26	0,26	1,82
Arrumos 1	NO	1,38	3,07	1,61	1,61			2,63
Cozinha	NO	6,32	3,07	0,90	0,90			15,63
				0,90	0,90			
				1,97	1,97			
I.S.	NE	3,38	2,87					9,70
Hall de entrada	NE	1,63	2,87					4,68

Divisão	Orientação	Comprimento de parede (l) [m]	Altura da parede (h) [m]	Aw [m ²]		Acaixas de estore [m ²]		Aparede exterior [m ²]
				Aberturas [m ²]	Total	Cxs. de estore [m ²]	Total	
I.S.	SE	2,34	2,87	1,43	1,43	0,29	0,29	5,00
Quarto 3	SE	4,44	2,87	2,52	2,52	0,50	0,50	9,72
I.S. serviço	NO	2,27	2,87	0,60	0,60			5,91
Quarto 3	SO	4,86	2,87	3,42	3,42	0,50	0,50	10,02
Sala	SO	3,55	2,87	4,88	4,88	0,72	0,72	4,59
Hall	SO	1,28	2,87	1,73	1,73	0,25	0,25	1,69
I.S. serviço	SO	1,75	2,87	0,50	0,50			4,52

Quadro 3.6 – Áreas das pontes térmicas planas.

Divisão	Orientação	Comprimento de viga (c) [m]	Altura da PTP viga (h _{PTP}) [m]	PTP pilares			Acxs. de estore [m ²]		A _{PTP} [m ²]
				Nº (n _P)	Largura (l) [m]	Altura=Pd [m]	Cxs. de estore [m ²]	Total	
Quarto 1	NE								
Quarto 2	NE								
Quarto 1	SE								
Escritório	SE								
Vestíbulo	SE								
Sala	SE						0,26	0,26	0,26
Arrumos 1	NO								
Cozinha	NO								

Divisão	Orientação	Comprimento de viga (c) [m]	Altura da PTP viga (h_{PTP}) [m]	PTP pilares			Acxs. de estore [m ²]		A_{PTP} [m ²]
				Nº (n_P)	Largura (l) [m]	Altura= P_d [m]	Cxs. de estore [m ²]	Total	
I.S.	NE	3,38	0,20	1	0,30	3,07			1,60
Hall de entrada	NE	1,63	0,20	1	0,30	3,07			1,25
I.S.	SE	2,34	0,20	1	0,30	3,07	0,29	0,29	1,67
Quarto 3	SE	4,44	0,20	1	0,30	3,07	0,50	0,50	2,31
I.S. serviço	NO	2,27	0,20	2	0,30	3,07			2,30
Quarto 3	SO	4,86	0,20	1	0,30	3,07	0,50	0,50	2,40
Sala	SO	3,55	0,20	1	0,30	3,07	0,72	0,72	2,35
Hall	SO	1,28	0,20				0,25	0,25	0,51
I.S. serviço	SO	1,75	0,20	1	0,30	3,07			1,27

Tendo em conta o Quadro 3.5 e o

Quadro 3.6, as áreas das paredes em contacto com o exterior e suas respetivas pontes térmicas planas são calculadas de acordo com as equações (3.1) e (3.2):

$$A_{\text{parede exterior}} = (l \times h) - A_w - A_{\text{cxs.de estore}} \quad (3.1)$$

$$A_{PTP} = (c \times h_{PTP}) + N_P \times l \times P_d + A_{\text{cxs.de estore}} \quad (3.2)$$

Todas as siglas destas equações estão apresentadas nos quadros referidos.

3.3.2.4 Áreas das paredes em contacto com espaços não úteis

Na fração em estudo não existem paredes que contactem com espaços interiores não aquecidos. Apenas existe parte de uma parede que separa o interior da referida fração do interior do edifício vizinho, cuja área está apresentada no Quadro 3.7.

Quadro 3.7 – Área da parede em contacto com o edifício vizinho.

Divisão	Orientação	Comprimento de parede (l) [m]	Altura da parede (h) [m]	Aparede exterior = (lxh) [m ²]	Total por parede [m ²]
Quarto 2	NO	5,69	3,07	17,47	
Arrumos 1	NO	1,38	3,07	4,24	
					21,70

3.3.2.5 Área de pavimento em contacto com espaços não úteis

- Teto em contacto com o desvão da cobertura

A área em contacto com o desvão da cobertura ($A_{\text{pav.sob cobertura}}$) tem o mesmo valor da área útil de pavimento:

$$A_{\text{pav.sob cobertura}} = A_p = 131,30 \text{ m}^2$$

- Pavimento sobre espaços não aquecidos (piso 0)

O Quadro 3.8 apresenta o valor da área de pavimento por divisão da fração, indicando também a divisão do piso 0 correspondente e a tipologia da estrutura da laje (de madeira ou aligeirada).

Quadro 3.8 – Área da pavimento em contacto com espaços não aquecidos.

Divisão do ENU (piso 0)	Estrutura da laje	Divisão da fração (piso 1)	Área de pavimento (Apav.) [m ²]
Arrumos	Madeira	Quarto 1	15,37
Garagem		Quarto 2	10,52
Garagem		Escritório	8,32
		Vestíbulo	9,65
		Arrumos	6,60
		Cozinha	21,71
Garagem (Exterior)	Laje aligeirada	Sala	25,87
Arrumos		Hall	2,30
Arrumos		I.S. serviço	3,13
Lavandaria		Quarto 3	18,82
Lavandaria		I.S.	5,85
Lavandaria		Arrumos 2	0,71

Lavandaria		Hall de entrada	2,45
------------	--	-----------------	------

3.3.2.6 Comprimentos das pontes térmicas lineares

Todas as pontes térmicas lineares estão representadas na Figura 3.23

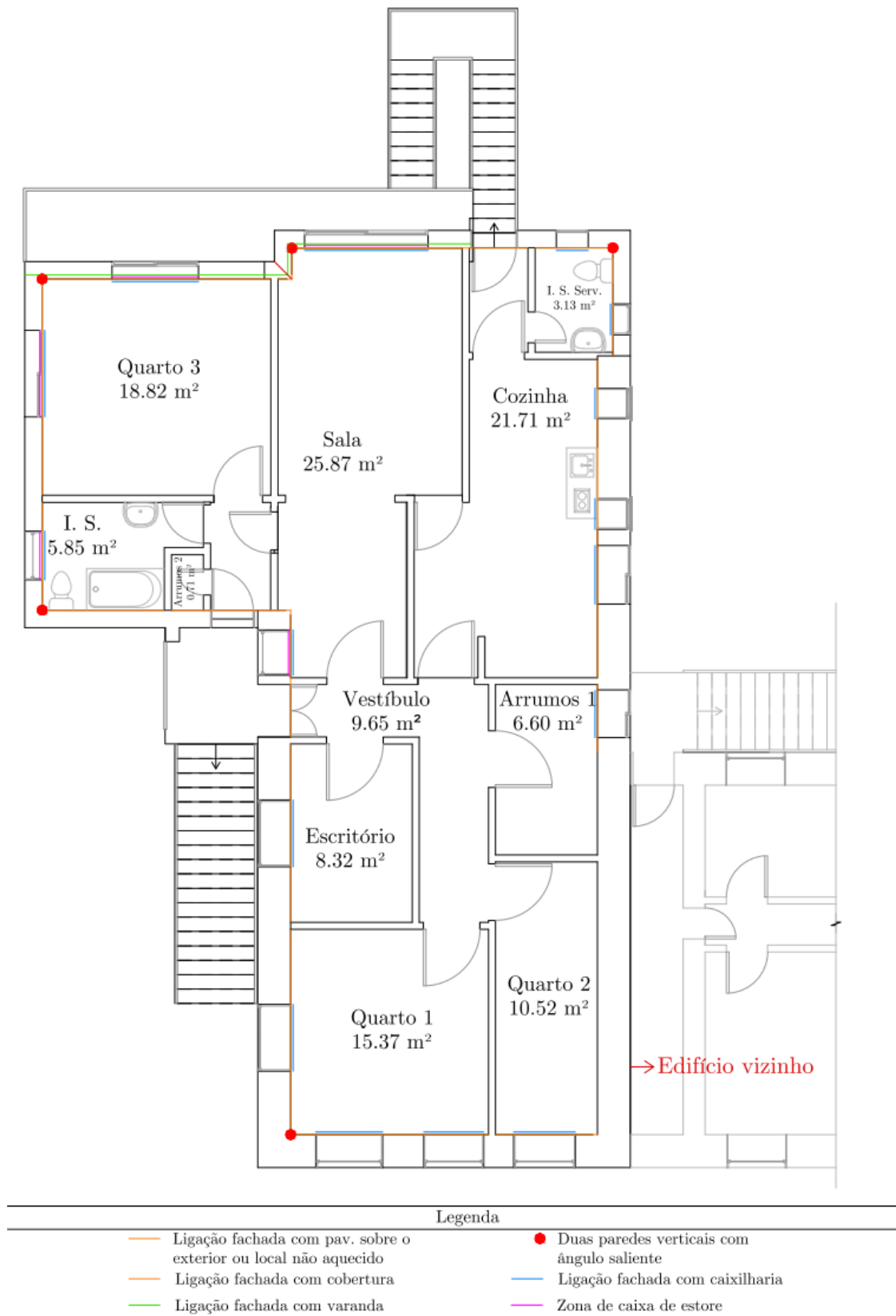


Figura 3.23 — Representação em planta das pontes térmicas lineares.

- **Ligação fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido**

Quadro 3.9 – Comprimento (B) das ligações entre fachada e pavimento sobre exterior ou local não aquecido.

Divisão	Orientação	B [m]
Quarto1		
Quarto2	NE	10,80
I.S.		
Hall de entrada		
Quarto 1		
Escritório	SE	17,23
Vestíbulo		
Sala		
I.S.		
Quarto 3		
Arrumos 1	NO	9,50
Cozinha		
I.S. serviço		
Quarto 3		
Sala	SO	11,11
Hall		
I.S. serviço		
TOTAL		48,64

$$B_{\text{total}} = 48.64 \text{ m}$$

- **Ligação fachada com cobertura**

O comprimento da ponte térmica linear da ligação entre a fachada e a cobertura é o mesmo que o da ligação da fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido, acrescido da zona de divisão do edifício em estudo do edifício adjacente.

$$B_{\text{total}} = 48.64 + 7.75 = 56.39 \text{ m}$$

- **Ligação entre duas paredes verticais em ângulo saliente**

O comprimento total das ligações entre duas paredes verticais em ângulo saliente corresponde ao produto entre o pé-direito e o número de interseções entre paredes verticais exteriores, tal como indica a equação (3.3).

$$B_{\text{total}} = P_d \times n^{\circ} \text{ de interseções} \quad (3.3)$$

$$B_{\text{total}} = 3,07 \times 5 = 15.35 \text{ m}$$

- **Ligação entre fachada e caixilharia**

O comprimento total das ligações entre a fachada e a caixilharia corresponde ao somatório dos perímetros dos vãos envidraçados, apresentados no Quadro 3.10.

Quadro 3.10 – Comprimento (B) das ligações entre fachada e caixilharia.

Divisão	Quarto 1			Quarto 2	Escritório	Arrumos 1	Sala		Cozinha			I.S.	Quarto 3		I.S. serviço		Hall
Nome do envidraçado	VE1-2	VE1-3	VE1-4	VE1-1	VE1-5	VE3-6	VE2-1	VE2-5	VE3-3	VE3-4	VE3-5	VE2-2	VE2-3	VE2-4	VE3-1	VE3-2	VE2-6
Orientação	NE		SE	NE	SE	NO	SE	SO	NO			SE	SE	SO	SO	NO	SO
Perímetro (B) [m]	6,14	6,40	5,70	6,20	5,70	5,32	4,86	8,86	4,20	4,20	5,74	4,90	6,36	7,42	2,92	3,78	5,76

$$B_{\text{total}} = 94,46 \text{ m}$$

- **Ligação entre fachada e caixas de estore**

O comprimento das ligações entre a fachada e as caixas de estore corresponde ao somatório das larguras dos vãos envidraçados em que existam caixas de estore no interior da parede, tal como mostra o Quadro 3.11.

Quadro 3.11 – Comprimento (B) das ligações entre fachada e caixas de estore.

Divisão	Sala		I.S.	Quarto 3	
Nome do envidraçado	VE2-1	VE2-5	VE2-2	VE2-3	VE2-4
Orientação	SE	SO	SE	SE	SO
Comprimento (B) [m]	0,88	2,03	0,95	1,68	2,03

$$B_{\text{total}} = 7.57 \text{ m}$$

- **Ligação entre fachada e varanda**

Quadro 3.12 – Comprimento (B) das ligações entre fachada e varanda.

Divisão	Orientação	Comprimento (B) [m]
Quarto 3	SO	4,85
Sala	SO	3,87

$$B_{\text{total}} = 8.72 \text{ m}$$

3.3.3 Zonamento climático

De acordo com a tabela 01 do Despacho (extrato) nº 15793-F/2013, que insere os municípios na Numenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios se baseia no Decreto-Lei nº 68/2008 de 14 de abril, alterado pelo Decreto-Lei nº 85/2009 de 3 de abril e pela Lei nº 21/2010 de 23 de agosto, o edifício em estudo está situado em zona correspondente a NUTS III – Grande Porto, uma vez que se localiza na freguesia de Avintes, em Vila Nova de Gaia.

3.3.3.1 Parâmetros climáticos

Os valores dos parâmetros climáticos, relativos a um determinado local, são obtidos através dos valores de referência X_{REF} para cada NUTS III, sendo posteriormente ajustados com base na altitude z desse local. Tais correções de altitude são lineares, com declive α , proporcionais à diferença entre a altitude do local e uma altitude de referência z_{REF} para a NUTS III, de acordo com a equação (3.4).

$$X = X_{REF} + \alpha \times (z - z_{REF}) \quad (3.4)$$

- **Altitude do local do edifício em estudo**

A altitude do local onde a habitação está localizada tem o valor de $z = 101$ m.

- **Estação de aquecimento**

Os valores de referência e de declives necessários para as correções em altitude, para a estação de aquecimento (inverno), estão contidos na tabela 04 do despacho (extrato) nº 15793-F/2013, sendo a Figura 3.24 ilustrativa de um excerto da referida tabela.

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{Sul} kWh/m ² por mês
	REF m	REF meses	α mês/km	REF °C	α °C/km	REF °C	α °C/km	
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

Figura 3.24 — Extrato da tabela 04 do Despacho nº 15793-F/2013,

Assim, a altitude de referência para a NUTS III do Grande Porto tem o valor de: $z_{REF} = 94$ m.

“GD” corresponde ao número de graus-dias, na base de 18°C, referente à estação de aquecimento.

“M” traduz-se na duração da estação de aquecimento, sendo neste caso o valor de referência de: $GD_{REF} = 1250^\circ\text{C}$, e o declive para ajustes de altitude é: $\alpha = 1600^\circ\text{C}/\text{km}$.

Deste modo, aplicando a equação (3.4), obtém-se:

$$GD = GD_{REF} + \alpha \times (z - z_{REF}) \Leftrightarrow GD = 1250 \text{ }^\circ\text{C} + 1600 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km} \times (101 \times 10^3 - 94 \times 10^3) \Leftrightarrow GD = 1261,20^\circ\text{C}$$

No que diz respeito à duração da estação de aquecimento (M):

$$M_{REF} = 6.2 \text{ meses}$$

$$\alpha = 2 \text{ meses/km}$$

$$M = M_{\text{REF}} + \alpha \times (z - z_{\text{REF}}) \Leftrightarrow M = 6.2 + 2 \times (101 \times 10^{-3} + 94 \times 10^{-3}) \Leftrightarrow M = 6.21 \text{ meses}$$

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

$$\theta_{\text{ext},i_{\text{REF}}} = 9.9^\circ\text{C}$$

$$\alpha = -7^\circ\text{C/km}$$

$$\begin{aligned} \theta_{\text{ext},i} &= \theta_{\text{ext},i_{\text{REF}}} + \alpha \times (z - z_{\text{REF}}) \Leftrightarrow \theta_{\text{ext},i} = 9.9^\circ\text{C} + (-7)^\circ \frac{\text{C}}{\text{km}} \times (101 \times 10^{-3} - 94 \times 10^{-3}) \Leftrightarrow \\ &> \theta_{\text{ext},i} = 9.85^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Por fim, a energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul (G_{sul}) tem o valor de:

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

Quadro 3.13 – Quadro resumo dos parâmetros climáticos na estação de aquecimento.

GD [°C]	M [meses]	$\theta_{\text{ext},i}$ [°C]	G_{sul} [kWh/m ² .mês]
1261,2	6,21	9,85	130

- **Estação de arrefecimento**

Os valores dos parâmetros climáticos de referência e de declives para ajustes em altitude, para a estação de arrefecimento (verão), estão contidos na tabela 05 do despacho (extrato) nº 15793-F/2013, sendo a Figura 3.25 ilustrativa de um excerto da referida tabela.

	z REF m	$\theta_{\text{ext},v}$		I_{sol} kWh/m ² acumulados de junho a setembro								
		REF °C	a °C/km	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
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

Figura 3.25 — Extrato da tabela 05 do Despacho nº 15793-F/2013,

A duração da estação de arrefecimento (L_v) é de 4 meses (2928 horas).

Sendo o declive para ajustes em altitude igual a zero ($\alpha = 0^\circ\text{C/km}$), a temperatura exterior média ($\theta_{\text{ext},v}$) toma o valor correspondente ao valor de referência ($\theta_{\text{ext},v_{\text{REF}}} = 20,9^\circ\text{C}$), logo:

$$\theta_{\text{ext,v}} = 20,9^{\circ}\text{C}$$

Os valores da energia solar acumulada durante a estação (I_{sol}) recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°), para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais estão apresentados na tabela 05 do Despacho (extrato) 15793-F/2013, estando dispensados de sofrer ajustes devidos à altitude do local.

Quadro 3.14 – Quadro resumo dos parâmetros climáticos na estação de arrefecimento.

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

Assim, uma vez definidos os parâmetros climáticos do local onde está inserido o edifício, nas estações de aquecimento e de arrefecimento, são determinadas as zonas climáticas para cada uma das estações referidas. Deste modo, partindo do conhecimento do número de graus-dias (GD), na base de 18°C , correspondente à estação convencional de aquecimento, são obtidas as zonas climáticas de inverno, por intermédio da tabela 02 do Despacho (extrato) nº 15793-F/2013, tal como mostra a Figura 3.26.

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

Figura 3.26 — Extrato da tabela 02 do Despacho nº 15793-F/2013,

Quanto às zonas climáticas de verão, estas são definidas partindo do conhecimento da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ($\theta_{\text{ext,v}}$), tal como é apresentado na tabela 03 de Despacho (extrato) nº 15793-F/2013, ilustrada na Figura 3.27.

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

Figura 3.27 — Extrato da tabela 03 do Despacho nº 15793-F/2013,

Por conseguinte, o edifício em estudo está localizado numa zona I1, uma vez que $\text{GD} = 1261,20^{\circ}\text{C}$ e numa zona V2, pois $\theta_{\text{ext,v}} = 20,9^{\circ}\text{C}$.

3.3.3.2 Parâmetros térmicos

- **Coefficientes de redução de perdas de espaços não úteis**

Como está previsto no número 1 do ponto 11,1 do despacho (extrato) nº 15793-K/2013, quando existe a impossibilidade de conhecer com precisão o valor da temperatura do espaço não útil (como acontece no edifício em estudo), o valor do coeficiente de redução de perdas (b_{tr}) pode tomar os valores definidos na tabela 22 do referido despacho, apresentada na Figura 3.28.

b_{tr}	$V_{enu} \leq 50m^3$		$50m^3 < V_{enu} \leq 200m^3$		$V_{enu} > 200m^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i / A_u < 0,5$	1,0		1,0		1,0	
$0,5 \leq A_i / A_u < 1$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1 \leq A_i / A_u < 2$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2 \leq A_i / A_u < 4$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i / A_u \geq 4$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Nota: Para espaços fortemente ventilados b_{tr} , deverá tomar o valor de 1,0.

Figura 3.28 — Extrato da tabela 22 do Despacho nº 15793-K/2013,

Os parâmetros presentes na tabela da Figura 3.28 são:

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

Na mesma tabela observa-se ainda duas condicionantes definidas como:

- f – espaço não útil em que todas as ligações entre elementos se encontram bem vedadas e sem aberturas de ventilação permanentemente abertas;
- F – espaço não útil permeável ao ar, fruto da presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

No caso do edifício em estudo, considera-se a situação F, visto que não se verifica que todas as ligações entre elementos estejam bem vedadas, como por exemplo as ligações entre a fachada e as caixilharias de alumínio e de madeira.

Desvão da cobertura:

Uma vez que o material que reveste a cobertura é a telha cerâmica sem qualquer tipo de revestimento adicional, considera-se que o desvão se trata de um espaço fortemente ventilado e, por isso, de acordo com a nota anexada à tabela 22 do referido despacho, o valor de $b_{tr_{cobertura}} = 1,0$,

Restantes espaços não úteis (totalidade do piso 0):

Todo o piso 0 da habitação em estudo é constituído por espaços não úteis, nomeadamente a garagem, lavandaria e arrumos.

O pé-direito de todo o piso 0 é igual a 3,65 m, quer no edifício inicial, quer na parte ampliada, tal como mostra a Figura 3.29.

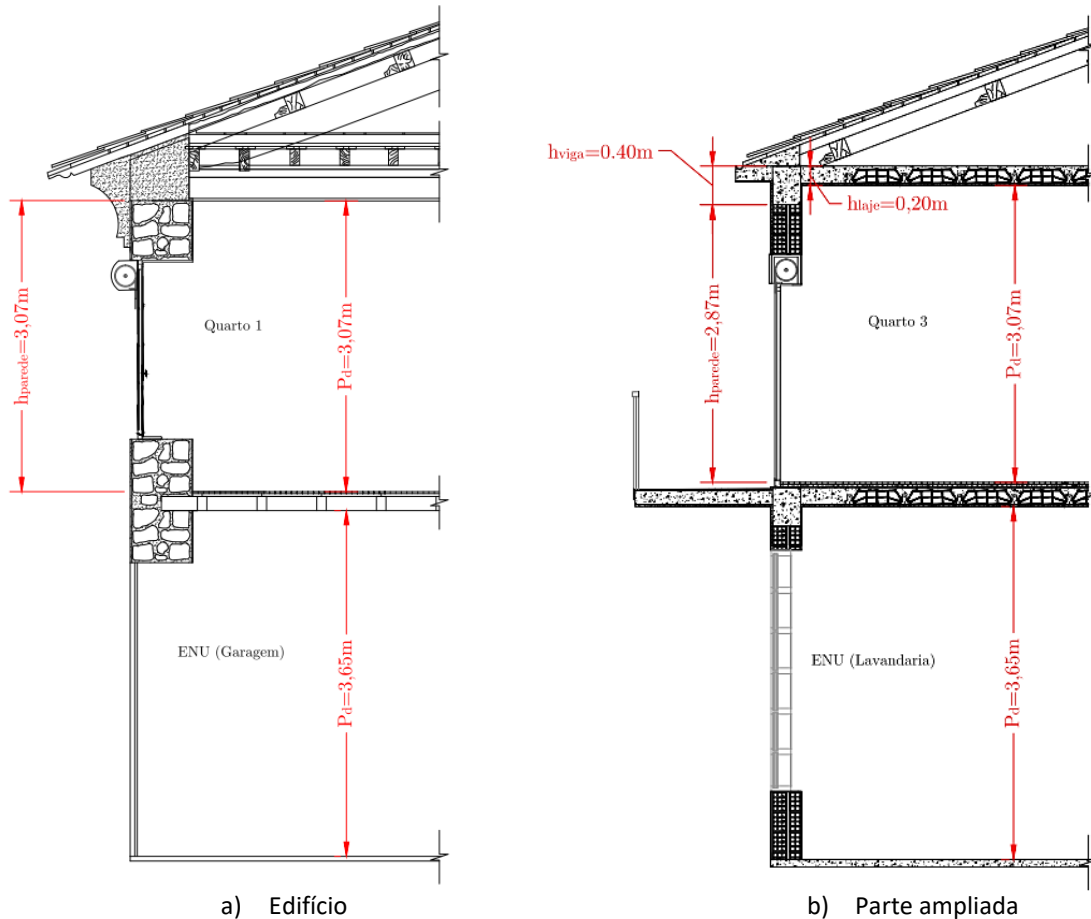


Figura 3.29 — Pé-direito do piso 0 (exemplo do ENU – lavandaria).

Garagem:

$$P_{d_{\text{ENU garagem}}} = 3,65 \text{ m}$$

$$A_{\text{ENU garagem}} = 80,55 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{ENU garagem}} = P_{d_{\text{ENU garagem}}} \times A_{\text{ENU garagem}} = 294,0 \text{ m}^3$$

Logo:

$$V_{\text{ENU garagem}} = 294,0 \text{ m}^3 > 200 \text{ m}^3$$

Relação A_i/A_u :

$$A_i = 80,5 \text{ m}^2$$

$$A_u = (2,85 + 11,28 + 3,73 + 4,02) * 3,65 - (3,30 * 1,50 + 2,10 * 0,80 + 3,10 * 2,95) = 64,09 \text{ m}^2$$

$$A_i/A_u = 80,5/64,09 = 1,26$$

$$1 \leq A_i/A_u = 1,26 < 2$$

Assim:

$$b_{\text{trgaragem}} = 1,0$$

Arrumos 2:

$$P_{\text{dENU arrumos 2}} = 3,65 \text{ m}$$

$$A_{\text{ENU arrumos 2}} = 7,48 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{ENU arrumos 2}} = P_{\text{dENU arrumos 2}} \times A_{\text{ENU arrumos 2}} = 27,53 \text{ m}^3$$

Logo:

$$V_{\text{ENU arrumos 2}} = 27,53 \text{ m}^3 \leq 50 \text{ m}^3$$

Relação A_i/A_u :

$$A_i = 7,48 \text{ m}^2$$

$$A_u = (3,46 + 2,16) \times 3,65 - (3,10 \times 1,50) = 15,86 \text{ m}^2$$

$$A_i/A_u = 7,48/15,86 = 0,47$$

$$A_i/A_u = 0,47 < 0,5$$

Assim:

$$b_{\text{trarrumos 2}} = 1,0$$

Arrumos 3:

$$P_{\text{dENU arrumos 3}} = 3,65 \text{ m}$$

$$A_{\text{ENU arrumos 3}} = 3,65 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{ENU arrumos 3}} = P_{\text{dENU arrumos 3}} \times A_{\text{ENU arrumos 3}} = 13,32 \text{ m}^3$$

Logo:

CAPÍTULO 3

$$V_{\text{ENU arrumos 3}} = 13,32 \text{ m}^3 \leq 50 \text{ m}^3$$

Relação A_i/A_u :

$$A_i = 3,65 \text{ m}^2$$

$$A_u = (1,17 + 3,10 + 1,17) \times 3,65 - (2,10 \times 0,80) = 18,18 \text{ m}^2$$

$$A_i/A_u = 3,65/18,18 = 0,2$$

$$A_i/A_u = 0,2 < 0,5$$

Assim:

$$b_{\text{tr arrumos 3}} = 1,0$$

Lavandaria:

$$P_{\text{dENU lavandaria}} = 3,65 \text{ m}$$

$$A_{\text{ENU lavandaria}} = 27,15 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{ENU lavandaria}} = P_{\text{dENU lavandaria}} \times A_{\text{ENU lavandaria}} = 99,1 \text{ m}^3$$

Logo:

$$50 < V_{\text{ENU lavandaria}} = 99,1 \text{ m}^3 \leq 200 \text{ m}^3$$

Relação A_i/A_u :

$$A_i = 27,15 \text{ m}^2$$

$$A_u = (4,19 + 6,44 + 4,31 + 1,17) \times 3,65 - (9,33 + 9,50 + 6,14 + 9,33 + 2,10 \times 0,80) = 22,82 \text{ m}^2$$

$$A_i/A_u = 27,15/22,82 = 1,19$$

$$1 \leq A_i/A_u = 1,19 < 2$$

Assim:

$$b_{\text{tr lavandaria}} = 0,9$$

Como todos os valores de b_{tr} são superiores a 0,7, aplicam-se os requisitos mínimos definidos para a envolvente exterior ao elemento que separa o espaço interior útil do não útil, passando este assim a ser classificado como envolvente interior com requisitos de exterior, tal como está definido no número 3 do ponto 11 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013 e apesentado no Quadro 3.15.

Quadro 3.15 – Quadro resumo dos valores de b_{tr} dos ENU e respetiva classificação quanto aos seus requisitos.

	ENU	b_{tr}	Classificação dos requisitos
Cobertura	Desvão de cobertura	1,0	Exterior ($b_{tr}>0,7$)
	Garagem	1,0	Exterior ($b_{tr}>0,7$)
Divisões do piso 0	Arrumos 2	1,0	Exterior ($b_{tr}>0,7$)
	Arrumos 3	1,0	Exterior ($b_{tr}>0,7$)
	Lavandaria	0,9	Exterior ($b_{tr}>0,7$)






Elementos em contacto com o edifício adjacente:

De acordo com o disposto no ponto 11,2 do Despacho (Extrato) nº 15793-K/2013, para a parede em contacto com o edifício adjacente deve ser considerado um valor do coeficiente de redução de perdas $b_{tr}=0,6$.

- **Determinação das Envoltentes da Habitação**

As envoltentes em planta da fração autónoma do piso 1, isto é, aquela que se encontra em contacto com o exterior, com o edifício vizinho, com o desvão da cobertura e com os restantes espaços não úteis (ENU) do piso 0, estão representadas na Figura 3.30 à Figura 3.33.

Quadro 3.16 – Legenda das envoltentes em planta e em cortes.

Plano perpendicular ao do desenho	Plano paralelo ao do desenho	Designação
		Envoltente exterior
		Envoltente interior com requisitos de exterior
		Envoltente interior com requisitos de interior

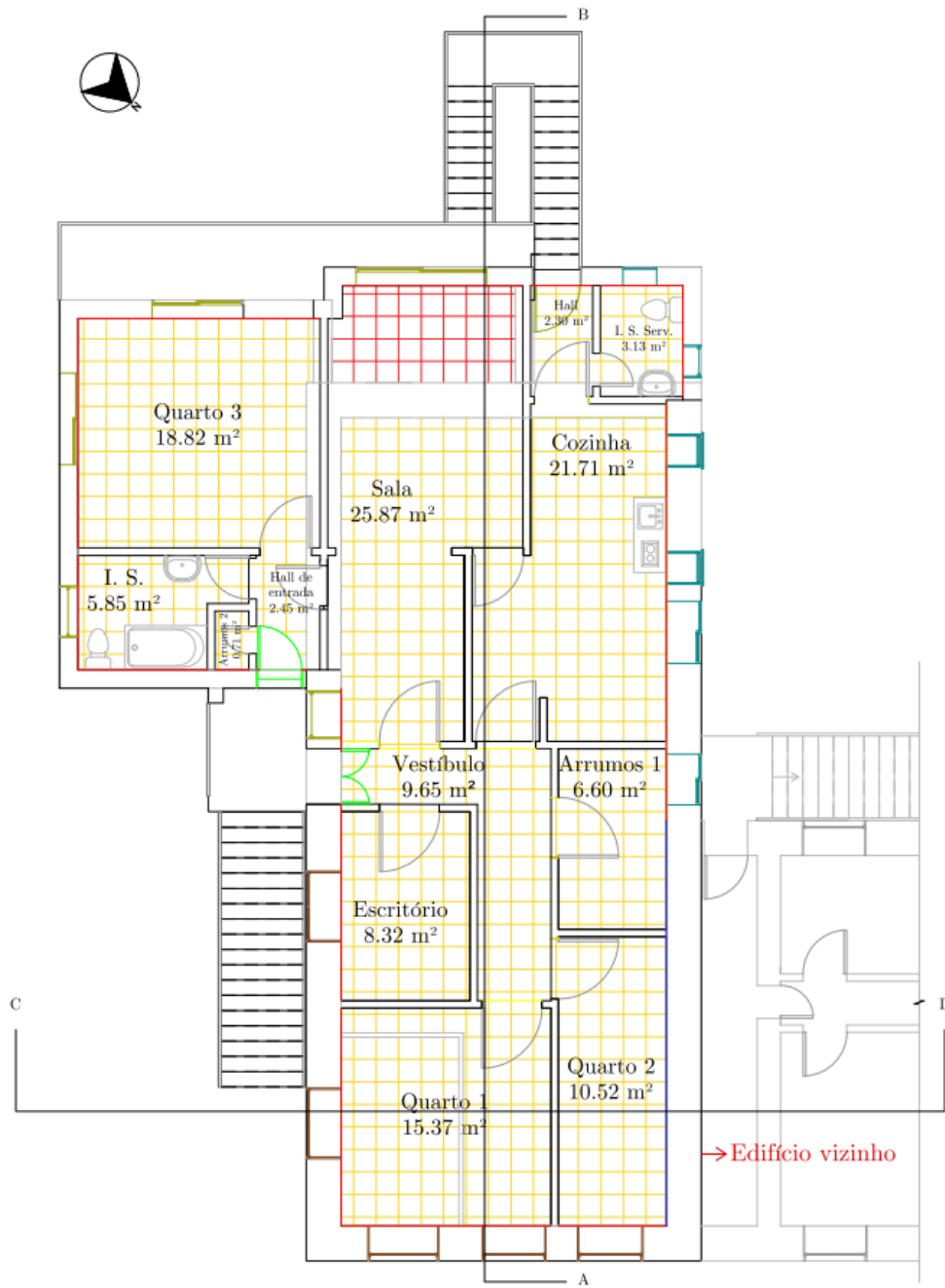


Figura 3.30 — Envoltantes em planta da fração do piso 1 do edifício em estudo.

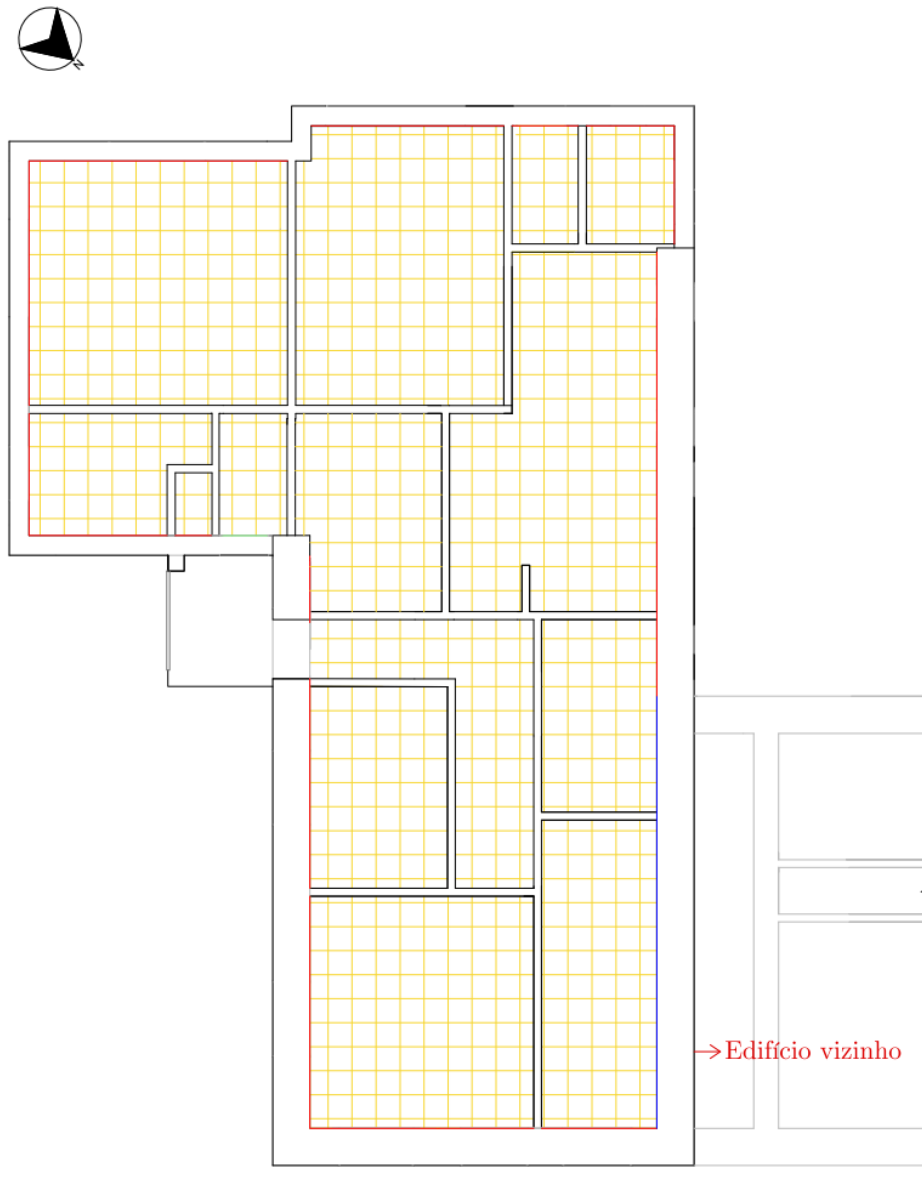


Figura 3.31 — Envolventes em planta ao nível da laje de teto do edifício em estudo.

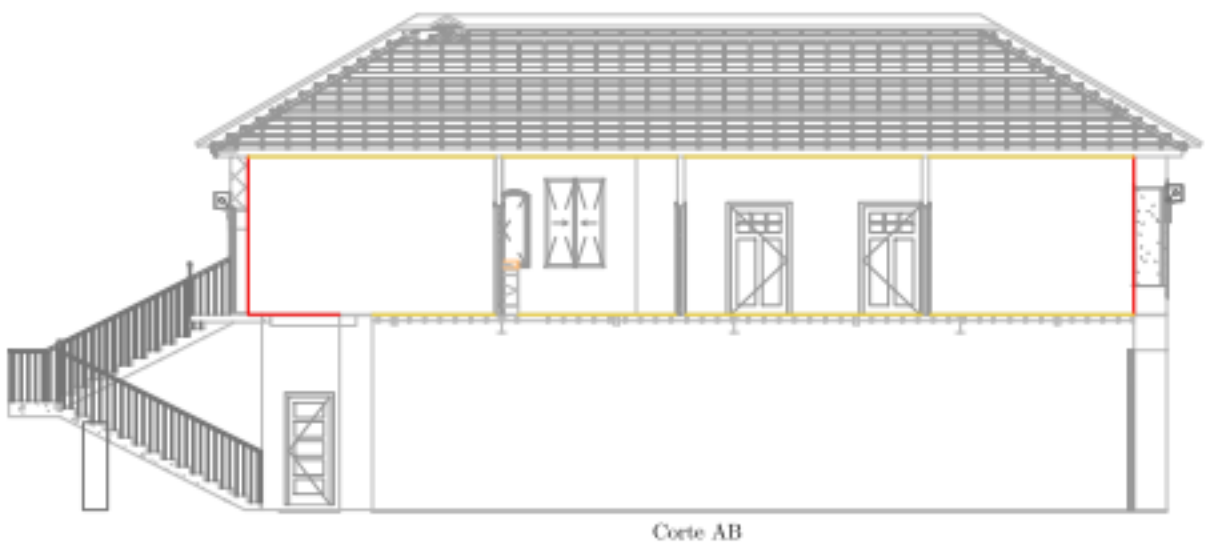


Figura 3.32 — Corte AB representativo das envolventes do edifício.

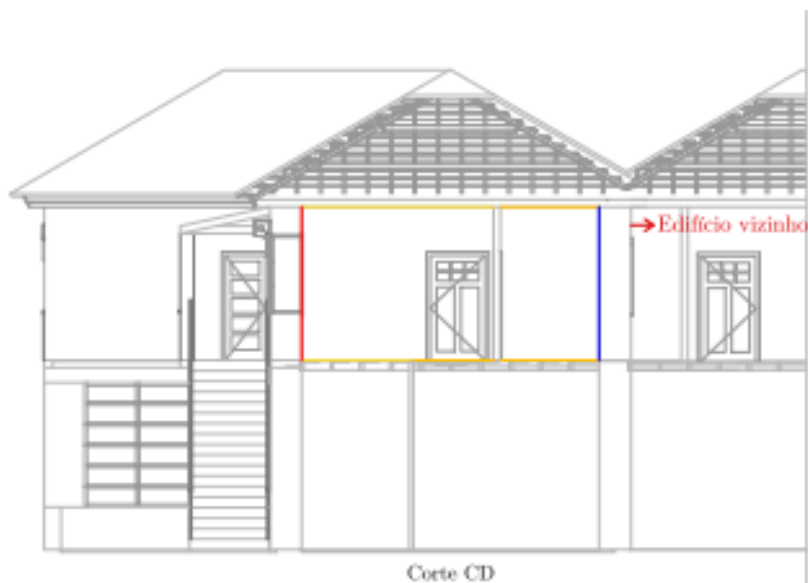


Figura 3.33 — Corte CD representativo das envolturas do edifício.

- **Coefficientes de transmissão térmica superficial**

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficial e das respectivas resistências térmicas dos diferentes materiais constituintes dos elementos opacos que compõem a envoltura da fração da habitação em estudo, são obtidos através das expressões (3.5) (3.6).

$$U[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})] = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (3.5)$$

$$R_j = \text{esp}_j / \lambda_j \quad (3.6)$$

Em que:

R_{si} – Resistência térmica interior $[(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}]$

R_j – Resistência térmica da camada $[(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}]$

R_{se} – Resistência térmica exterior $[(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}]$

esp_j – Espessura da camada [m]

λ_j – Condutibilidade térmica do material que constitui a camada j
 $[\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})]$

- **Determinação das resistências e condutibilidades térmicas**

Resistências térmicas superficiais interiores e exteriores:

Para a obtenção dos valores de R_{si} e R_{se} , é necessária a consulta da tabela 01 de Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, apresentada na Figura 3.34, que corresponde também ao quadro I.3 do ITE 50 do LNEC, que apresentam as resistências térmicas superficiais referidas, sendo inicialmente necessário detetar-se o sentido do fluxo de calor.

Sentido do fluxo de calor		Resistência térmica [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]	
		Exterior R_{se}	Interior R_{si}
Horizontal		0,04	0,13
Vertical	Ascendente	0,04	0,10
	Descendente	0,04	0,17

Figura 3.34 — Extrato da tabela 01 do Despacho nº 15793-K/2013,

No caso da fração em estudo, como todos os elementos que contactam com os ENU possuem requisitos de elementos que contactam com o exterior, tal como é resumido no Quadro 3.15, não existem valores de resistências térmicas de elementos que separam a fração de outros espaços com requisitos de interior. Assim o Quadro 3.17 apresenta, de forma resumida, o as resistências térmicas superficiais dos elementos que separam o interior da fração com os restantes espaços (exterior e ENU com requisitos de exterior).

Quadro 3.17 – Quadro resumo dos valores das resistências térmicas superficiais aplicáveis à fração da habitação em estudo.

Resistências térmicas superficiais [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]	Paredes exteriores	Pavimentos sobre divisões do piso 0 (ENU) e sob desvão da cobertura (fluxo descendente)	Pavimento sob desvão da cobertura (fluxo ascendente)
R_{si}	0,13	0,17	0,10
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Resistências térmicas a aplicar resultantes dos diferentes materiais constituintes dos elementos:

- Tijolo de 15

$R_{\text{tijolo de 15}} = 0,39 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$ – Quadro I.5 do ITE 50 (tijolo cerâmico furado de espessura igual a 0,15 m)

- Tijolo de 11

$R_{\text{tijolo de 11}} = 0,27 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$ – Quadro I.5 do ITE 50 (tijolo cerâmico furado de espessura igual a 0,10 ou 0,11 m)

- Caixa de ar

$R_{ar} = 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$ – Tabela 02 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013 e do Quadro I.4 do ITE 50 (fluxo de calor horizontal e espessura da caixa de ar de 25 a 300 mm).

- Laje aligeirada

No que toca à laje aligeirada composta por abobadilhas e vigotas pré-esforçadas, e como mostra a assumiu-se que a base das abobadilhas mede 0,46 m, tendo duas fiadas de furos, sendo a espessura total da laje 0,24 m (Quadro I.7 do ITE 50).

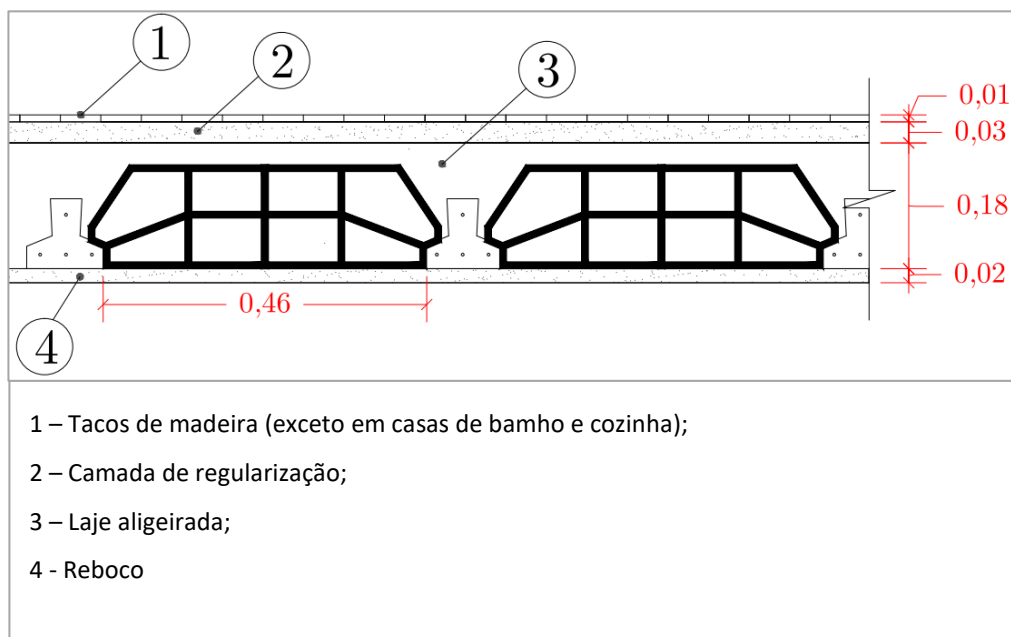


Figura 3.35 — Laje aligeirada com abobadilhas e vigotas pré-esforçadas.

Assim:

$$R_{\text{laje aligeirada}} = 0,27 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W} \text{ (fluxo ascendente)}$$

$$R_{\text{laje aligeirada}} = 0,30 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W} \text{ (fluxo descendente)}$$

- **Condutibilidade térmica dos materiais que compõem as diferentes camadas**

Argamassas exteriores:

De acordo com o Quadro I.2 do ITE 50, para as camadas de reboco exterior, foi considerada a designação de “argamassas e rebocos de cal e areia ou de argamassa bastarda” para as paredes de alvenaria de pedra granítica do edifício inicial e de “argamassas e rebocos tradicionais” para as paredes de alvenaria de tijolo da parte ampliada. Deste modo, a condutibilidade térmica das duas argamassas referidas é igual a $\lambda = 0,80 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{°C})$ e $\lambda = 1,30 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{°C})$, respetivamente.

Estuques interiores:

Segundo o mesmo quadro do ITE 50, os estuques interiores, quer nas paredes constituintes do edifício inicial quer nas da parte ampliada, foram considerados como “estaque tradicional” com ρ entre 1000 e 1300 kg/m^3 , resultando num valor de condutibilidade térmica $\lambda = 0,57$ W/(m. °C).

Pisos – revestimentos:

Quanto ao revestimentos do piso em tacos de madeira, considerou-se a classificação de madeiras maciças densas com ρ entre 750 e 870 kg/m^3 , obtendo-se um valor de $\lambda = 0,23$ W/(m. °C), segundo o Quadro I.2 do ITE 50,

Relativamente ao revestimento de piso em zonas de casas de banho (I. S.) e cozinha, realizado em azulejo cerâmico, foi considerada a designação de “cerâmica variada/grés cerâmico” a que corresponde a um valor de $\lambda = 1,3$ W/(m. °C). Este revestimento encontra-se aplicado também no revestimento interior das paredes das casas de banho e cozinha. Todas as espessuras dos revestimentos cerâmicos já incluem as respetivas camadas de cimento cola.

Elementos estruturais (PTP's pilares e vigas e paredes de alvenaria de pedra):

Os elementos estruturais, constituídos por pilares e vigas presentes na parte ampliada, que proporcionam zonas de pontes térmicas planas foram considerados, tal como definido no Quadro I.2 do ITE 50, como “betão de inertes correntes – betão normal” com ρ entre 2300 e 2600 kg/m^3 , a que corresponde um valor de $\lambda = 2,0$ W/(m. °C).

Também de acordo com a classificação presente no mesmo Quadro I.2 do ITE 50, a betonilha que constitui a camada de regularização foi, à semelhança do reboco aplicado nas paredes exteriores, considerada como “argamassa e reboco tradicional”, com ρ entre 1800 e 2000 kg/m^3 e $\lambda = 1,30$ W/(m. °C).

No edifício inicial, a alvenaria de pedra granítica não só é o material constituinte das paredes exteriores como também desempenha funções estruturais. Deste modo, foi, de acordo com o Quadro I.2 do ITE 50, considerado que a pedra da referida alvenaria tomasse os valores de ρ entre 2500 e 2700 kg/m^3 e de $\lambda = 2,8$ W/(m. °C), correspondendo assim à designação “pedras naturais (incluindo juntas de assentamento) - rochas plutónicas e metamórficas – granito”.

• **Paredes exteriores**

Edifício inicial em zcna de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala:

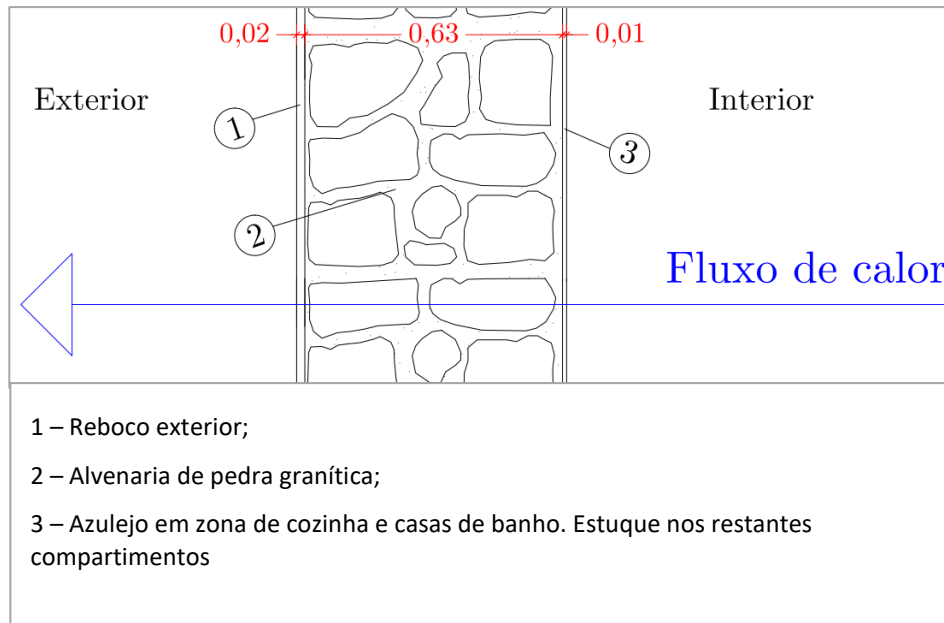


Figura 3.36 — Pormenor da parede exterior do edifício inicial e definição do fluxo de calor.

Quadro 3.18 – Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala.

Camada	R _{si}	3 - Estuque interior	2 - Alvenaria de pedra (granito)	1 - Reboco exterior (argamassa bastarda)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,63	0,02	-
λ_j [W/(m·°C)]	-	0,57	2,80	0,80	-
R_j [(m²·°C)/W]	0,13	0,018	0,225	0,025	0,04
∑_j R_j	0,438				
U [W/(m²·°C)]	2,28				

Os valores presentes nos quadros de cálculo do coeficiente U, como por o exemplo no Quadro 3.18, são obtidos através das expressões (3.5) e (3.6).

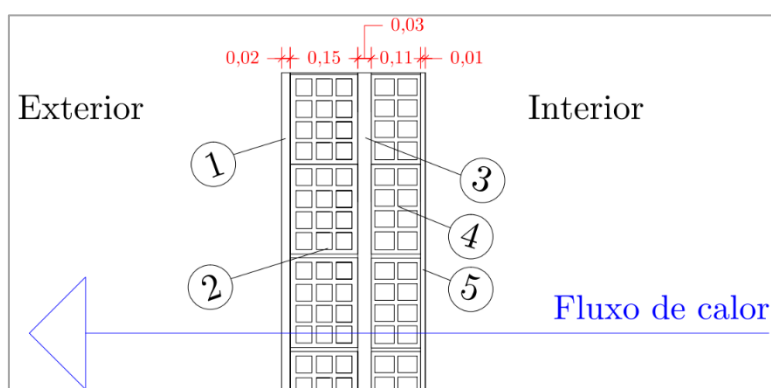
Edifício inicial em zcna de cozinha:

Na zona da cozinha, abrangida pela parede exterior em alvenaria de pedra, a única diferença no cálculo do coeficiente U reside no facto de existir azulejo cerâmico, com espessura de 1cm (com camada de assentamento já incluída) que reveste interiormente a referida parede.

Quadro 3.19 – Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de cozinha.

Camada	R _{si}	3 - Azulejos	2 - Alvenaria de pedra (granito)	1 - Reboco exterior (argamassa bastarda)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,63	0,02	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	2,80	0,80	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,225	0,025	0,04
$\sum_j R_j$	0,428				
U [W/(m ² . °C)]	2,34				

Parte ampliada em zona de quarto 3 e sala:



- 1 – Reboco exterior;
- 2 – Alvenaria de tijolo de 15 cm;
- 3 – Caixa de ar;
- 4 – Alvenaria de tijolo de 11 cm;
- 5 – Azulejo em zona de casas de banho. Estuque nos restantes compartimentos.

Figura 3.37 — Pormenor da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor.

Quadro 3.20 – Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.

Camada	R _{si}	5 - Estuque interior	4 - Tijolo de 11	3 - Caixa de ar	2 - Tijolo de 15	1 - Reboco exterior	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	-	-	-	0,02	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,57	-	-	-	1,30	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,018	0,27	0,18	0,39	0,015	0,04
$\sum_j R_j$	1,043						
U [W/(m ² . °C)]	0,96						

Ponte térmica plana da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala:

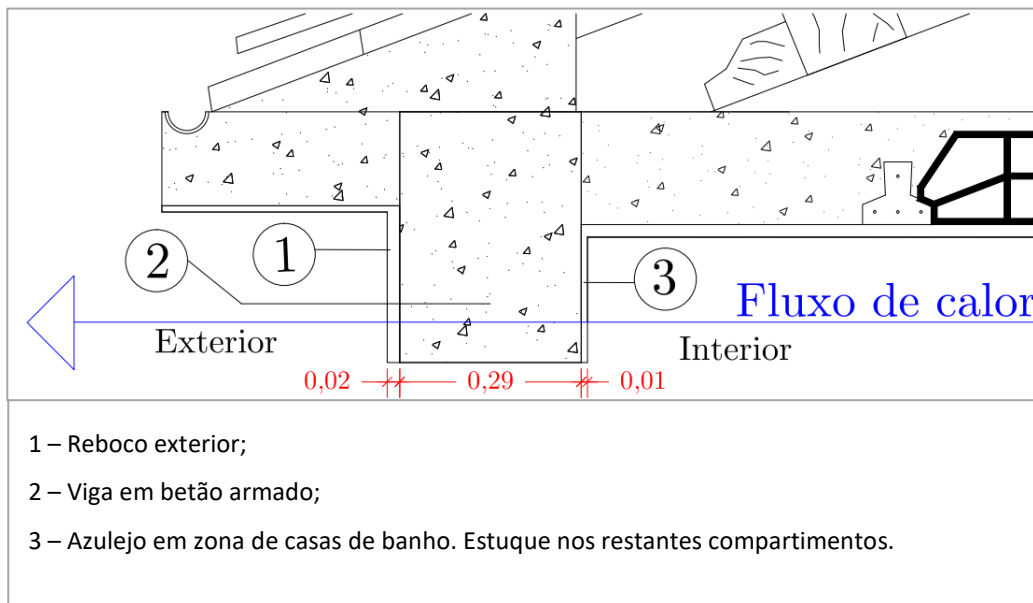


Figura 3.38 — Pormenor da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor.

Quadro 3.21 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.

Camada	Rsi	3 - Estuque interior	2 - Viga em betão armado	1 - Reboco exterior	Rse
Espessura [m]	-	0,01	0,29	0,02	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,57	2,00	1,30	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,018	0,145	0,015	0,04
$\sum_j R_j$	0,348				
U [W/(m ² . °C)]	2,87				

Parte ampliada em zona de casas de banho:

Na zona das casas de banho, as paredes exteriores passam a ter o azulejo como material de revestimento interior.

Quadro 3.22 – Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	Rsi	5 - Azulejos	4 - Tijolo de 11	3 - Caixa de ar	2 - Tijolo de 15	1 - Reboco exterior	Rse
Espessura [m]	-	0,01	-	-	-	0,02	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	-	-	-	1,30	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,27	0,18	0,39	0,015	0,04
$\sum_j R_j$	1,03						
U [W/(m ² . °C)]	0,97						

Ponte térmica plana da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho:

Quadro 3.23 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	R _{si}	3 - Azulejos	2 - Viga em betão armado	1 - Reboco exterior	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,29	0,02	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	2,00	1,30	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,145	0,015	0,04
$\sum_j R_j$	0,34				
U [W/(m ² . °C)]	2,96				

• PTP caixas de estore

Para as zonas de caixas de estore, que constituem uma ponte térmica plana, o coeficiente de transmissão térmica U é calculado apenas considerando os elementos desde a face interior até ao espaço ventilado da caixa de ar, sendo também considerados dois valores iguais para os valores das resistências térmicas, ambas da R_{si}.

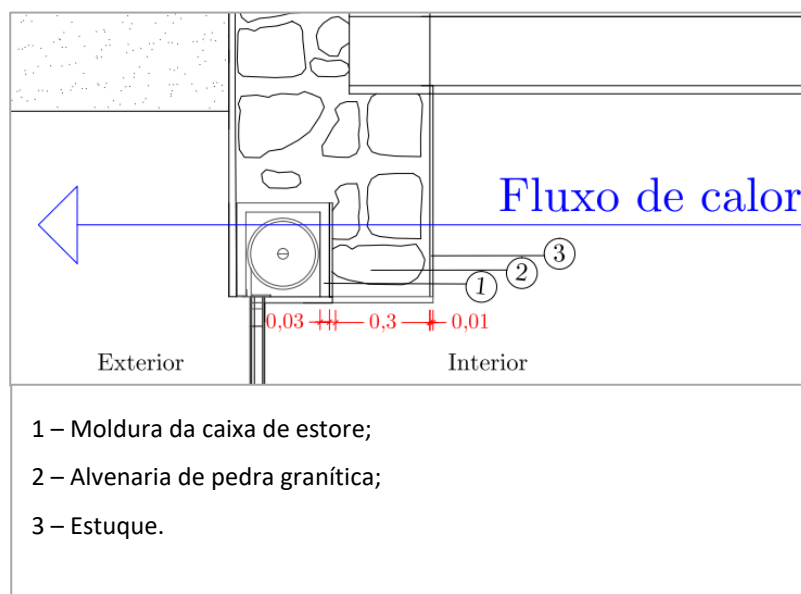


Figura 3.39 — Pormenor da ponte térmica plana (caixa de estore) da parede exterior do edifício inicial na zona da sala e definição do fluxo de calor.

Edifício inicial em zona de sala:

Quadro 3.24 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior do edifício inicial na zona da sala.

Camada	R _{si}	3 - Estuque interior	2 - Alvenaria de pedra (granito)	1 - Moldura cx. de estore (madeira)	R _{si}
Espessura [m]	-	0,010	0,315	0,030	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,570	2,800	0,150	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,130	0,018	0,113	0,200	0,130
$\sum_j R_j$	0,590				
U [W/(m ² . °C)]	1,69				

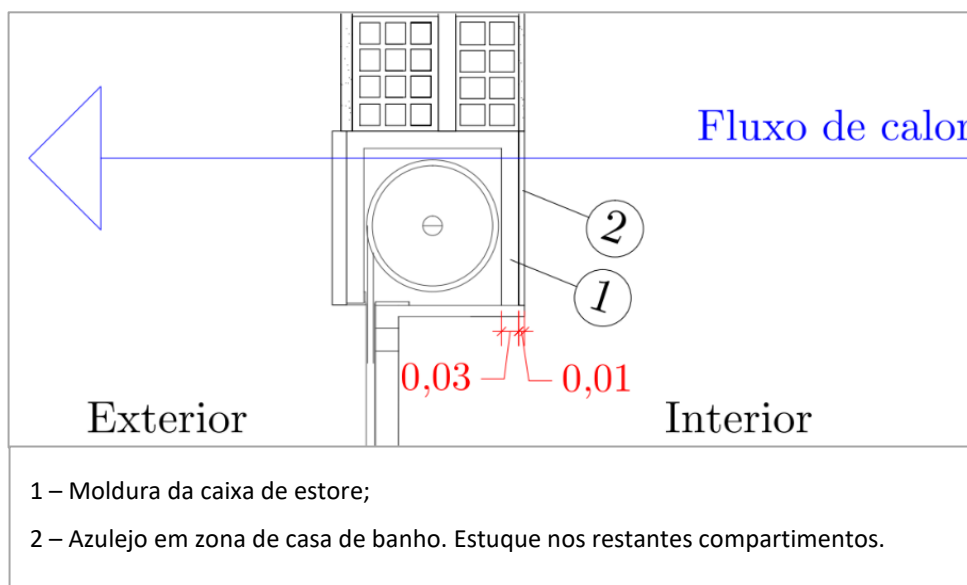
Parte ampliada em zona de quarto 3, sala e hall:

Figura 3.40 — Pormenor da ponte térmica plana (caixa de estore) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor.

Quadro 3.25 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3, sala e hall.

Camada	R _{si}	2 - Estuque interior	1 - Moldura cx. de estore (madeira)	R _{si}
Espessura [m]	-	0,010	0,030	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,570	0,150	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,130	0,018	0,200	0,130
$\sum_j R_j$	0,478			
U [W/(m ² . °C)]	2,09			

Parte ampliada em zona de casa de banho:

Quadro 3.26 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior da parte ampliada na zona de casa de banho.

Camada	R _{si}	2 - Azulejo	1 - Moldura cx. de estore (madeira)	R _{si}
Espessura [m]	-	0,010	0,030	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,300	0,150	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,130	0,008	0,200	0,130
$\sum_j R_j$	0,468			
U [W/(m ² . °C)]	2,14			

- PTP pilares

Parte ampliada em zona de hall de entrada, quarto 3 e sala:

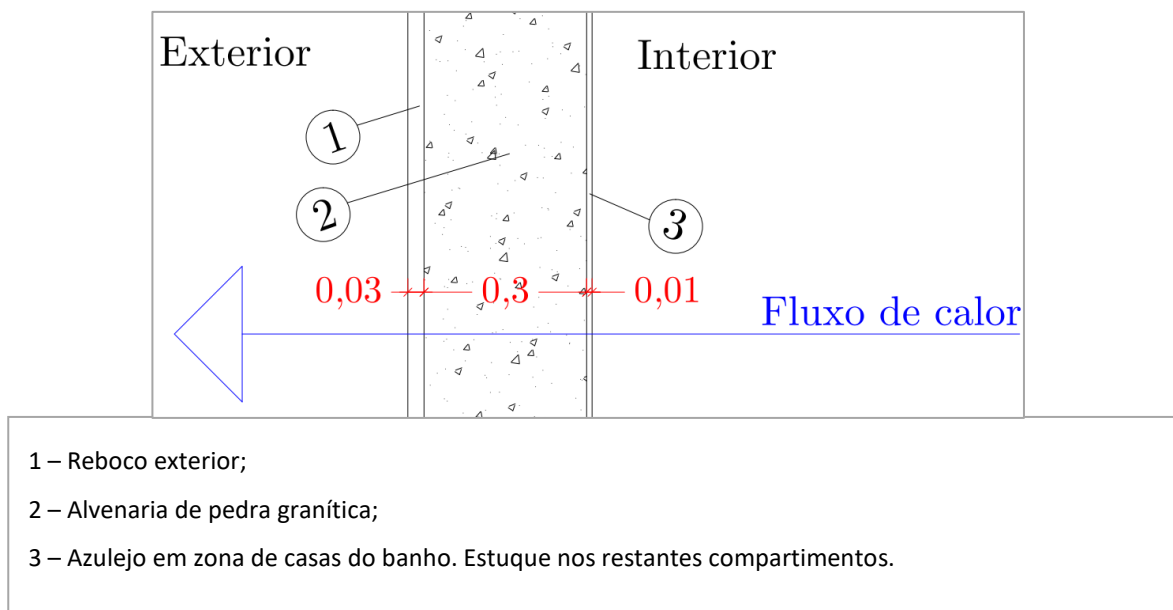


Figura 3.41 — Pormenor da ponte térmica plana (pilar) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor.

Quadro 3.27 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de hall de entrada, quarto 3 e sala.

Camada	R _{si}	3 - Estuque interior	2 - Pilar em betão armado	1 - Reboco exterior	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,30	0,03	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,57	2,00	1,30	-
R _j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,02	0,15	0,02	0,04
$\sum_j R_j$		0,36			
U [W/(m ² . °C)]		2,77			

Parte ampliada em zona de hall de casas de banho:

Quadro 3.28 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	R _{si}	3 - Azulejo	2 - Pilar em betão armado	1 - Reboco exterior	R _{se}
Espessura [m]		0,01	0,30	0,03	
λ_j [W/(m. °C)]		1,30	2,00	1,30	
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,01	0,15	0,02	0,04
$\sum_j R_j$	0,35				
U [W/(m ² . °C)]	2,85				

- **Envolvente opaca em contacto com ENU (esteira do desvão da cobertura e piso 0)**

Pavimento sobre o piso 0 do edifício inicial:

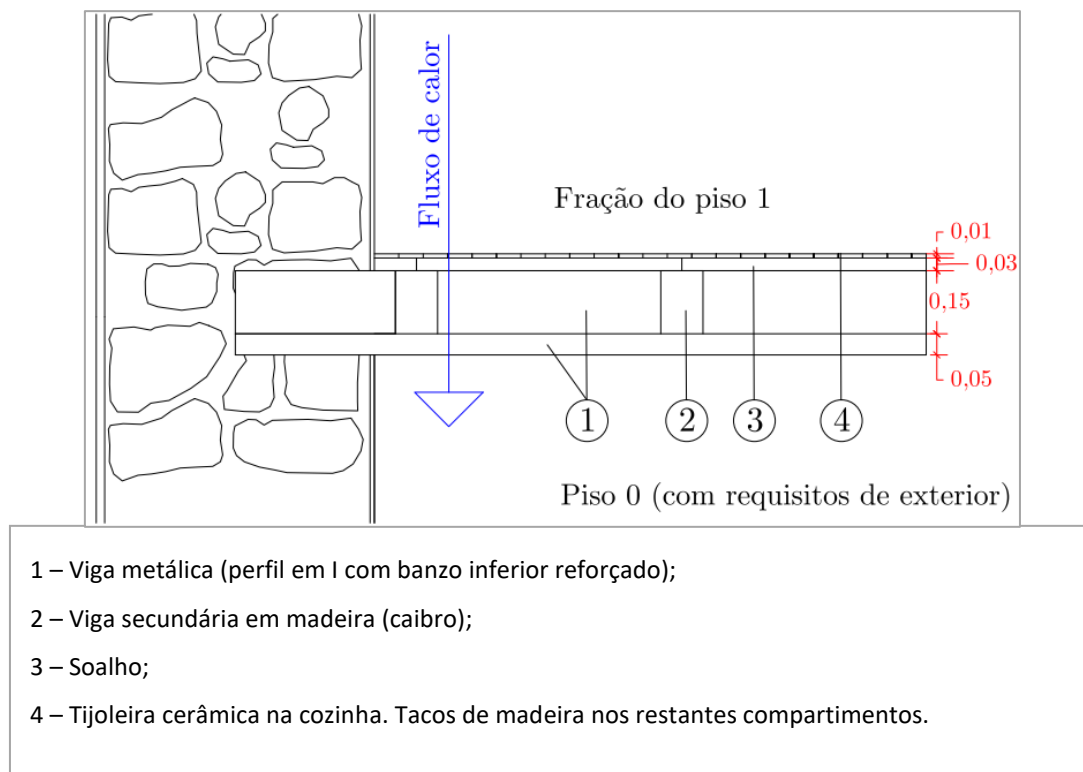


Figura 3.42 — Pormenor do pavimento sobre o piso 0 do edifício inicial e definição do fluxo de calor.

Para este pavimento considerou-se o valor do coeficiente U referido no documento intitulado “Valores por defeito para aplicação do previsto no despacho nº 15793-E/2013 relativo às regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes”. Assim, no seu Quadro III, o referido documento aponta um valor de $U = 2,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ para pavimentos de madeira do tipo barrotes e soalho sem tecto interior, com fluxo de calor descendente.

Laje de esteira sob o desvão da cobertura no edifício inicial:

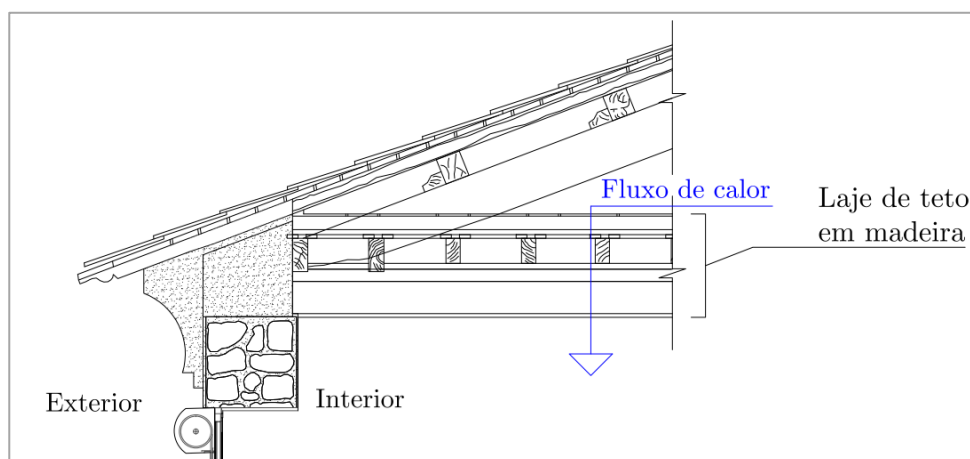


Figura 3.43 — Pormenor do teto sob o desvão da cobertura do edifício inicial e definição do fluxo de calor descendente.

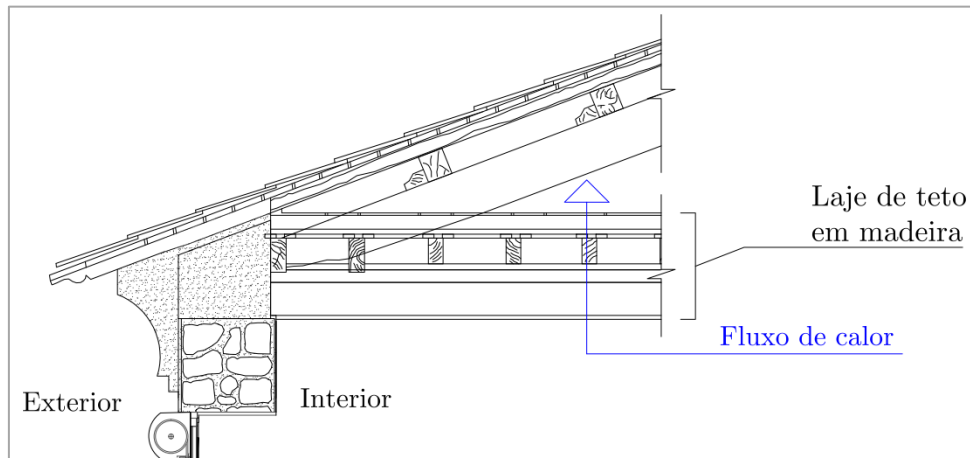


Figura 3.44 — Pormenor do teto sob o desvão da cobertura do edifício inicial e definição do fluxo de calor ascendente.

Para a laje de esteira sob o desvão da cobertura, no edifício inicial, considerou-se o valor do coeficiente U referido no documento intitulado “Valores por defeito para aplicação do previsto no despacho nº 15793-E/2013 relativo às regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes”. Assim, no seu Quadro III, o referido documento aponta um valor de $U = 3,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ para cobertura de madeira fortemente ventilada, com fluxo de calor ascendente.

Pavimento sobre o piso 0 na parte ampliada, em zona de quarto 3 e sala:

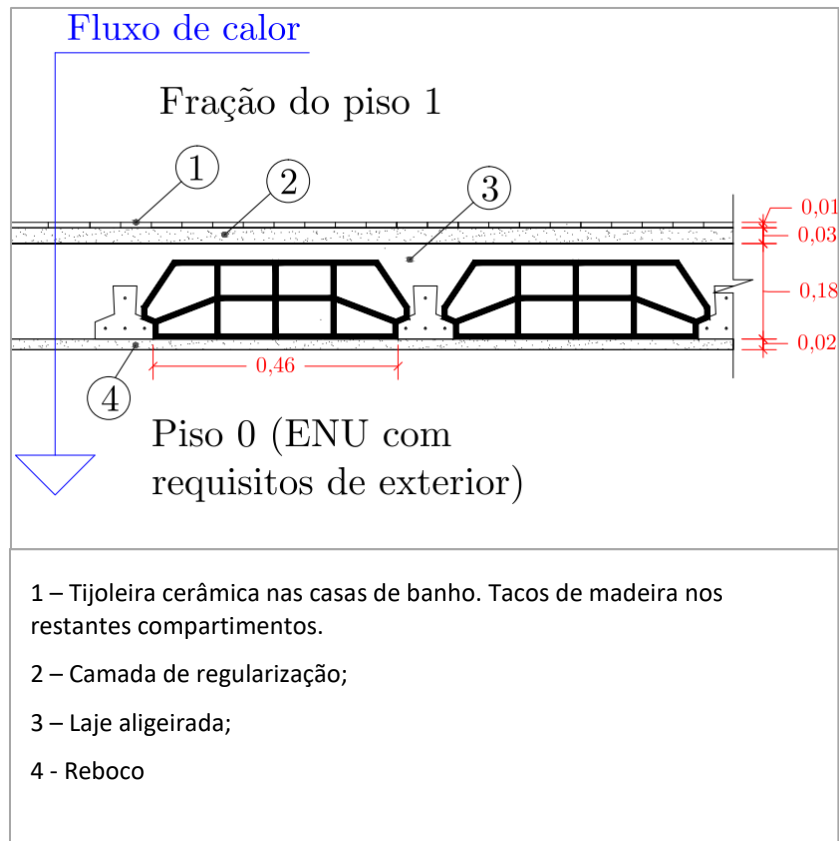


Figura 3.45 — Pormenor do pavimento sobre o piso 0 da parte ampliada e definição do fluxo de calor.

Quadro 3.29 – Determinação do valor de U do pavimento sobre o piso 0 (ENU com requisitos de exterior) da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.

Camada	R _{si}	1 - Tacos de madeira	2 - Betonilha de regularização	3 - Laje aligeirada	4 - Reboco (teto piso 0)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,03	-	0,02	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,23	1,80	-	1,30	-
R _j [(m ² . °C)/W]	0,17	0,043	0,0167	0,30	0,015	0,04
$\sum_j R_j$	0,59					
U [W/(m ² . °C)]	1,71					

Pavimento sobre o piso 0 na parte ampliada, em zona de casas de banho:

Relativamente à zona de quarto 3 e sala, na zona das casas de banho apenas muda o revestimento superior do pavimento, passando de tacos de madeira com espessura de 1 cm para azulejo de 1 cm de espessura.

Quadro 3.30 – Determinação do valor de U do pavimento sobre o piso 0 (ENU com requisitos de exterior) da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	Rsi	1 - Azulejo	2 - Betonilha de regularização	3 - Laje aligeirada	4 - Reboco (teto piso 0)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	0,03	-	0,02	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	1,80	-	1,30	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,17	0,0077	0,0167	0,30	0,015	0,04
$\sum_j R_j$	0,55					
U [W/(m ² . °C)]	1,82					

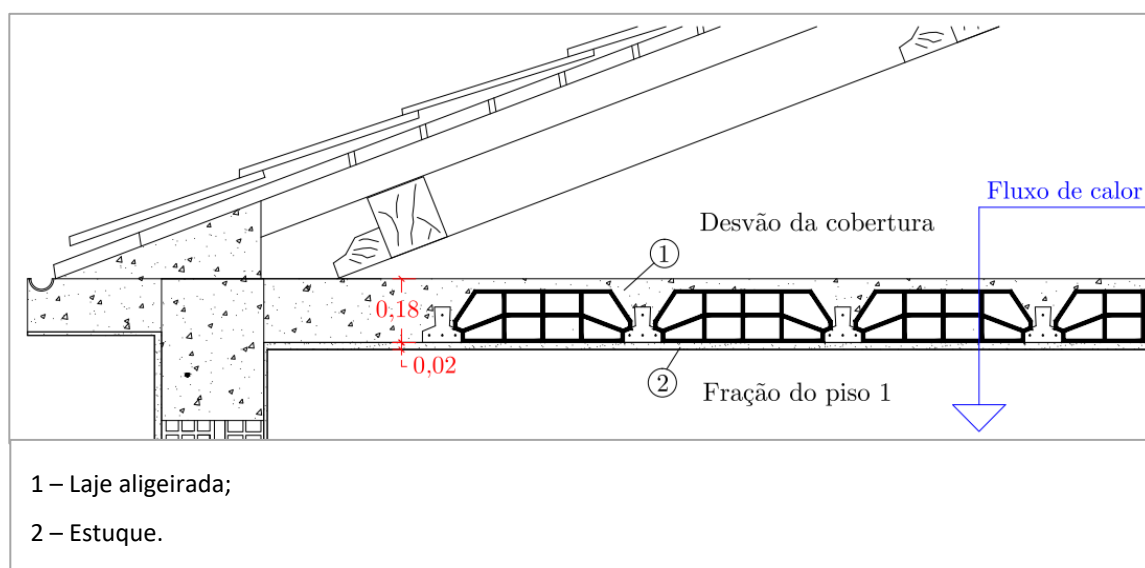
Laje de esteira sob o desvão da cobertura da parte ampliada:

Figura 3.46 — Pormenor do teto sob o desvão da cobertura da parte ampliada e definição do fluxo de calor descendente.

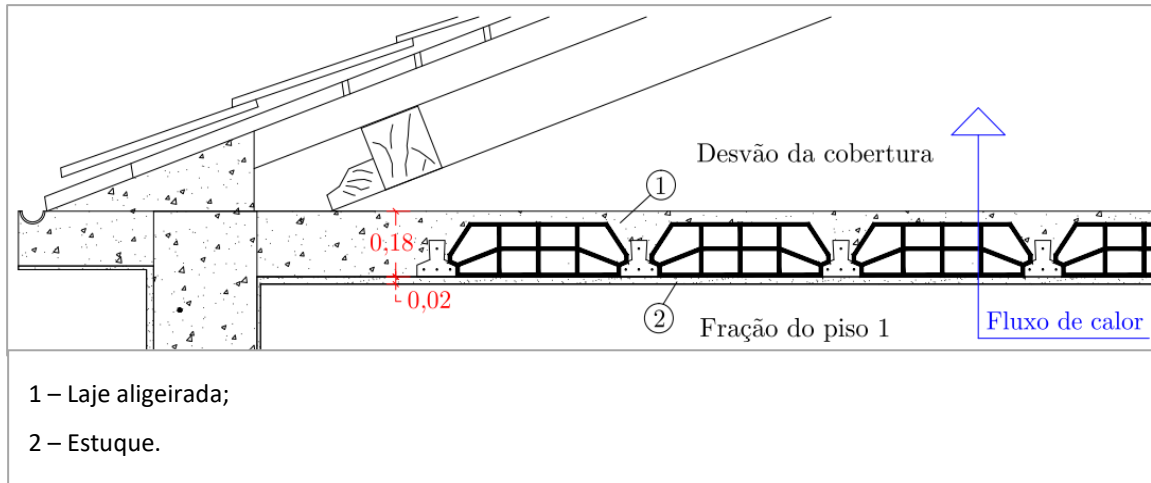


Figura 3.47 — Pormenor do teto sob o desvão da cobertura da parte ampliada e definição do fluxo de calor ascendente.

Quadro 3.31 – Determinação do valor de U do pavimento sob o desvão da cobertura da parte ampliada com fluxo de calor descendente.

Camada	R _{si}	2 - Reboco (teto piso 1)	1 - Laje aligeirada (fluxo de calor descendente)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,02	-	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	-	-
R _j [(m ² . °C)/W]	0,17	0,015	0,30	0,04
$\sum_j R_j$	0,525			
U [W/(m ² . °C)]	1,90			

Quadro 3.32 – Determinação do valor de U do pavimento sob o desvão da cobertura da parte ampliada com fluxo de calor ascendente.

Camada	Rsi	2 - Reboco (teto piso 1)	1 - Laje aligeirada (fluxo de calor ascendente)	Rse
Espessura [m]		0,02		
λ_j [W/(m. °C)]		1,30		
R_j [(m ² . °C)/W]	0,17	0,015	0,27	0,04
$\sum_j R_j$	0,495			
U [W/(m ² . °C)]	2,02			

- **Envidraçados**

Na fração em estudo existe um total de 17 vãos envidraçados, subdivididos em 3 grandes grupos (VE1, VE2 e VE 3). Esta subdivisão justifica-se pela existência de envidraçados com caixa de estore exterior à parede, caixilharia em madeira e portada interior (VE1); envidraçados com caixa de estore embutida na parede e caixilharia em alumínio sem corte térmico (VE2); e, por fim, envidraçados sem qualquer dispositivo de oclusão e com caixilharia em alumínio sem corte térmico (VE3).

Todos os vãos envidraçados da fração são simples, possuindo apenas uma janela e, também, são constituídos por vidros simples, de espessura variável de 6 mm.

Para a determinação do valor do coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados foram consideradas os Quadros III.1 e III.2 do ITE 50, Assim, para os envidraçados do tipo VE1, considerou-se que, pelo facto de possuírem estore exterior e portada interior, têm baixa permeabilidade ao ar e considerados os valores de U_{wdn} . Para os envidraçados VE2 considerou-se que, por possuírem apenas estore pelo exterior, têm permeabilidade ao ar elevada e, portanto, tomaram-se os valores de U_{wdn} . No que toca aos envidraçados VE3, uma vez que estes não possuem qualquer dispositivo de oclusão, devido à não ocupação noturna das divisões que servem (I.S. serviço, cozinha e arrumos 1), foram tidos em conta os valores de U_w .

Envidraçados do tipo VE1:

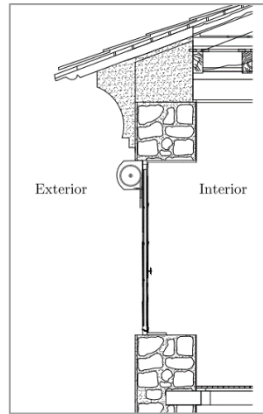


Figura 3.48 — Pormenor (corte) de um exemplo de um envidraçado do tipo VE1 (envidraçado do quarto 1, orientado para NE).

Envidraçados do tipo VE2:

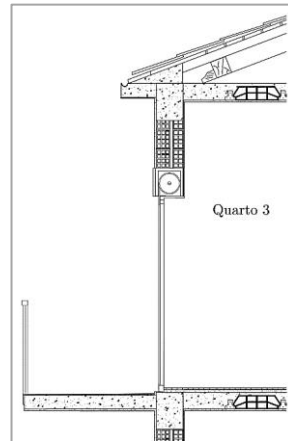


Figura 3.49 — Pormenor (corte) de um exemplo de um envidraçado do tipo VE2 (envidraçado do quarto 3, orientado para SO).

Envidraçados do tipo VE3:

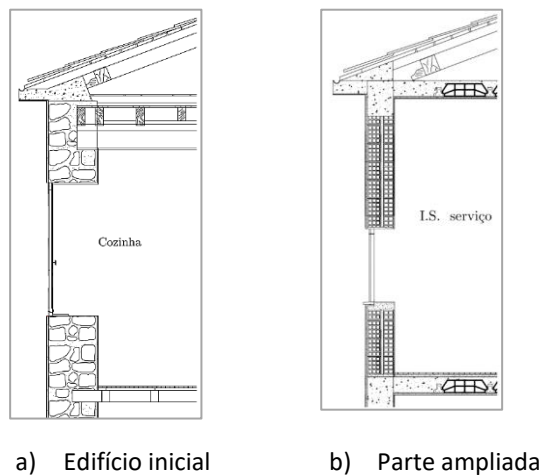


Figura 3.50 — Pormenor (corte) de dois exemplos de envidraçados do tipo VE3 (envidraçado da cozinha e I.S. serviço).

Quadro 3.33 – Determinação do valor de U dos vãos envidraçados conforme os quadros III.1 e III.2 do ITE 50,

Nome	Orientação	Divisão	Caixilharia	Tipo de envidraçado	Nº de vidros	Tipo de janela	Uw	Uwdn	
								Permeabilidade ao ar elevada	Permeabilidade ao ar baixa
VE1-1	NE	Quarto 2	Madeira	Simples	1	Giratória	-	-	3,4
VE1-2	NE	Quarto 1	Madeira	Simples	1	Giratória	-	-	3,4
VE1-3	NE	Quarto 1	Madeira	Simples	1	Giratória	-	-	3,4
VE1-4	SE	Quarto 1	Madeira	Simples	1	Giratória	-	-	3,4
VE1-5	SE	Escritório	Madeira	Simples	1	Giratória	-	-	3,4
VE2-1	SE	Sala	Alumínio*	Simples	1	De correr	-	4,8	-
VE2-2	SE	I. S.	Alumínio*	Simples	1	De correr	-	4,8	-
VE2-3	SE	Quarto 3	Alumínio*	Simples	1	De correr	-	4,8	-
VE2-4	SO	Quarto 3	Alumínio*	Simples	1	De correr	-	4,8	-
VE2-5	SO	Sala	Alumínio*	Simples	1	De correr	-	4,8	-
VE2-6	SO	Hall	Alumínio*	Simples	1	Giratória	-	4,6	-
VE3-1	SO	I. S. serviço	Alumínio*	Simples	1	Giratória	6,2	-	-
VE3-2	NO	I. S. serviço	Alumínio*	Simples	1	Giratória	6,2	-	-
VE3-3	NO	Cozinha	Alumínio*	Simples	1	Giratória	6,2	-	-
VE3-4	NO	Cozinha	Alumínio*	Simples	1	Giratória	6,2	-	-
VE3-5	NO	Cozinha	Alumínio*	Simples	1	Giratória	6,2	-	-
VE3-6	NO	Arrumos 1	Alumínio*	Simples	1	Giratória	6,2	-	-

*Sem corte térmico

Quadro 3.34 – Quadro resumo de todos os valores do coeficiente de transmissão térmica (U).

Elemento construtivo	U [W/(m ² . °C)]
Parede exterior (edifício inicial - zona de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala)	2,29
Parede exterior (edifício inicial - zona de cozinha)	2,34
Parede exterior (parte ampliada - zona de quarto 3 e sala)	0,96
PTP viga (parte ampliada - zona de quarto 3 e sala)	2,87
Parede exterior (parte ampliada - zona de casas de banho I.S.)	0,97
PTP viga (parte ampliada - zona de casas de banho I.S.)	2,96
PTP caixa de estore (edifício inicial – zona de sala)	1,69
PTP caixa de estore (parte ampliada – zona de quarto 3, sala e hall)	2,09
PTP caixa de estore (parte ampliada – zona de casa de banho I.S.)	2,14
PTP pilar (parte ampliada – zona de hall de entrada, quarto 3 e sala)	2,77
PTP pilar (parte ampliada – zona de casas de banho – I.S. e I.S. serviço)	2,85
Pavimento sobre piso 0 (edifício inicial)	2,20
Teto sob desvão da cobertura (edifício inicial - fluxo de calor descendente)	-
Teto sob desvão da cobertura (edifício inicial - fluxo de calor ascendente)	3,80
Pavimento sobre piso 0 (parte ampliada - zona de quarto 3 e sala)	1,71
Pavimento sobre piso 0 (parte ampliada - zona de casas de banho I.S.)	1,82
Teto sob desvão da cobertura (parte ampliada - fluxo de calor descendente)	1,90
Teto sob desvão da cobertura (parte ampliada - fluxo de calor ascendente)	2,02
Envidraçados VE1	3,40
Envidraçados VE2 (janela de correr)	4,80
Envidraçados VE2 (janela giratória)	4,60
Envidraçados VE3	6,20

- **Coefficientes de transmissão térmica lineares**

Para a determinação dos valores dos coeficientes de transmissão térmica linear (ψ [W/(m. °C)]) deve-se ter em conta a Tabela 07 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, No entanto, como os valores presentes

na referida tabela apenas contemplam elementos com isolamento térmico incorporado, deve-se recorrer à Tabela 03 do Despacho (extrato) 15793-E/2013,

Ligação fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido:

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

Ligação fachada com cobertura:

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

Ligação entre duas paredes verticais em ângulo saliente:

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

Ligação entre fachada e caixilharia:

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

Ligação entre fachada e caixas de estore:

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

Ligação entre fachada e varanda:

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

- **Fatores solares dos envidraçados**

Fatores de orientação:

Os fatores de orientação para as diferentes exposições, X_j , estão definidos na Tabela 01 do Despacho (extrato) nº 15793-I/2013 sendo que, para as orientações dos envidraçados da fração em estudo, tomam os valores de :

- $X_j = 0,33$, para envidraçados orientados para NE e NO;
- $X_j = 0,84$, para envidraçados orientados para SE e SO;

Fatores solares dos vidros:

Segundo a alínea a) do número 2 do ponto 7 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, quando não existe a informação por parte do fabricante do vidro sobre qual é o seu valor do fator solar do envidraçado, para uma incidência normal à superfície ($g_{\perp,vi}$), devem ser tomados os valores apresentados na Tabela 12 do

mesmo Despacho. Esta Tabela também pressupõe o conhecimento das espessuras dos vidros, da coloração dos mesmos e do tipo de vidro (simples ou duplo). Assim, considerou-se que todos os vidros são simples, incolores e com uma espessura corrente de 6 mm, logo é tomado o valor de $g_{L,vi} = 0,85$.

Fatores solares dos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar:

Para a determinação dos valores dos fatores solares dos envidraçados munidos de dispositivos de proteção solar (permanente ou móvel) totalmente ativados para vidros simples ou duplos, g_{Tvc} (Tabela 13 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013) é necessário saber qual a cor da referida proteção (clara, média ou escura) à qual corresponde um coeficiente de absorção da radiação solar (α), definido na Tabela 08 do mesmo Despacho.

Assim, para os diferentes tipos de envidraçados da fração em estudo, o Quadro 3.35 indica os dispositivos de proteção solar existentes, bem como o material e a cor destes. Todos os dispositivos existentes estão desprovidos de qualquer isolamento térmico.

Quadro 3.35 – Dispositivos de proteção dos envidraçados da fração.

Tipo de envidraçado	Dispositivo de proteção	Material	Cor	α
VE1	Persianas exteriores	Réguas de plástico	Clara (branco)	0,4
	Portadas interiores	Madeira	Clara (branco)	0,4
VE2	Persianas exteriores	Réguas de plástico	Clara (branco)	0,4
VE3	-	-	-	-

Como todos os dispositivos de proteção são de cor clara, estes tomam um valor de $g_{Tvc} = 0,30$, para as portadas interiores dos envidraçados do tipo VE1, e de $g_{Tvc} = 0,07$, para as persianas exteriores com réguas de plástico dos envidraçados VE1 e VE2,

Fator solar global:

O valor do fator solar global (g_T) de um vão envidraçado simples, com as respetivas proteções solares ativadas na sua totalidade, obtém-se através da aplicação da expressão (3.7), presente na alínea a) do número 6 do ponto 7 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013,

$$g_T = g_{L,vi} \times \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,85} \quad (3.7)$$

Tal como é referido no número 7 do ponto 7 do mesmo Despacho, a expressão (3.7) supracitada apenas se aplica quando são consideradas as proteções solares existentes, a contar do exterior para o interior, até à primeira proteção solar opaca encontrada, inclusive. Deste modo, apesar dos envidraçados do tipo VE1 possuírem uma proteção pelo exterior (persianas com réguas de plástico) e outra pelo interior (portadas de madeira), apenas será considerada a proteção exterior (persianas), pois é a primeira proteção encontrada a contar do exterior para o interior.

Deste modo:

- Envidraçados VE1 e VE2

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,85} = 0,85 \times \frac{0,07}{0,85} = 0,07, \text{ para envidraçados com persianas exteriores com réguas de plástico.}$$

- Envidraçados VE3

$$g_T = g_{\perp,vi} = 0,85, \text{ para envidraçados sem proteção.}$$

Fator solar do envidraçado na estação de aquecimento (Inverno):

Como é definido nos números do ponto 7.1 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, o fator solar do vão envidraçado na estação de aquecimento é calculado tendo em conta que os dispositivos de proteção se encontram abertos na sua totalidade, de forma a aproveitar toda a luz exterior como forma de aquecimento. Assim, o fator solar (g_i) toma o valor do fator solar global do envidraçado com os dispositivos de proteção solar permanentemente existentes ($g_i = g_{Tp}$) sendo que, no caso de envidraçados desprovidos de qualquer dispositivo de proteção, é igual ao fator solar do vidro para uma incidência normal a este, afetado de um fator de seletividade angular ($F_{w,i}$), de acordo com a expressão (3.8).

$$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi} \tag{3.8}$$

Assim, dado que os envidraçados do tipo VE3 não têm qualquer tipo de proteção solar:

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

Para se obter o valor das necessidades mínimas de aquecimento, o fator $F_{w,i}$ será igual a 0,9, tal como é definido no número 2 do ponto 10 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013,

Para os envidraçados do tipo VE1 e VE2, considerou-se que $g_i = g_{Tp}$, uma vez que existe, de forma permanente, dispositivos de proteção solar.

Fator solar do envidraçado na estação de arrefecimento (Verão):

Para calcular o valor das necessidades de arrefecimento, considera-se que os dispositivos de proteção solar se encontram ativos durante uma fração de tempo, dependente da orientação do envidraçado. Deste modo é utilizada a expressão (3.9)

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{Tp} \quad (3.9)$$

Em que:

F_{mv} – fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativados (Tabela 14 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013);

g_T – fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar (permanentes ou móveis) totalmente ativados;

g_{Tp} – fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes.

Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes:

Sendo que os envidraçados do tipo VE1 e VE2 possuem dispositivos de proteção solar móveis (persianas exteriores), não existem dispositivos permanentes ou fixos. Desta forma:

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

Para serem calculadas as necessidades nominais de arrefecimento, em vãos envidraçados com vidro plano (incolor, colorido ou refletante) simples ou duplo, é necessário conhecer o coeficiente de redução dos ganhos solares, proveniente da variação do ângulo de incidência da radiação solar, presente na Tabela 21 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013,

Assim:

$F_{w,v} = 0,90$, para envidraçados voltados para as orientações NE, NO, SE e SO, ou seja, para todos os envidraçados da fração da habitação em estudo.

Deste modo,

$$g_{Tp} = 0,90 \times 0,85 = 0,765, \text{ para todos os envidraçados presentes na fração em estudo.}$$

Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram ativos na sua totalidade:

Através da Tabela 14 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013:

$F_{m,v} = 0,40$, para envidraçados orientados para NE e NO;

$F_{m,v} = 0,70$, para envidraçados orientados para SE e SO;

$F_{m,v} = 0$, para envidraçados sem dispositivos de proteção solar.

Fator de obstrução da radiação solar:

O fator de obstrução dos vãos envidraçados (F_s) corresponde a uma redução na radiação solar incidente, devido ao sombreamento permanente provocado por obstáculos, quer sejam estes exteriores ao edifício (edifícios vizinhos, orografia e vegetação) ou criados por elementos pertencentes ao próprio edifício (palas, varandas e elementos de enquadramento do vão externos à caixilharia).

O valor do fator F_s é calculado mediante a expressão (3.10).

$$F_s = F_h \times F_o \times F_f \quad (3.10)$$

Em que:

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

F_o – 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.

Fator de sombreamento do horizonte por obstruções (F_h) na estação de arrefecimento:

De acordo com o número 2 do ponto 8.1 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, é desprezado o efeito do sombreamento do horizonte na estação de arrefecimento, considerando-se $F_h = 1$,

Fator de sombreamento do horizonte por obstruções (F_h) na estação de aquecimento:

De acordo com o número 4 do ponto 8.1 do mesmo Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, como não existe informação sobre quais as obstruções exteriores ao edifício e dado que se trata de um edifício localizado

numa zona considerada urbana, em Portugal Continental com Latitude 39° , o fator de sombreamento do horizonte F_h deverá ser determinado de acordo com a adoção de um ângulo de horizonte por defeito de 45° .

Determinação dos ângulos α para a obtenção dos fatores de sombreamento provocado por elementos horizontais:

Tal como definido no número 1 do ponto 8.2 do Despacho (extrato) 15793-K/2013, o sombreamento, provocado por elementos horizontais sobrejacntes aos vãos envidraçados, está dependente do comprimento e do ângulo da obstrução, da latitude do local, da exposição e do clima local sendo que, os valores de F_o estão apresentados nas Tabelas 16 e 17 do referido Despacho, respetivamente para as estações de aquecimento e arrefecimento.

Envidraçados orientados para NE:

Para esta orientação existem 3 envidraçsdos do tipo VE1, sendo que o ângulo α é o mesmo para todos eles.

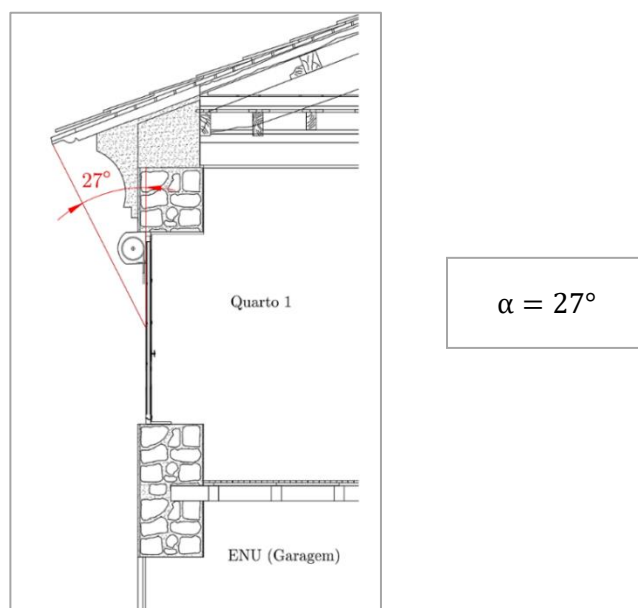


Figura 3.51 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados orientados para NE.

Envidraçados orientados para NO:

Para esta orientação existem 5 envidraçsdos do tipo VE3,

Envidraçado VE3 da I.S serviço (VE3-2):

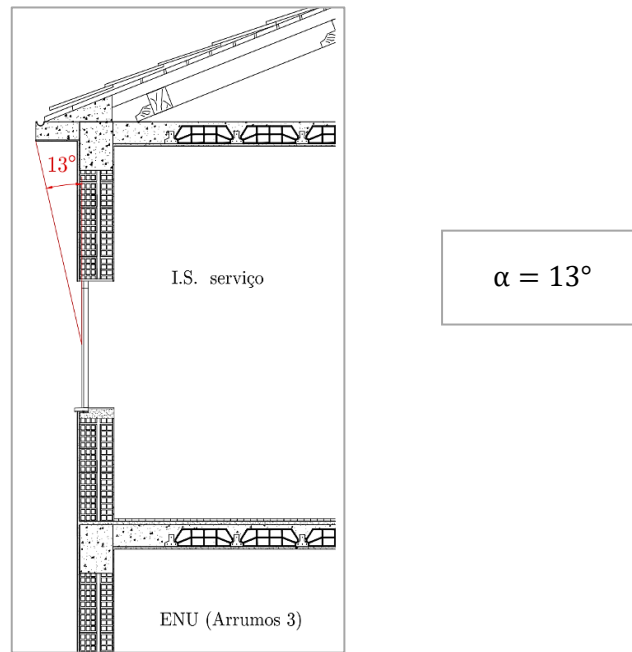


Figura 3.52 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado da I.S. serviço, orientados para NO.

Envidraçados VE3 da cozinha (VE3-3 e VE3-4):

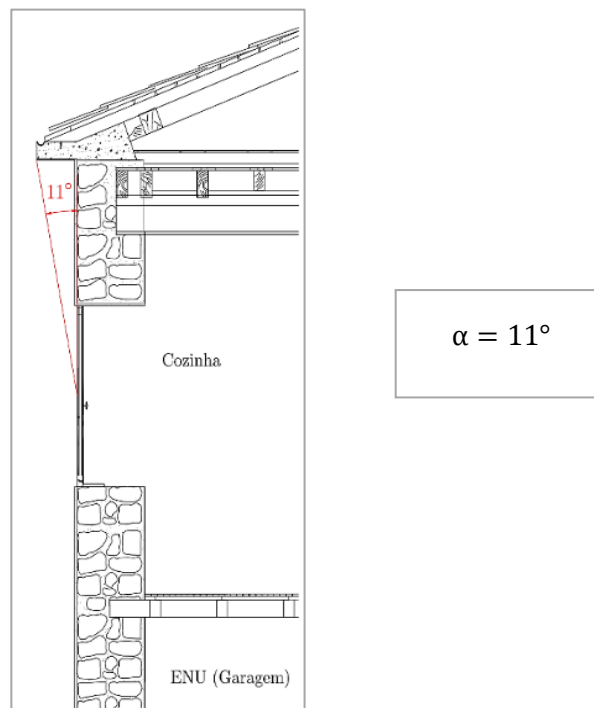


Figura 3.53 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados VE3-3 e 4 da cozinha, orientados para NO.

Envidraçados da cozinha e dos arrumos 1 (VE3-5 e VE3-6):

O ângulo α para os envidraçados do tipo VE3 da cozinha e dos arrumos 1 é igual para ambos os envidraçados.

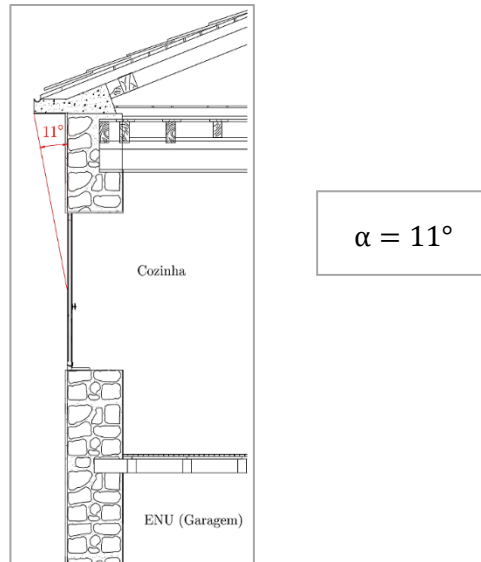


Figura 3.54 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados VE3-5 e 6 da cozinha e dos arrumos 1, orientados para NO.

Envidraçados orientados para SE:

Para esta orientação existem 2 envidraçados do tipo VE1 e 3 do tipo VE2,

Envidraçados do quarto 1 e escritório (VE1-4 e VE1-5):

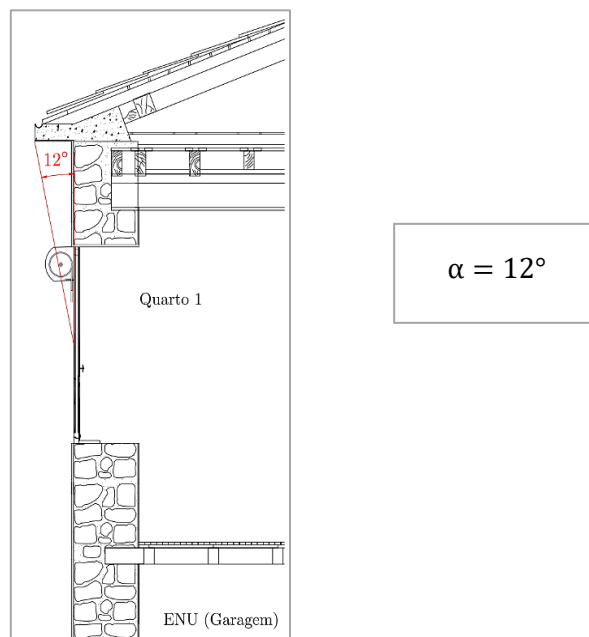


Figura 3.55 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados VE1-4 e 5 do quarto 1 e do escritório, orientados para SE.

Envidraçado da sala (VE2-1):

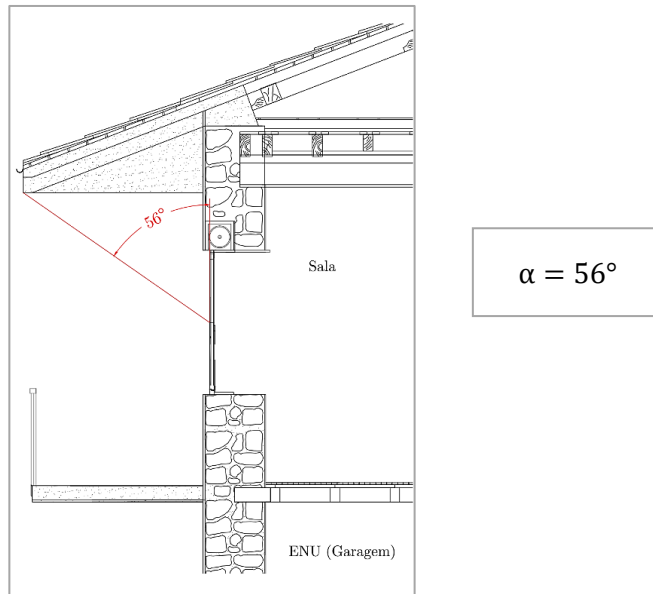


Figura 3.56 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado VE2-1 e da sala, orientado para SE.

Envidraçados da I.S. e do quarto 3 (VE2-2 e VE2-3):

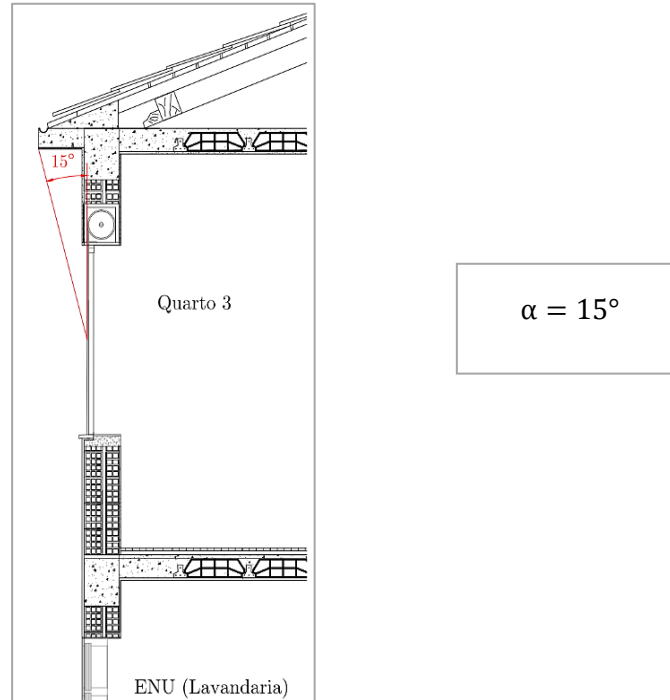


Figura 3.57 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal dos envidraçados VE2-2 e 3 do quarto 3 e da I.S., orientados para SE.

Envidraçados orientados para SO:

Para esta orientação existem 3 envidraçados do tipo VE2 e um do tipo VE3,

Envidraçado VE2 do quarto 3 e da sala (VE2-4 e VE2-5):

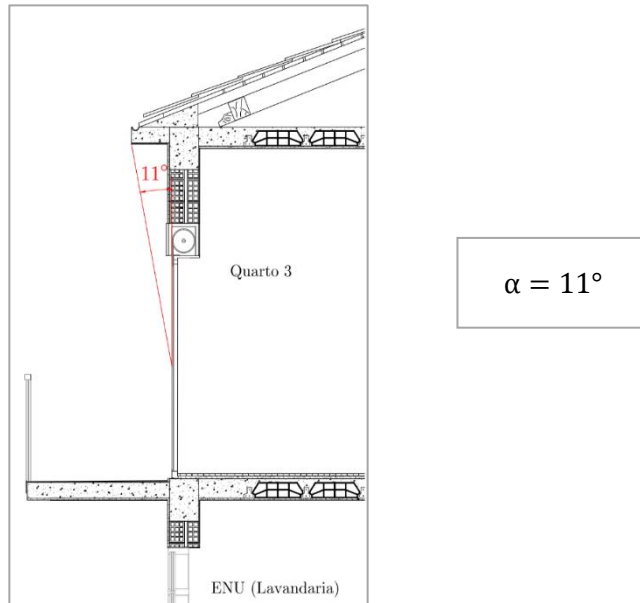


Figura 3.58 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado da I.S. serviço, orientado para NO.

Envidraçado VE2 do hall (VE2-6):

Este elemento é uma porta de entrada, embora seja considerado como vão envidraçado através da simplificação dos envidraçados.

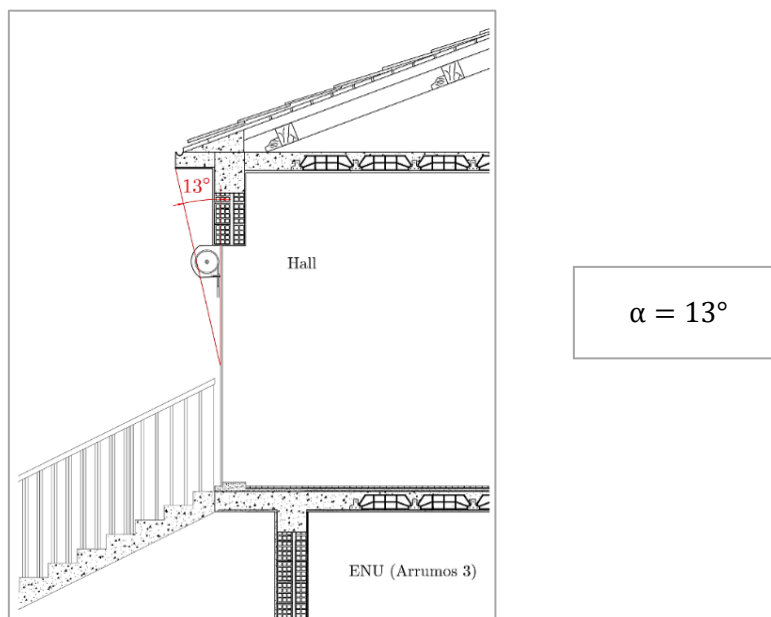


Figura 3.59 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado do hall, orientado para NO.

Envidraçado VE3 da I.S. serviço (VE3-1):

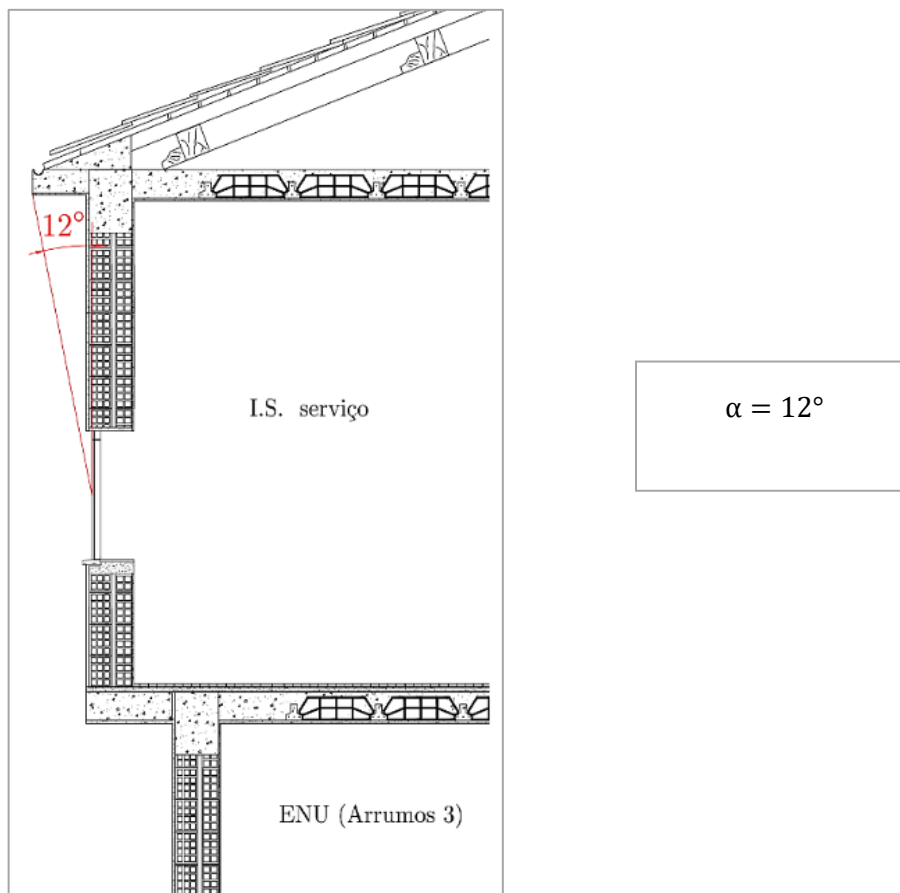


Figura 3.60 — Esquema para a determinação do ângulo α da obstrução horizontal do envidraçado da I.S. serviço, orientado para SO.

Determinação dos ângulos β para a obtenção dos fatores de sombreamento provocado por elementos verticais:

Tal como o disposto nas tabelas 18 e 19 do ponto 8.2 do Despacho (extrato) 15793-K/2013, o sombreamento provocado por elementos verticais está, também, dependente do comprimento e do ângulo da obstrução, da latitude do local, da exposição e do clima local sendo que, os valores de F_f estão apresentados nas Tabelas acima mencionadas para as estações de aquecimento e arrefecimento.

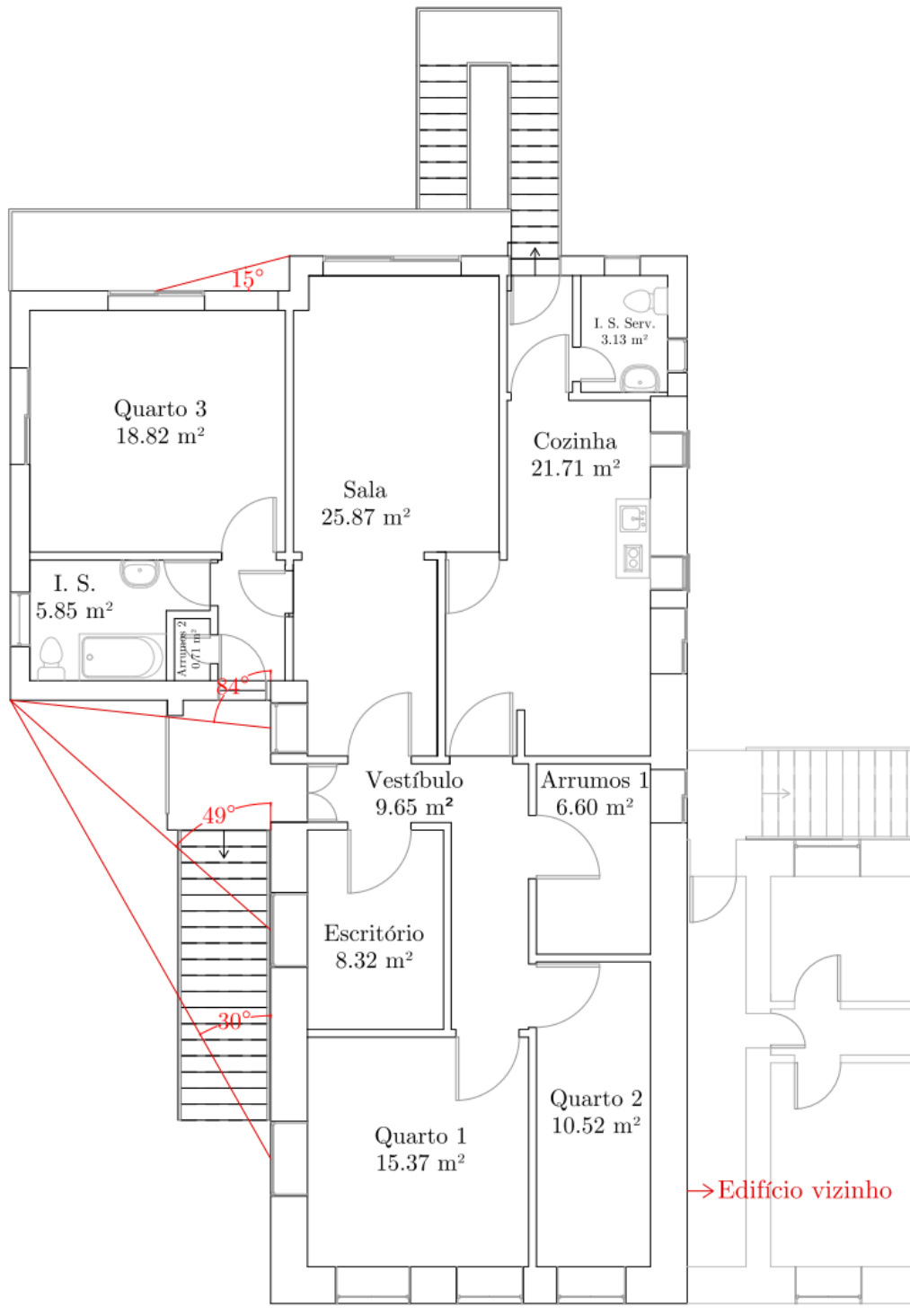


Figura 3.61 — Esquema para a determinação dos ângulos β dos fatores de sombreamento dos elementos verticais F_f .

Envidraçado VE2-4, orientado a SO:

$$\beta_{dir} = 15^\circ$$

Envidraçado VE2-1, orientado a SE:

$$\beta_{\text{dir}} = 84^\circ$$

Envidraçado VE1-5, orientado a SE:

$$\beta_{\text{dir}} = 49^\circ$$

Envidraçado VE1-4, orientado a SE:

$$\beta_{\text{dir}} = 30^\circ$$

Caso não exista sombreamento causado por elementos verticais, F_f toma o valor de 1,

Fração envidraçada:

De acordo com a Tabela 20 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, os valores típicos da fração envidraçada para os diferentes tipos de caixilharia. Assim, no quadro xxx estão definidos os valores de F_g para os diferentes tipos de envidraçados presentes no edifício.

Quadro 3.36 – Valores típicos da fração envidraçada (F_g) de diferentes tipos de caixilharia.

Nome	Orientação	Divisão	Caixilharia	Presença de quadricula	F_g
VE1-1	NE	Quarto 2	Madeira	Sim	0,57
VE1-2	NE	Quarto 1	Madeira	Sim	
VE1-3	NE	Quarto 1	Madeira	Sim	
VE1-4	SE	Quarto 1	Madeira	Sim	
VE1-5	SE	Escritório	Madeira	Sim	
VE2-1	SE	Sala	Alumínio	Não	0,70
VE2-2	SE	I. S.	Alumínio	Não	
VE2-3	SE	Quarto 3	Alumínio	Não	
VE2-4	SO	Quarto 3	Alumínio	Não	
VE2-5	SO	Sala	Alumínio	Não	
VE2-6	SO	Hall	Alumínio	Não	
VE3-1	SO	I. S. serviço	Alumínio	Não	0,70
VE3-2	NO	I. S. serviço	Alumínio	Não	
VE3-3	NO	Cozinha	Alumínio	Não	
VE3-4	NO	Cozinha	Alumínio	Não	
VE3-5	NO	Cozinha	Alumínio	Não	
VE3-6	NO	Arrumos 1	Alumínio	Não	

- **Fatores de obstrução de superfícies opacas**

Tal como está definido no número 4 do ponto 8 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, a determinação do fator de obstrução de superfícies opacas é totalmente opcional, sendo a sua abordagem igual à da

fração envidraçada. Deste modo, como não se considerou a determinação deste fator no edifício em estudo, ele toma o valor de 1,0,

- **Inércia térmica**

A inércia térmica é obtida através da tabela 11 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, de acordo com o valor da massa superficial útil por superfície de área de pavimento.

A massa útil por metro quadrado de área de pavimento, I_t , é calculada através da expressão (3.11)

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \times r \times S_i}{A_p} \quad (3.11)$$

Em que:

M_{si} – Massa superficial útil do elemento i [kg/m^2]

r – Fator de redução da massa superficial útil

S_i – Área da R_{si} do elemento i [m^2]

A_p – Área interior útil de pavimento [m^2]

Massa superficial útil de elementos de construção:

Tal como descrito o número 3 do ponto 6.1 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, a massa superficial útil de cada elemento de construção, M_{si} , é função da sua localização no próprio edifício e da sua constituição, mais precisamente do posicionamento e do isolamento térmico (caso exista) e das características das soluções de revestimento superficial.

Assim, os elementos de construção estão divididos em 3 grandes grupos:

- EL1 – elementos da envolvente exterior ou interior, ou elementos de construção em contacto com outra fração autónoma ou com o edifício adjacente;
- EL2 – elementos em contacto com o solo;
- EL3 – elementos de compartimentação interior da fração autónoma (parede ou pavimento).

EL1 - Elementos da envolvente exterior ou interior e elementos de construção em contacto com outra fração autónoma ou edifício adjacente:

Para os elementos enquadrados na categoria EL1, o valor de M_{si} não pode ser superior a $150 \text{ kg}/\text{m}^2$ ($M_{si}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg}/\text{m}^2$).

Quando não existem valores da massa superficial tabelados, o valor dessa massa para cada elemento é calculado segundo a expressão $e \times \rho$, sendo esta o produto entre a espessura e a massa volúmica de cada material.

Paredes exteriores do edifício inicial:

Parede de alvenaria de pedra granítica, sem caixa de ar:

$$m_{pi_{\text{estruque interior}}} = 1200 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 12 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{pi_{\text{alvenaria de pedra granítica}}} = 2600 \text{ kg/m}^3 \times 0,63 \text{ m} = 1638 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{pi_{\text{reboco exterior}}} = 1500 \text{ kg/m}^3 \times 0,03 \text{ m} = 45 \text{ kg/m}^2$$

$$m_t = 12 + 1638 + 45 = 1695 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Não existe caixa de ar} \rightarrow M_{si} = \frac{m_t}{2} = \frac{1695}{2} = 847,50 \text{ kg/m}^2 > M_{si}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{si} = 150 \text{ kg/m}^2 = M_{si}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

Paredes exteriores da parte ampliada:

As paredes exteriores deste bloco são constituídas por dois panos de alvenaria de tijolo furado (15 + 11 cm), com caixa de ar entre eles. Deste modo, de acordo com o tópico ii) da alínea a) do número 5 do ponto 6.1 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, no caso de existir caixa de ar, $M_{si} = m_{pi}$, sendo que m_{pi} corresponde à massa do elemento desde a caixa de ar até à face interior.

Assim:

$$m_{pi_{\text{alv.tij.11}}} = 150 \text{ kg/m}^2 \text{ (LNEC, 2010)}$$

$$M_{si} = 150 \text{ kg/m}^2 = M_{si}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

Laje de esteira do desvão da cobertura inclinada, no edifício inicial:

$$m_{pi_{\text{estruque interior}}} = 1200 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{pi_{\text{madeira}}} = 800 \text{ kg/m}^3 \times 0,375 \text{ m} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$m_t = 24 + 300 = 324 \text{ kg/m}^2 > M_{si}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{si} = 150 \text{ kg/m}^2 = M_{si}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

Laje de esteira do desvão da cobertura inclinada, na parte ampliada:

$$m_{\text{pi}_{\text{reboco}} (\text{piso } 1)} = 1900 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} = 38 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{pi}_{\text{laje}} \text{ aligeirada co vigotas e abobadilhas}} = 1250 \text{ kg/m}^3 \times 0,18 \text{ m} = 225 \text{ kg/m}^2$$

$$m_t = 38 + 225 = 260 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Não existe caixa de ar} \rightarrow M_{\text{si}} = \frac{m_t}{2} = \frac{260}{2} = 130 \text{ kg/m}^2 < M_{\text{si}}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{\text{si}} = 130 \text{ kg/m}^2$$

Pavimento sobre o piso 0 no edifício inicial:

$$m_{\text{pi}_{\text{tacos}} \text{ de madeira}} = 750 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 7.5 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{pi}_{\text{madeira}}} = 800 \text{ kg/m}^3 \times 0,03 \text{ m} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$m_t = 7.5 + 24 = 31,5 \text{ kg/m}^2 < M_{\text{si}}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{\text{si}} = 31,5 \text{ kg/m}^2$$

Pavimento sobre o piso 0 na parte ampliada:

$$m_{\text{pi}_{\text{tacos}} \text{ de madeira}} = 750 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 7.5 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{pi}_{\text{betonilha}} \text{ de regularização}} = 2000 \text{ kg/m}^3 \times 0,03 \text{ m} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{pi}_{\text{laje}} \text{ aligeirada co vigotas e abobadilhas}} = 1250 \text{ kg/m}^3 \times 0,18 \text{ m} = 225 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{pi}_{\text{reboco}} (\text{piso } 1)} = 1900 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} = 38 \text{ kg/m}^2$$

$$m_t = 7.5 + 60 + 225 + 38 = 330,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Não existe caixa de ar} \rightarrow M_{\text{si}} = \frac{m_t}{2} = \frac{330,5}{2} = 165,25 \text{ kg/m}^2 > M_{\text{si}}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{\text{si}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

Pavimento sobre o exterior (parte ampliada na zona da sala):

$$m_{\text{pi}_{\text{tacos}} \text{ de madeira}} = 750 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 7.5 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{pi}_{\text{betonilha}} \text{ de regularização}} = 2000 \text{ kg/m}^3 \times 0,03 \text{ m} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{pi}_{\text{laje}} \text{ aligeirada co vigotas e abobadilhas}} = 1250 \text{ kg/m}^3 \times 0,18 \text{ m} = 225 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{pi}_{\text{reboco}} (\text{piso } 1)} = 1900 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} = 38 \text{ kg/m}^2$$

$$m_t = 7.5 + 60 + 225 + 38 = 330,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Não existe caixa de ar} \rightarrow M_{si} = \frac{m_t}{2} = \frac{330,5}{2} = 165,25 \text{ kg/m}^2 > M_{si}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{si} = 150 \text{ kg/m}^2$$

Parede de separação entre a fração em estudo e o edifício vizinho:

Parede de alvenaria de pedra granítica, sem caixa de ar:

$$m_{pi_{\text{estruque interior}}} = 1200 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 12 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{pi_{\text{alvenaria de pedra granítica}}} = 2600 \text{ kg/m}^3 \times 0,63 \text{ m} = 1638 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{pi_{\text{estruque interior do edifício vizinho}}} = 1200 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 12 \text{ kg/m}^2$$

$$m_t = 12 + 1638 + 12 = 1662 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Não existe caixa de ar} \rightarrow M_{si} = \frac{m_t}{2} = \frac{1662}{2} = 831 \text{ kg/m}^2 > M_{si}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{si} = 150 \text{ kg/m}^2 = M_{si}^{\text{máx}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

EL3 – Elementos de compartimentação interior da fração autónoma:

Para os elementos enquadrados na categoria EL1, o valor de M_{si} não pode ser superior a 300 kg/m^2 ($M_{si}^{\text{máx}} = 300 \text{ kg/m}^2$).

Quando não existem valores da massa superficial tabelados, o valor dessa massa para cada elemento é calculado segundo a expressão $e \times \rho$, sendo esta o produto entre a espessura e a massa volúmica de cada material. Como as paredes interiores de compartimentação da fração autónoma não possuem isolamento térmico, $M_{si} = m_t$, sendo m_t a massa total do elemento.

Paredes interiores de compartimentação do edifício inicial:

Paredes interiores em tabique:

$$m_{pi_{\text{estruque interior}}} = 1200 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 12 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{pi_{\text{alvenaria de pedra granítica}}} = 800 \text{ kg/m}^3 \times 0,10 \text{ m} = 80 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{pi_{\text{estruque interior}}} = 1200 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 12 \text{ kg/m}^2$$

$$m_t = 12 + 80 + 12 = 104 \text{ kg/m}^2$$

Não existe isolamento térmico $\rightarrow M_{si} = m_t = 104 \text{ kg/m}^2 < M_{si}^{\text{máx}} = 300 \text{ kg/m}^2$

$$M_{si} = 104 \text{ kg/m}^2$$

Paredes interiores de compartimentação da parte ampliada:

$$m_{pi_{alv.tij.11}} = 140 \text{ kg/m}^2 \text{ (LNEC, 2010)}$$

$$M_{si} = 140 \text{ kg/m}^2 < M_{si}^{\text{máx}} = 300 \text{ kg/m}^2$$

Fator de redução da massa superficial:

O fator de redução da massa superficial, r , está diretamente relacionado com a resistência térmica do revestimento superficial interior, contando também com a existência de uma eventual caixa de ar associada, R .

Elementos EL1:

Como refere o disposto na alínea a) do número 1 do ponto 6.2 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, para os elementos do tipo EL1 e EL2:

- Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \rightarrow r = 0$;
- Se $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \rightarrow r = 0,5$;
- Se $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \rightarrow r = 1$,

Paredes exteriores do edifício inicial

- Zona de quartos 1 e 2, vestíbulo, arrumos e sala

Revestimento superficial interior – Estuque com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,57} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

- Zona de cozinha

Revestimento superficial interior – Azulejo com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{1,30} = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

Paredes exteriores do edifício inicial

- Zona de quarto 3 e sala

Revestimento superficial interior – Estuque com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,57} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

- Zona de casas de banho

Revestimento superficial interior – Azulejo com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{1,30} = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

Esteira do desvão da cobertura inclinada do edifício inicial:

Revestimento superficial interior – Estuque com espessura de 2 cm:

$$R_t = \frac{0,02}{0,57} = 0,035 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

Esteira do desvão da cobertura inclinada da parte ampliada:

Revestimento superficial interior – Estuque com espessura de 2 cm:

$$R_t = \frac{0,02}{1,30} = 0,015 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

Pavimento sobre piso 0 do edifício inicial:

- Zona de quarto 3 e sala

Revestimento superficial interior – Tacos de madeira com espessura de 2 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,23} = 0,043 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

- Zona de casas de banho

Revestimento superficial interior – Azulejo com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{1,30} = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

Pavimento sobre piso 0 da parte ampliada:

Revestimento superficial interior – Tacos de madeira com espessura de 2 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,23} = 0,043 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

- Zona de casas de banho

Revestimento superficial interior – Azulejo com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{1,30} = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

Pavimento sobre o exterior (parte ampliada na zona da sala):

Revestimento superficial interior – Tacos de madeira com espessura de 2 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,23} = 0,043 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

Parede de separação entre a fração em estudo e o edifício vizinho:

Revestimento superficial interior – Estuque com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,57} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

Elementos EL3:

Como refere o disposto na alínea b) do número 1 do ponto 6.2 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013, para os elementos do tipo EL3:

- Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ em ambas as faces $\rightarrow r = 0$;
- Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ numa das faces e $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ na outra face $\rightarrow r = 0,25$;
- Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ numa das faces e $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ na outra face $\rightarrow r = 0,5$;
- Se $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ em ambas as faces $\rightarrow r = 0,5$;
- Se $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ numa das faces e $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ $\rightarrow r = 0,75$;
- Se $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ em ambas as faces $\rightarrow r = 1$,

Paredes interiores de compartimentação do edifício inicial:

- Paredes de separação entre compartimentos correntes (quartos, salas, escritório e arrumos)

Revestimento superficial igual em ambas as faces – Estuque com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,57} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

- Paredes de separação entre arrumos 1 e cozinha e entre sala e cozinha

Revestimento superficial na casa de banho e cozinha – Azulejo com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{1,30} = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Revestimento superficial nos arrumos 1 e sala – Estuque com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,57} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Logo, $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ em ambas as faces $\rightarrow r = 1$

Paredes interiores de compartimentação do edifício inicial:

- Paredes de separação entre sala e quarto 3 e entre sala e hall de entrada

Revestimento superficial igual em ambas as faces – Estuque com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,57} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}, \text{ logo } r = 1$$

- Paredes de separação entre quarto 3 e casa de banho

Revestimento superficial na casa de banho – Azulejo com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{1,30} = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Revestimento superficial no quarto 3 – Estuque com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{0,57} = 0,018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Logo, $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ em ambas as faces $\rightarrow r = 1$

- Parede de separação entre cozinha e casa de banho

Revestimento superficial em ambas as faces – Azulejo com espessura de 1 cm:

$$R_t = \frac{0,01}{1,30} = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Logo, $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ em ambas as faces $\rightarrow r = 1$

Quadro 3.37 – Cálculo do somatório dos produtos entre as massas superficiais úteis de cada elemento com os fatores de redução e respetivas áreas das superfícies interiores dos elementos.

Categoria	Elemento		M_{si} [kg/m ²]	S_i [m ²]		Fator de correção r	$M_{si} \times r \times S_i$ [kg]
				Cálculos	Resultado		
EL1	Paredes exteriores	Edifício inicial	150	13,32+25,90+15.63+2,63	57,48	1	8622,00
		Parte ampliada	150	14,38+14,72+5,91+20,83	55,84	1	8376,00
	Esteira do desvão da cobertura	Edifício inicial	150	90,41	90,41	1	13561,50
		Parte ampliada	130	40,89	40,89	1	6133,50
	Pavimento sobre piso 0	Edifício inicial	31,5	82,93+7.48	90,41	1	3525,99
		Parte ampliada	150	2,3+19.53+5.85+3,13	30,81	1	4621,50
	Pavimento sobre exterior	Parte ampliada	150	7.63	7.63	1	1144,50
	Parede de separação entre fração e edifício vizinho	Edifício inicial	150	21,70	21,70	1	3255,00
EL3	Paredes interiores de compartimentação	Edifício inicial	104	(4,17+0,17+2,58+2,12+3,6+0,9+1,48+0,28+0,68+0,71+3,41+0,37+2,78)*3,07	71,38	1	7423,26
		Parte ampliada	140	(0,30+0,50+3,34+1,11+0,15+4,20+2,1+2,52+2,02+1,24+0,19)*3,07	54,25	1	7594,57
						$\sum M_{si} \times r \times S_i$	62763,17

Com os resultados obtidos no Quadro 3.37, é possível determinar a inércia térmica da fração em estudo, aplicando a expressão (3.11).

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \times r \times S_i}{A_p} = \frac{62763,17}{131,30} = 478,01 \text{ kg/m}^2$$

De acordo com o definido na Tabela 11 do Despacho (extrato) nº 15790-K/2013, a fração em estudo apresenta uma classe de inércia térmica forte ($I_t = 483,18 \text{ kg/m}^2 > 400 \text{ kg/m}^2$).

3.3.3.3 Taxa de renovação de ar

A taxa de renovação de ar, R_{ph} , foi determinada recorrendo a uma folha de cálculo em formato “Excel”, elaborada por Armando Pinto do LNEC. Tal folha de cálculo é mencionada no ponto 3 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013 e pode ser consultada no Anexo II do presente documento, relativa ao caso da fração em estudo.

Deste modo, os dados introduzidos na ferramenta de cálculo são:

Enquadramento do edifício:

- **Localização:** Vila Nova de Gaia (zona A – Portugal Continental com distância superior a 5 km’s da zona costeira);
- **Altitude do local:** 101 m;
- **Fachadas:** todas as fachadas estão expostas ao exterior;
- **Altura do edifício:** 6.87 m
- **Obstáculos:** como é difícil a obtenção das distâncias entre o edifício em estudo e os edifícios vizinhos e, também as alturas destes últimos, consideraram-se os valores apontados por defeito da ferramenta de cálculo. Assim, a altura do obstáculo situado em frente foi considerada como 0 ($H_{obs} = 0$) e a distância a esse mesmo obstáculo tomou o valor de 1000 m ($D_{obs} = 1000$ m);

Permeabilidade ao ar da envolvente:

- **Vãos/caixilharias:** quanto às caixilharias dos vãos envidraçados, considera-se que, nos envidraçados orientados a NE, não existe classificação quanto à sua permeabilidade ao ar, uma vez que estas possuem caixilharia em madeira. Nas restantes orientações considera-se que existe um vedante em todo o perímetro das juntas das janelas, sendo classificadas como classe 2;

Conduitas de ventilação natural:

- **Exaustão:** existência de uma conduta de exaustão de ar de secção quadrangular de dimensões 0,30 m×0,30m, tendo 3 m como altura acima do teto, sendo que a cobertura inclinada possui uma inclinação de 30°. Assim, é possível determinar o diâmetro equivalente da conduta através da expressão (3.12).

$$D_{eq} = 1,3 \times \frac{(a \times b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}} \text{ [m]} \quad (3.12)$$

$$D_{eq} = 1,3 \times \frac{(0,3 \times 0,3)^{0,625}}{(0,3 + 0,3)^{0,25}} = 0,328 \text{ m}$$

Deste modo, como $D_{eq} = 0,328\text{ m} > 0,200\text{ m}$ e a área da abertura é de $A_{abertura} = 0,15 \times 0,15 = 0,0225\text{ m}^2$, deve ser verificada a condição $A_{abertura} > 10\% A_{conduta} = 0,10 \times 0,30 \times 0,30 = 0,009\text{ m}^2$ e, também a condição $A_{abertura} < 70\% A_{conduta} = 0,70 \times 0,30 \times 0,30 = 0,063\text{ m}^2$. Verificadas as condições anteriores, a perda de carga é considerada como alta. Deste modo, a ferramenta de cálculo indica os valores das renovações horárias de ar, nas situações de inverno e verão e, também um esquema que representa o funcionamento da ventilação da fração em estudo, tal como mostra a Figura 3.62, retirada da folha de cálculo.

$$R_{ph,i} = 0,44\text{ h}^{-1}$$

$$R_{ph,v} = 0,60\text{ h}^{-1}$$

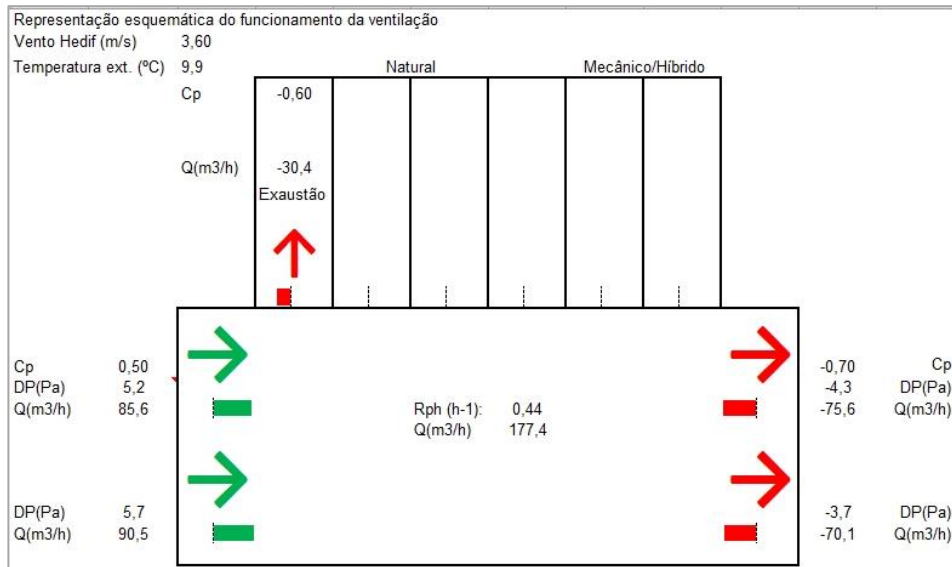


Figura 3.62 — Esquema de funcionamento da ventilação natural da fração em estudo.

3.3.3.4 Preparação de águas quentes sanitárias (AQS)

De acordo com o ponto 3,4 do Despacho (extrato) nº 15793-I/2013, a energia útil necessária para a preparação de AQS no período de um ano, é calculada segundo a expressão (3.13).

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} \text{ [kWh/ano]} \tag{3.13}$$

Em que:

ΔT – aumento da temperatura necessário para a preparação de AQS, tomando como referência o valor de 35°C;

n_d – número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais, considerando-se 365 dias.

- **Consumo médio diário de referência**

Para edifícios de habitação o consumo médio diário de referência é calculado através da expressão (3.14).

$$M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh} \text{ [litros]} \quad (3.14)$$

Em que:

n – número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que devem ser considerados 2 ocupantes no caso da tipologia T0 e $n+1$ ocupantes nas tipologias do tipo Tn 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, $f_{eh} = 1$,

Assim, para a fração em estudo:

- **Tipologia:** T3 $\rightarrow n = 3 + 1 = 4$;
- **Chuveiros:** não existe rotulagem dos chuveiros ou sistemas de duche, logo $f_{eh} = 1$,

$$M_{AQS} = 40 \times 4 \times 1 = 160 \text{ l}$$

$$Q_a = \frac{160 \times 4187 \times 35 \times 365}{3600000} = 2377.29 \text{ kWh/ano}$$

Existem 2 equipamentos utilizados para a preparação de águas quentes sanitárias, sendo ambos termoacumuladores de funcionamento a energia elétrica, com potência de aproximadamente 2000 w cada. Os termoacumuladores têm uma idade entre 15 a 20 anos, sendo que as tubagens de distribuição de água quente não se encontram isoladas.

3.3.3.5 Necessidades de energia

Após o conhecimento de todos os pontos atrás referidos sobre o estado atual da habitação, recorreu-se à ferramenta de cálculo em formato “Excel” desenvolvida pela IteCons, cujos resultados são apresentados no Anexo III.

Deste modo, da ferramenta de cálculo supracitada, obtém os resultados constantes do Quadro 3.38.

Quadro 3.38 – Necessidades de energia da fração em estudo no estado atual e classe energética correspondente.

N_{ic} [kWh/m ² .ano]	263,57
N_i [kWh/m ² .ano]	65,40
N_{ic}/N_i	4,03
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	0,26
N_v [kWh/m ² .ano]	9,13
N_{vc}/N_v	0,03
Q_a/A_p [kWh/m ² .ano]	18,10
Q_a/A_p ref. [kWh/m ² .ano]	18,10
$(Q_a/A_p)/(Q_a/A_p$ ref.)	1,00
N_{tc} [kWh/m ² .ano]	717,10
N_t [kWh/m ² .ano]	213,76
$R_{Nt} = N_{tc}/N_t$	3,36
Classe Energética	F

Após a análise do Quadro 3.38, constata-se que o edifício em estudo tem como classe energética a letra F. tal facto deve-se ao valor resultante da razão entre as necessidades de nominais de energia primária, $N_{tc} = 763,57$ kWh/m².ano, e o limite para esse mesmo valor das necessidades de energia, $N_t = 213,76$ kWh/m².ano, que toma o valor de $R_{Nt} = 3,36 \geq 2,51$ (classe energética F).

4 REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DO CASO PRÁTICO DE ESTUDO

No presente capítulo são apresentadas duas medidas de melhoria do comportamento térmico dos elementos constituintes da envolvente da fração do piso 1, tendo como principal objetivo a redução dos valores dos coeficientes U para patamares mais próximos dos valores de referência. Assim, as duas medidas de melhoria terão em comum a mesma solução para o pavimento, para a laje de esteira sob o desvão da cobertura, para as caixas de estore e para envidraçados e correspondentes caixilharias, diferindo apenas na solução dada às paredes exteriores. Serão também comparadas as duas soluções quanto ao custo inerente à sua execução.

4.1 MEDIDAS PROPOSTAS

Cada uma das medidas de melhoria engloba os seguintes tópicos:

Medida de melhoria 1:

- Aplicação de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) nas paredes exteriores;
- Aplicação de isolamento sob o pavimento que divide o piso da fração (piso 1) do piso 0;
- Aplicação de isolamento sobre a laje de esteira, uma vez que o desvão da cobertura é um espaço não habitável;
- Substituição das caixas de estore atuais por outras corrigidas com isolante térmico;
- Substituição de todos os envidraçados e caixilharias.

Medida de melhoria 2:

- Aplicação de painéis de alumínio composto como revestimento exterior de um sistema de fachada ventilada;
- Aplicação de isolamento sob o pavimento que divide o piso da fração (piso 1) do piso 0;
- Aplicação de isolamento sobre a laje de esteira, uma vez que o desvão da cobertura é um espaço não habitável;
- Substituição das caixas de estore atuais por outras corrigidas com isolante térmico.

- Substituição de envidraçados e caixilharias.

Todas as soluções apresentarão marcas comerciais correspondentes que apenas servem como referência.

4.1.1 Medida de melhoria 1 – ETICS

O conceito de **ETICS**, cujo nome advém da sigla inglesa para a abreviação da designação *External thermal insulating composite system*, define-se como um sistema de revestimento térmico realizado na face exterior de um paramento vertical.

A aplicação do sistema ETICS torna-se uma solução bastante viável tanto na construção nova como nas intervenções de reabilitação, sendo que nestas últimas, adquire especial importância pelo facto de ser um sistema que não obriga a uma intervenção invasiva no edifício em causa.

Tal como mostra a Figura 4.1, este sistema é composto por um material compósito que desempenha a função de isolamento térmico, fixado ao suporte através de um adesivo e revestido com um reboco delgado, sendo este armado com uma rede de reforço.

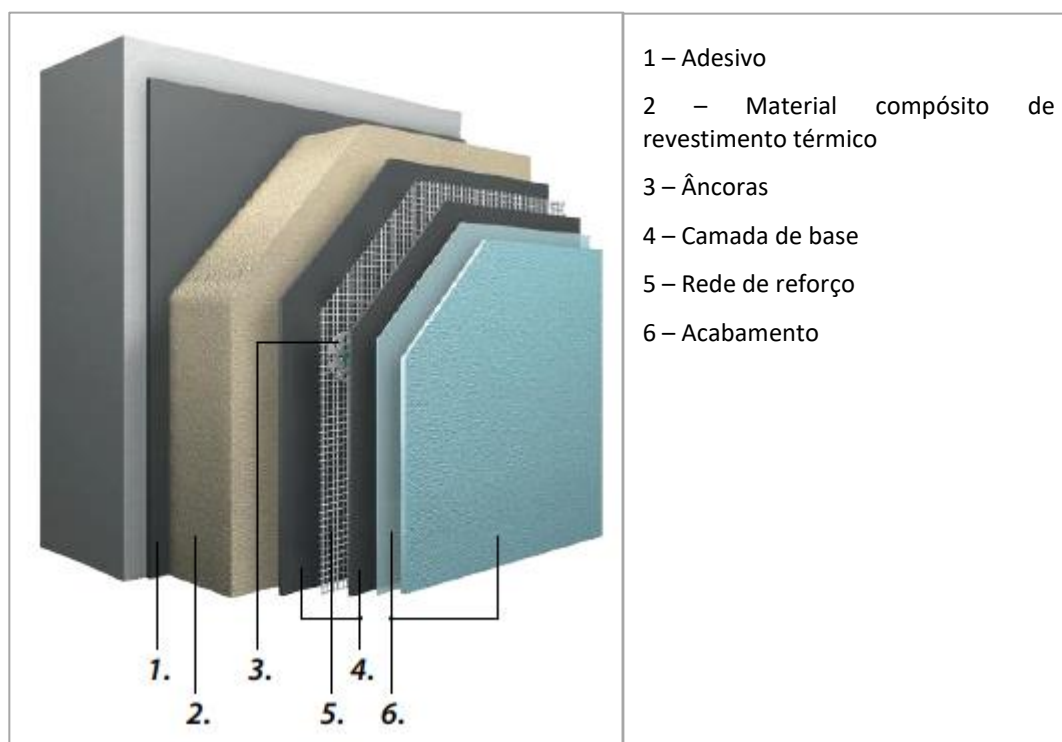


Figura 4.1 — Composição do sistema ETICS.

Fonte: (EAE, [s.d.])

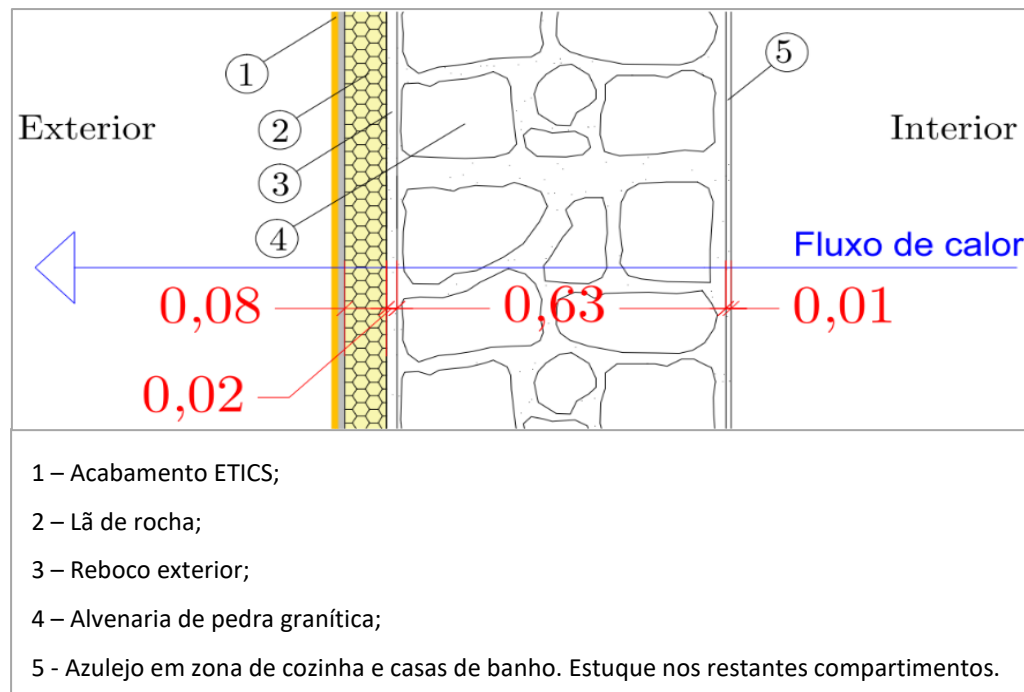
4.1.1.1 Paredes exteriores do edifício inicial (ETICS)

Para as paredes exteriores do edifício inicial propõe-se a utilização, como isolamento pelo exterior, de lã de rocha vulcânica com uma espessura de 80 mm, tendo como valor de resistência térmica $R_t = 2,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e de condutibilidade térmica $\lambda = 0,036 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$. O nome e respetiva marca comercial do painel de lã de rocha utilizado, bem como a sua ficha técnica são presentes no Anexo IX.a (Painel ETICS “ISOVER”).

- **Zona de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala**

No cálculo do coeficiente U de todas as paredes exteriores foi desprezado o contributo da camada de acabamento do sistema ETICS.

Figura 4.2 — Pormenor da parede exterior do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,



Quadro 4.1 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala.

Camada	Rsi	5 - Estuque interior	4 - Alvenaria de pedra (granito)	3 - Reboco exterior (argamassa bastarda)	2 - ETICS (Lã de rocha)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	0,63	0,02	0,08	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,57	2,80	0,80	0,036	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,018	0,225	0,025	2,22	0,04
$\sum_j R_j$	2,658					
U [W/(m ² . °C)]	0,38					

- Zona de cozinha

Quadro 4.2 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de cozinha.

Camada	Rsi	5 - Azulejo	4 - Alvenaria de pedra (granito)	3 - Reboco exterior (argamassa bastarda)	2 - ETICS (Lã de rocha)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	0,63	0,02	0,08	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	2,80	0,80	0,036	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,225	0,025	2,22	0,04
$\sum_j R_j$	2,648					
U [W/(m ² . °C)]	0,38					

4.1.1.2 Paredes exteriores da parte ampliada (ETICS)

Para as paredes exteriores da parte ampliada propõe-se a utilização, como isolamento pelo exterior, de lã de rocha vulcânica com uma espessura de 60 mm.

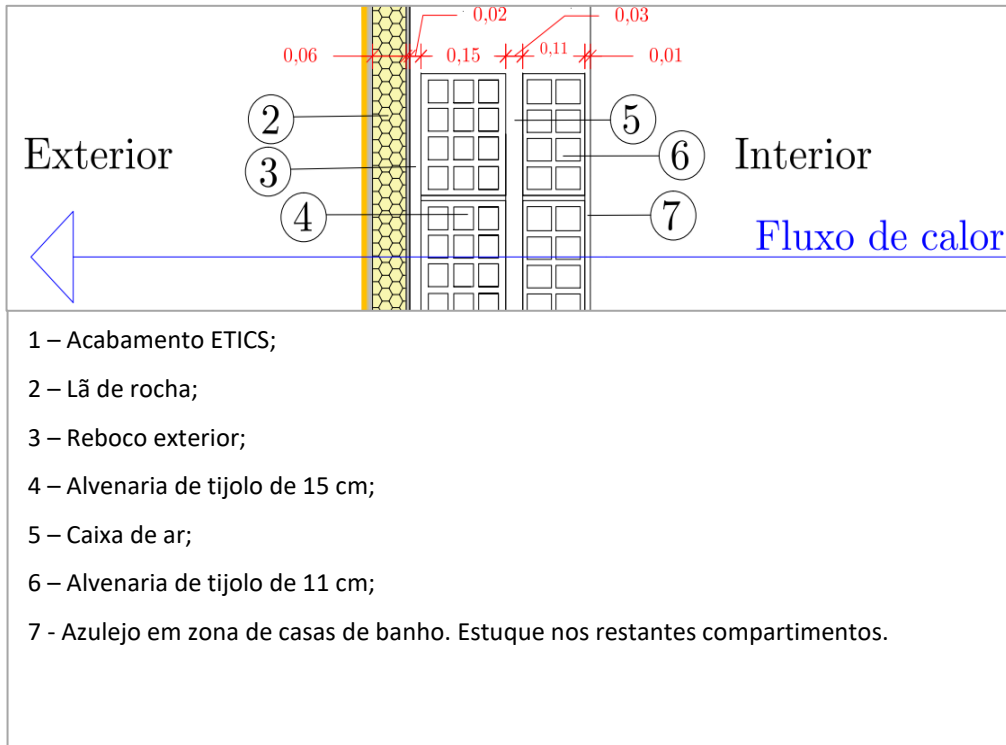


Figura 4.3 — Pormenor da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,

- Zona de quarto 3 e sala

Quadro 4.3 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.

Camada	R _{si}	7 - Estuque interior	6 - Tijolo de 11	5 - Caixa de ar	4 - Tijolo de 15	3 - Reboco exterior	2 - ETICS (Lã de rocha)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	-	-	-	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m·°C)]	-	0,57	-	-	-	1,30	0,036	-
R_j [(m ² ·°C)/W]	0,13	0,018	0,27	0,18	0,39	0,015	1,68	0,04
$\sum_j R_j$	2,723							
U [W/(m ² ·°C)]	0,37							

PTP viga da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala:

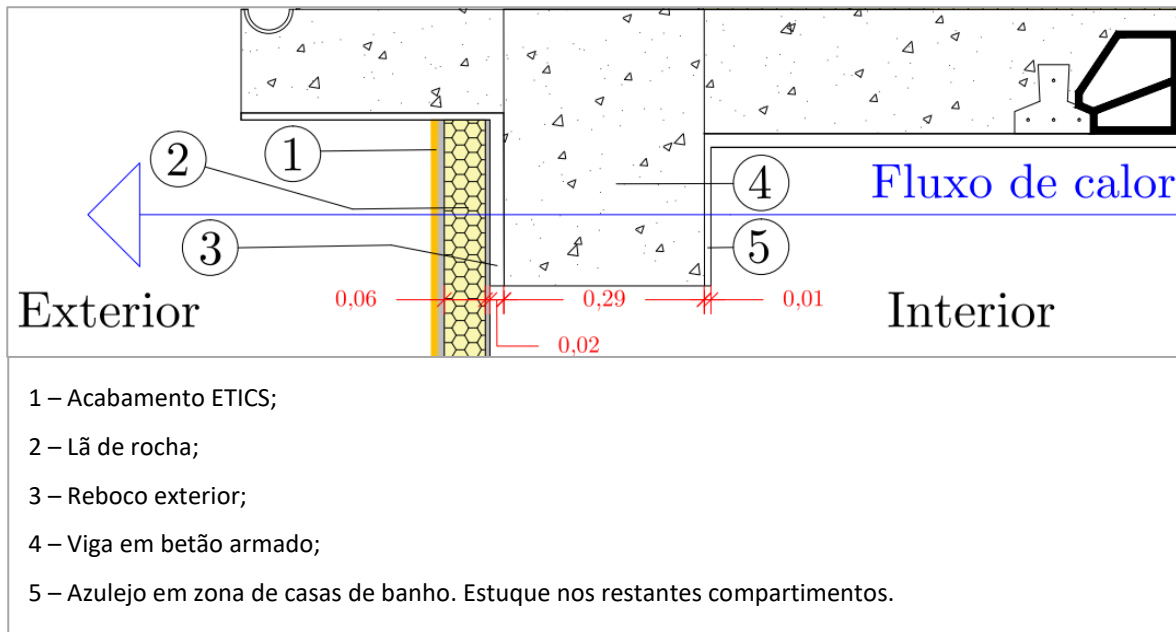


Figura 4.4 — Pormenor da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,

Quadro 4.4 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.

Camada	R _{si}	5 - Estuque interior	4 - Viga em betão armado	3 - Reboco exterior	2 - ETICS (Lã de rocha)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,29	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,57	2,00	1,30	0,036	-
R _j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,018	0,145	0,015	1,68	0,04
$\sum_j R_j$	2,028					
U [W/(m ² . °C)]	0,50					

- Zona de casas de banho

Quadro 4.5 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	Rsi	7 - Azulejos	6 - Tijolo de 11	5 - Caixa de ar	4 - Tijolo de 15	3 - Reboco exterior	2 - ETICS (Lã de rocha)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	-	-	-	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	-	-	-	1,30	0,036	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,27	0,18	0,39	0,015	1,68	0,04
$\sum_j R_j$	2,713							
U [W/(m ² . °C)]	0,37							

PTP viga da parede exterior da parte ampliada em zona de casa de banho:

. Quadro 4.6 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	Rsi	5 - Azulejos	4 - Viga em betão armado	3 - Reboco exterior	2 - ETICS (Lã de rocha)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	0,29	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	2,00	1,30	0,036	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,145	0,015	1,68	0,04
$\sum_j R_j$	2,018					
U [W/(m ² . °C)]	0,50					

4.1.1.3 PTP pilares

- Parte ampliada em zona de hall de entrada, quarto 3 e sala

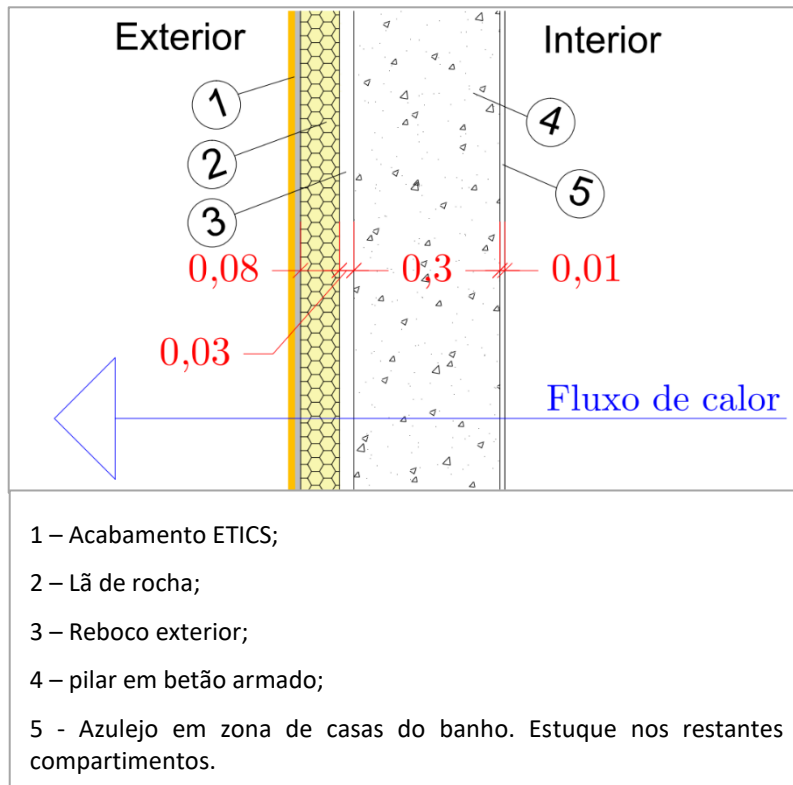


Figura 4.5 — Pormenor da ponte térmica plana (pilar) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,

Quadro 4.7 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de hall de entrada, quarto 3 e sala.

Camada	Rsi	5 - Estuque interior	4 - Pilar em betão armado	3 - Reboco exterior	2 - ETICS (Lã de rocha)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	0,30	0,03	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,57	2,00	1,30	0,036	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,02	0,15	0,02	1,68	0,04
$\sum_j R_j$	2,04					
U [W/(m ² . °C)]	0,49					

- Parte ampliada em zona de casas de banho

Quadro 4.8 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	R_{sj}	5 - Azulejo	4 - Pilar em betão armado	3 - Reboco exterior	2 - ETICS (Lã de rocha)	R_{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,30	0,03	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,3	2,00	1,30	0,036	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,15	0,02	1,68	0,04
$\sum_j R_j$	2,028					
U [W/(m ² . °C)]	0,50					

4.1.1.4 Pavimentos sobre o piso 0

- Edifício inicial

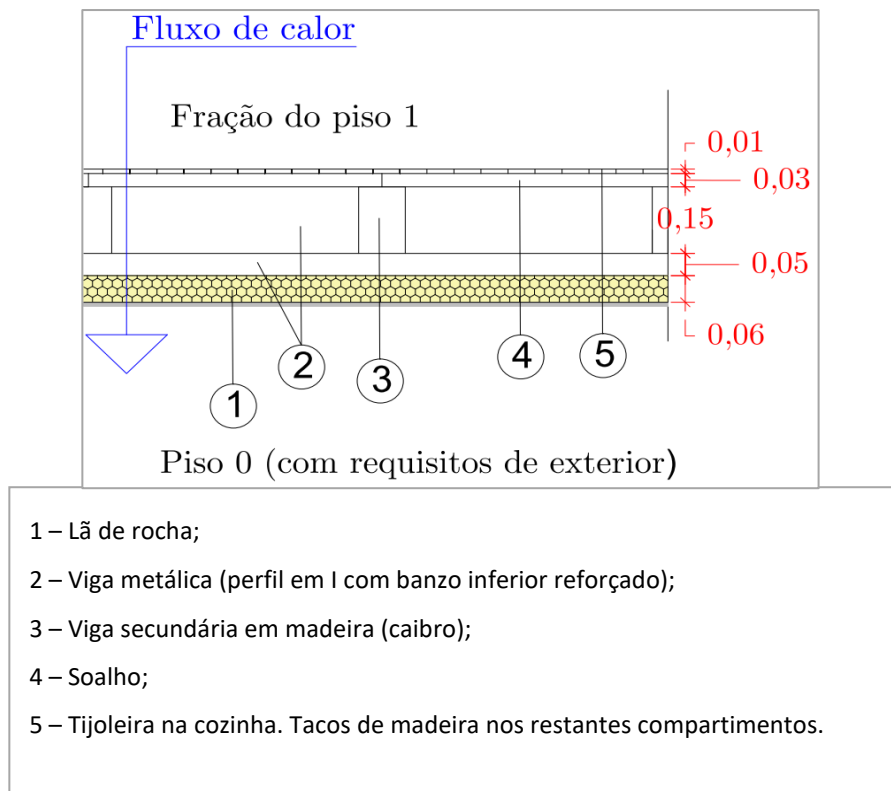


Figura 4.6 — Pormenor do pavimento sobre o piso 0 do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após a aplicação da medida de melhoria 1,

Para os pavimentos sobre o piso 0 do edifício inicial (pavimentos com estrutura em madeira) propõe-se a utilização, como isolante térmico, de placas de lã de rocha vulcânica com espessura de 60 mm, tendo como valor de resistência térmica $R_t = 1,7 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e de condutibilidade térmica $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$. O nome e respetiva marca comercial do sistema de isolamento utilizado, bem como a sua ficha técnica estão presentes no Anexo IX.b (painel semi-rígido de lã de rocha vulcânica “ROCKCALM-E-211 ROCKWOOL”).

Uma vez que para este pavimento se considerou o valor do coeficiente U referido no documento intitulado “Valores por defeito para aplicação do previsto no despacho nº 15793-E/2013 relativo às regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes”, o valor de $U = 2,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ para pavimentos de madeira do tipo barrotes e soalho sem tecto interior, com fluxo de calor descendente é corrigido com as placas lã de rocha, passando o valor de U para $U = 0,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

- **Parte ampliada**

Para o parte ampliada, o revestimento térmico a utilizar sob a laje de piso é igual ao utilizado no edifício inicial.

Zona de quarto 3, sala e hall:

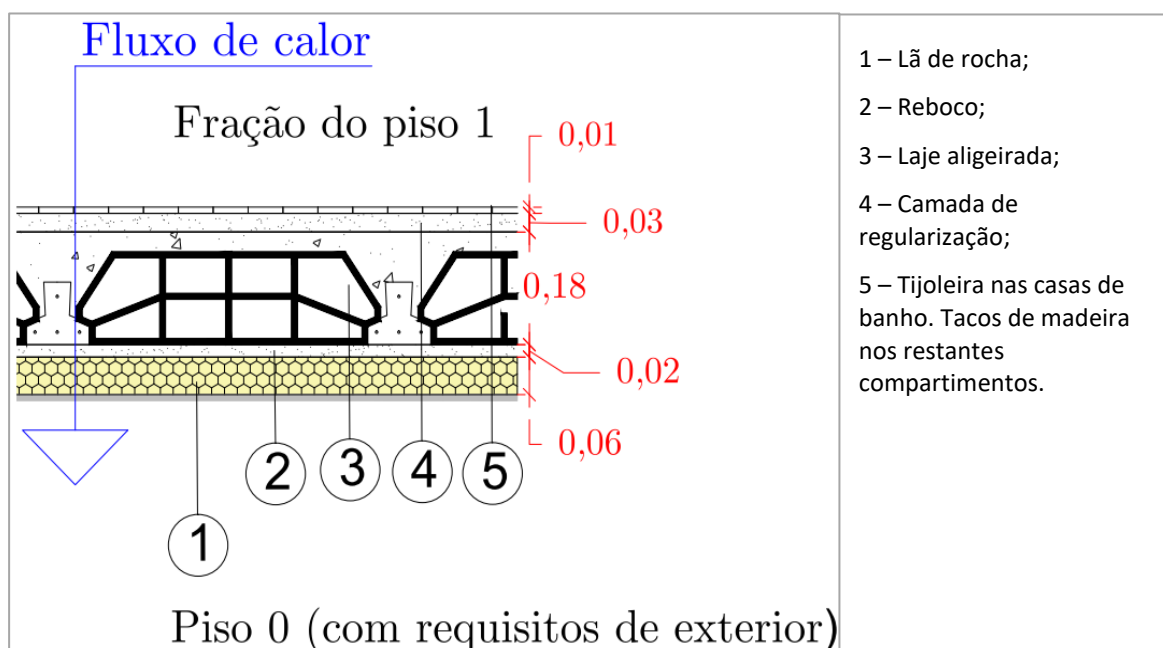


Figura 4.7 — Pormenor do pavimento sobre o piso 0 da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após a aplicação da medida de melhoria 1,

Quadro 4.9 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U do pavimento sobre o piso 0 (ENU com requisitos de exterior) da parte ampliada em zona de quarto 3, sala.

Camada	R _{si}	5 - Tacos de madeira	4 - Betonilha de regularização	3 - Laje aligeirada	2 - Reboco (teto piso 0)	1 - Lã de rocha	R _{se}
Espessura [m]	-	0,02	0,03	-	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,23	1,80	-	1,30	0,035	-
R _j [(m ² . °C)/W]	0,17	0,087	0,0167	0,30	0,015	1,71	0,04
$\sum_j R_j$	2,339						
U [W/(m ² . °C)]	0,43						

Zona de cozinha:

Quadro 4.10 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U do pavimento sobre o piso 0 (ENU com requisitos de exterior) da parte ampliada em zona de casa de banho.

Camada	R _{si}	5 - Azulejo	4 - Betonilha de regularização	3 - Laje aligeirada	2 - Reboco (teto piso 0)	1 - Lã de rocha	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,03	-	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,3	1,80	-	1,30	0,035	-
R _j [(m ² . °C)/W]	0,17	0,0077	0,0167	0,30	0,015	1,71	0,04
$\sum_j R_j$	2,259						
U [W/(m ² . °C)]	0,44						

4.1.1.5 Esteira sob o desvão da cobertura

- Edifício inicial

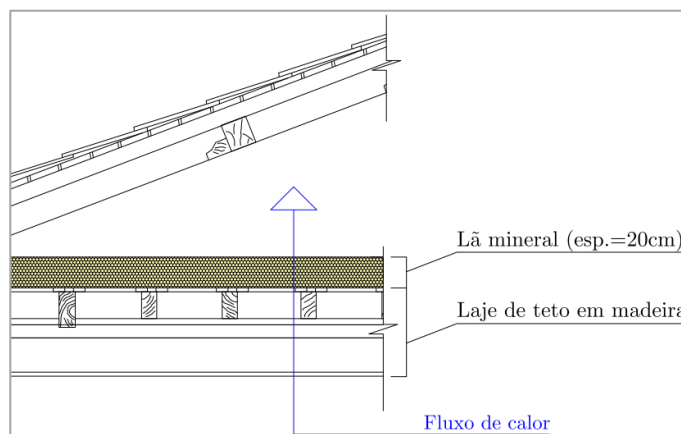


Figura 4.8 — Pormenor da laje de esteira sob o desvão da cobertura do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após a aplicação da medida de melhoria 1,

Para a esteira sobre o desvão da cobertura do edifício inicial (estrutura em madeira), propõe-se a utilização, como isolante térmico, de manta de lã mineral (LMN) revestida com uma barreira ao vapor numa das suas faces, disposta em rolos com 20 cm de espessura, tendo como resistência térmica $R_t = 5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e uma condutibilidade térmica $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ (Anexo IX.c)

Uma vez que para esta laje se considerou o valor do coeficiente U referido no documento entitulado “Valores por defeito para aplicação do previsto no despacho nº 15793-E/2013 relativo às regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes”, o valor de $U = 3,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ para cobertura de madeira fortemente ventilada, com fluxo de calor ascendente, é corrigido com a manta LMN, passando o valor de U para $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

- **Parte ampliada**

Para a esteira sob o desvão da cobertura da parte ampliada, (laje aligeirada) propõe-se a utilização, como isolante térmico, a mesma solução aplicada no edifício inicial.

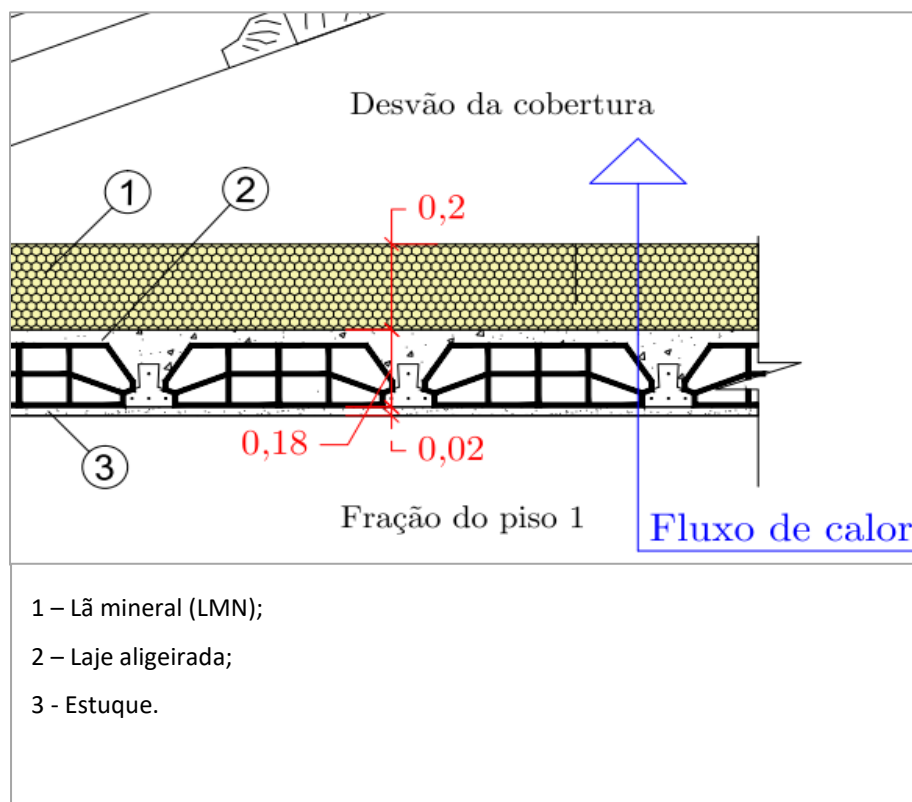


Figura 4.9 — Pormenor da laje de esteira sob o desvão da cobertura da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após a aplicação da medida de melhoria 1,

Quadro 4.11 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U do pavimento sob o desvão da cobertura da parte ampliada com fluxo de calor ascendente.

Camada	R _{si}	3 - Reboco (teto piso 1)	2 - Laje aligeirada (fluxo de calor ascendente)	1 - Lã mineral (LMN)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,02	-	0,2	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	-	0,04	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,17	0,015	0,27	5,00	0,04
$\sum_j R_j$	5,495				
U [W/(m ² . °C)]	0,18				

4.1.1.6 Substituição das caixas de estore

Para se obter uma correção das ponte térmica planas correspondentes às zonas das paredes exteriores onde se localizam as caixas de estore, propõe-se a substituição das mesmas por caixas de estore com isolante térmico (EPS). Nas caixas de estore que se encontram no exterior das paredes do edifício inicial, propõe-se a sua substituição por outras corrigidas termicamente, embutindo-as nas paredes.

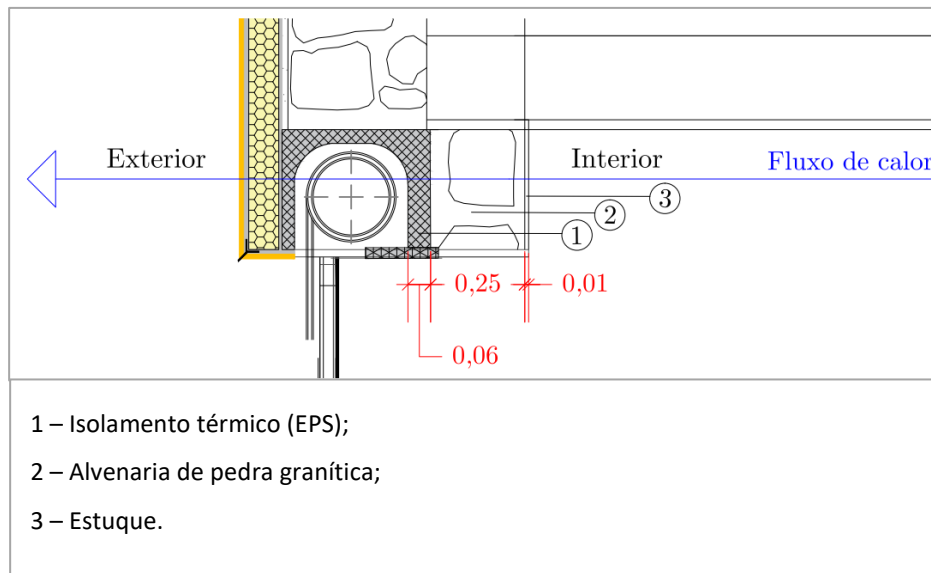


Figura 4.10 — Pormenor da ponte térmica plana (caixa de estore) da parede exterior do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,

- Edifício inicial na zona da sala, quarto 1 e 2 e escritório

Quadro 4.12 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior do edifício inicial na zona da sala.

Camada	R _{si}	3 - Estuque interior	2 - Alvenaria de pedra (granito)	1 - EPS	R _{sj}
Espessura [m]	-	0,010	0,25	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,570	2,800	0,036	-
R _j [(m ² . °C)/W]	0,130	0,018	0,089	1,667	0,130
$\sum_j R_j$	2,034				
U [W/(m ² . °C)]	0,49				

- Parte ampliada em zona de quarto 3, sala e hall:

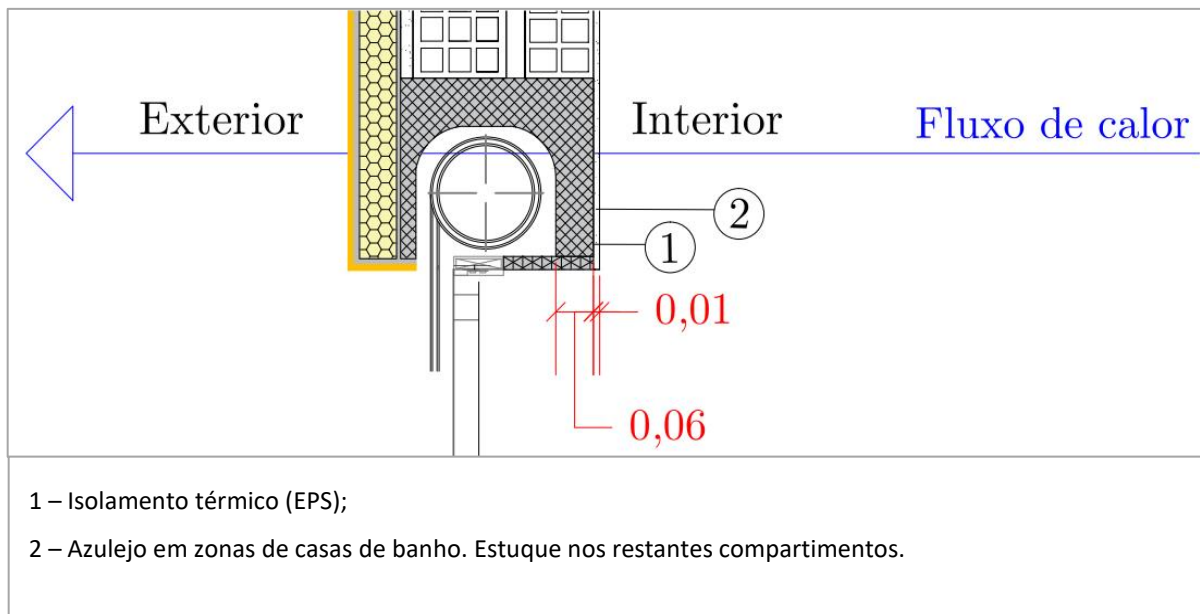


Figura 4.11 — Pormenor da ponte térmica plana (caixa de estore) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 1,

Quadro 4.13 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3, sala e hall.

Camada	R _{si}	2 - Estuque interior	1 - EPS	R _{si}
Espessura [m]	-	0,010	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,570	0,036	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,130	0,018	1,667	0,130
$\sum_j R_j$	1,945			
U [W/(m ² . °C)]	0,51			

- **Parte ampliada em zona de casa de banho:**

Quadro 4.14 – Determinação do valor de U da ponte térmica plana – cx. de estore da parede exterior da parte ampliada na zona de casa de banho.

Camada	R _{si}	2 - Azulejo	1 - EPS	R _{si}
Espessura [m]	-	0,010	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,300	0,036	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,130	0,008	1,667	0,130
$\sum_j R_j$	1,935			
U [W/(m ² . °C)]	0,52			

Após a substituição das caixas de estore, é também necessário atualizar os comprimentos das pontes térmicas lineares correspondentes a elas. Tal facto deve-se à existência de caixas de estore embutidas nas paredes exteriores do edifício inicial.

Deste modo, o comprimento das ligações entre a fachada e as caixas de estore corresponde ao somatório das larguras dos vãos envidraçados em que existam caixas de estore no interior da parede, tal como mostra o Quadro 4.15.

Quadro 4.15 – Medida de melhoria 1 - Comprimento (B) das ligações entre fachada e caixas de estore.

Divisão	Sala		I.S.	Quarto 3		Quarto 2	Quarto 1			Escritório
Nome do envidraçado	VE2-1	VE2-5	VE2-2	VE2-3	VE2-4	VE1-1	VE1-2	VE1-3	VE1-4	VE1-5
Orientação	SE	SO	SE	SE	SO	NE	NE	NE	SE	SE
Comprimento (B) [m]	0,88	2,03	0,95	1,68	2,03	1,20	1,17	1,30	1,30	1,30

$$B_{\text{total}} = 13,84 \text{ m}$$

4.1.1.7 Substituição de envidraçados e caixilharias nas janelas

- **Envidraçados**

No que diz respeito aos vidros, propõe-se a substituição dos existentes, incolores e com espessuras de 6 mm, por uma solução de vidro duplo. O vidro exterior possui uma espessura de 6 mm e apresenta baixa emissividade térmica – “Low S”. O vidro interior apresenta uma cor azul, com espessura também de 6 mm – “Templa.lite Azur.lite”. Entre os dois vidros existe uma caixa de ar de 6 mm. A solução de vidro duplo é da marca comercial “Aislaglas CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR”, cuja ficha técnica se pode observar no Anexo IX.d.

Assim, no Quadro 4.16 estão definidos os novos valores do coeficiente U dos envidraçados e respetivas caixilharias.

Quadro 4.16 – Medida de melhoria 1 - Determinação do valor de U dos vãos envidraçados conforme o quadro III.2 do ITE 50,

Nome	Orientação	Divisão	Caixilharia	Tipo de envidraçado	Nº de vidros	Uw	Permeabilidade ao ar baixa (Uwdn)
VE1-1	NE	Quarto 2	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE1-2	NE	Quarto 1	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE1-3	NE	Quarto 1	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE1-4	SE	Quarto 1	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE1-5	SE	Escritório	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE2-1	SE	Sala	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE2-2	SE	I. S.	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE2-3	SE	Quarto 3	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE2-4	SO	Quarto 3	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE2-5	SO	Sala	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE2-6	SO	Hall	Alumínio*	Simple	2	-	2,3
VE3-1	SO	I. S. serviço	Alumínio*	Simple	2	3,0	-
VE3-2	NO	I. S. serviço	Alumínio*	Simple	2	3,0	-
VE3-3	NO	Cozinha	Alumínio*	Simple	2	3,0	-
VE3-4	NO	Cozinha	Alumínio*	Simple	2	3,0	-
VE3-5	NO	Cozinha	Alumínio*	Simple	2	3,0	-
VE3-6	NO	Arrumos 1	Alumínio*	Simple	2	3,0	-

*Com corte térmico

Fator solar dos vidros após aplicação da medida de melhoria 1:Para vidro duplo colorido na massa 6+6 mm: $g_{L,vi} = 0,50$,Fatores solares dos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar, após aplicação da medida de melhoria 1:

Para as persianas exteriores com réguas de plástico de cor clara e envidraçados com vidro duplo: $g_{Tvc} = 0,04$,

Fator solar global após aplicação da medida de melhoria 1:

$g_T = g_{L,vi} \times \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,75} = 0,50 \times \frac{0,04}{0,75} = 0,0267$, para envidraçados com persianas exteriores de réguas de plástico e existência de vidro duplo.

$g_T = g_{L,vi} = 0,50$, para envidraçados sem proteção.

Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes, após aplicação da medida de melhoria 1:

Sendo que uma parte dos envidraçados possui dispositivos de proteção solar móveis (persianas exteriores), não existem dispositivos permanentes ou fixos. Assim:

$$g_{Tp} = F_{w,v} \times g_{L,vi}$$

Para serem calculadas as necessidades nominais de arrefecimento, em vãos envidraçados com vidro plano (incolor, colorido ou refletante) simples ou duplo, é necessário conhecer o coeficiente de redução dos ganhos solares, proveniente da variação do ângulo de incidência da radiação solar, presente na Tabela 21 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013,

Assim:

$F_{w,v} = 0,90$, para envidraçados voltados para as orientações NE, NO, SE e SO, ou seja, para todos os envidraçados da fração da habitação em estudo.

Deste modo,

$g_{Tp} = 0,90 \times 0,50 = 0,45$, para todos os envidraçados presentes na fração em estudo, após a aplicação da medida de melhoria 1,

Fatores de obstrução da radiação solar:

Após a aplicação de todas as componentes da medida de melhoria 1, os valores de F_o (fator de sombreamento por elementos horizontais) e de F_f (fator de sombreamento por elementos verticais) sofrem alterações.

No que toca aos valores de F_o , a aplicação nas paredes exteriores do sistema ETICS incrementa uma espessura total de parede de cerca de 11 cm no edifício inicial e de 8 cm na parte ampliada. Tais alterações apenas alteram os ângulos de sombreamento em 2° a 3°, de modo que se continuam a considerar os valores do edifício no seu estado atual.

Relativamente aos valores de F_f , estes permanecem iguais em dois dos três envidraçados afetados sendo que, apenas no terceiro (VE2-1) é alterado o seu ângulo em 1° , passando de 84° para 85° . Tal alteração não é considerada significativa, pelo que são mantidos os valores iniciais.

Em suma, o valor do fator F_s é mantido, uma vez que também o valor do fator de sombreamento do horizonte não é alterado pelas medidas de melhoria.

- **Taxa de renovação de ar**

A taxa de renovação de ar, R_{ph} , foi determinada recorrendo a uma folha de cálculo em formato “Excel”, elaborada por Armando Pinto do LNEC. Tal folha de cálculo é mencionada no ponto 3 do Despacho (extrato) nº 15793-K/2013 e pode ser consultada no Anexo IV do presente documento, relativa ao caso da fração em estudo.

Deste modo, as alterações nos vidros, caixilharias e caixas de estore controlam um pouco mais a entrada de ar involuntária pela envolvente exterior. De seguida são apresentados os novos “inputs” colocados na folha de cálculo acima mencionada.

Permeabilidade ao ar da envolvente:

Nos vãos e caixilharias considera-se que existe um vedante em todo o perímetro das juntas das janelas, sendo classificadas como classe 2,

Quanto às caixas de estore, considerou-se que passaram a apresentar uma permeabilidade ao ar baixa, fruto da aplicação de material de isolamento térmico EPS com vedante em toda a sua periferia.

Assim, como resultados da folha de cálculo, são definidos os novos valores das taxas de renovação horárias:

$$R_{ph,i} = 0,40 \text{ h}^{-1}$$

$$R_{ph,v} = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

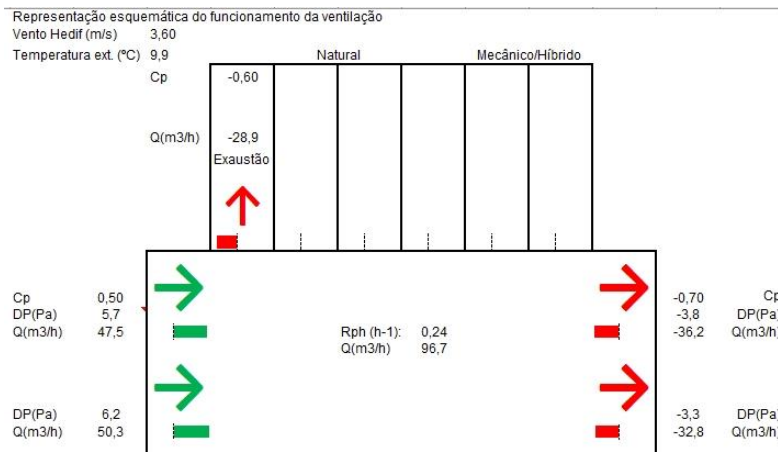


Figura 4.12 — Esquema de funcionamento da ventilação natural da fração em estudo, após aplicação da medida de melhoria 1,

4.1.1.8 Necessidades de energia após implementação da Medida de melhoria 1

Após a implementação das soluções que compõem a Medida de melhoria 1, recorreu-se, uma vez mais, à ferramenta de cálculo em formato “Excel” desenvolvida pela IteCons para a determinação das necessidades de energia da habitação, cujos resultados são apresentados no Anexo V.

Deste modo, da ferramenta de cálculo acima mencionada, obtém-se os resultados constantes do Quadro 4.17.

Quadro 4.17 – Necessidades de energia da fração em estudo, após a implementação da medida de melhoria 1,

N_{ic} [kWh/m ² .ano]	65,59
N_i [kWh/m ² .ano]	62,66
N_{ic}/N_i	1,17
N_{vc} [kWh/m ² .ano]	2,27
N_v [kWh/m ² .ano]	9,13
N_{vc}/N_v	0,25
Q_a/A_p [kWh/m ² .ano]	18,10
Q_a/A_p ref. [kWh/m ² .ano]	18,10
$(Q_a/A_p)/(Q_a/A_p$ ref.)	1,00
N_{tc} [kWh/m ² .ano]	222,15
N_t [kWh/m ² .ano]	211,90
$R_{Nt} = N_{tc}/N_t$	1,05
Classe Energética	C

Após a análise do Quadro 4.17, constata-se que, após a Medida de melhoria 1, o edifício em estudo passa a ter como classe energética a letra C sendo que, anteriormente pertencia à classe energética F. Tal facto deve-se ao valor resultante da razão entre as necessidades de nominais de energia primária, $N_{tc} = 222,15$ kWh/m².ano, e o limite para esse mesmo valor das necessidades de energia, $N_t = 211,90$ kWh/m².ano, que toma o valor de $1,01 \leq R_{Nt} = 1,05 \leq 1,50$ (classe energética C).

4.1.2 Medida de melhoria 2 – Fachada ventilada (painéis de alumínio composto)

O conceito de **fachada ventilada** define-se como sendo um sistema de proteção e revestimento, aplicado no exterior da envolvente do edifício, que se caracteriza pela existência de um afastamento entre a parede

e o revestimento, criando-se assim uma caixa de ar. Assim, uma fachada ventilada é constituída pelos seguintes elementos:

- Revestimento ou camada exterior;
- Estrutura metálica auxiliar que suporta o revestimento;
- Cavidade que origina uma caixa de ar;
- Existência ou não de isolamento térmico.

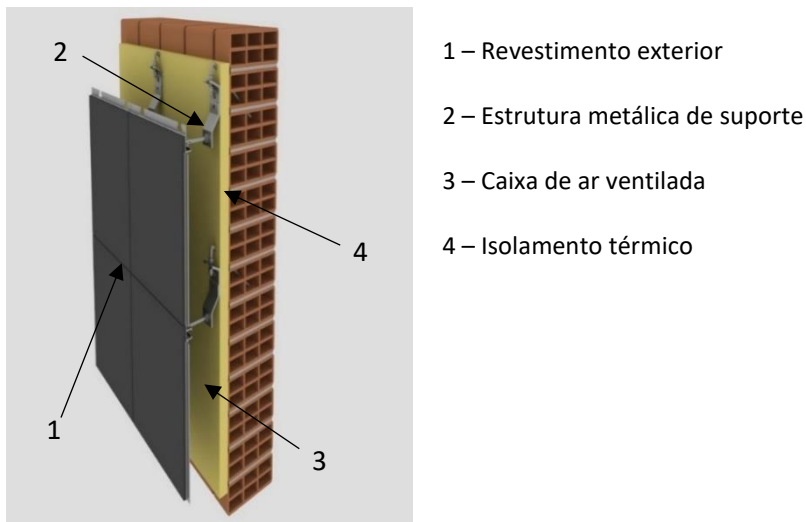


Figura 4.13 — Exemplo de uma fachada ventilada e seus constituintes.

Fonte: (RC3 - Restauros e Construção, s.d.)

A denominação de fachada ventilada advém do facto de esta possuir uma caixa de ar que permite que o ar aquecido seja removido pela parte superior através do chamado efeito chaminé, sendo deste modo efetuada uma ventilação natural de forma contínua. Assim, tal como mostra a Figura 4.14, pequenas quantidades de água condensada são evaporadas pela parte superior da fachada.

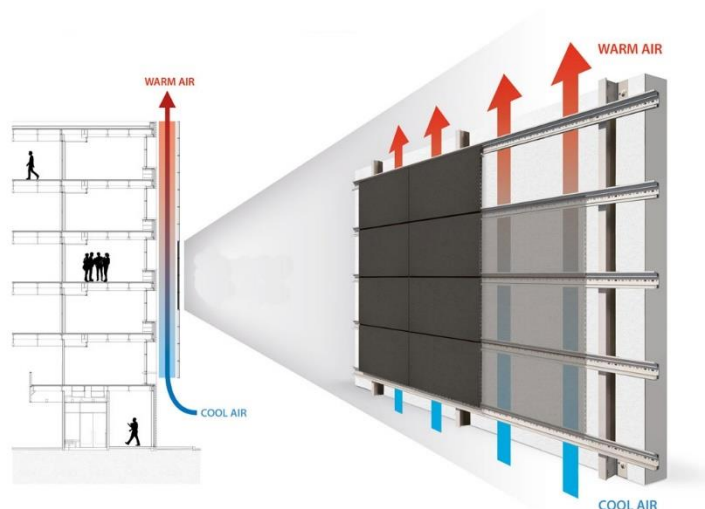


Figura 4.14 — Esquema de funcionamento de uma fachada ventilada.

Fonte: (Tempio, [s.d.])

Como material de revestimento exterior existem várias opções de escolha, no entanto, no presente caso prático de estudo, optou-se pela utilização de **painéis de alumínio composto**. Estes painéis são constituídos por duas camadas de alumínio de 0,5 mm cada, sendo que entre elas se encontra uma camada de polietileno com espessura variável de 2 a 5 mm, tal como mostra a Figura 4.15.

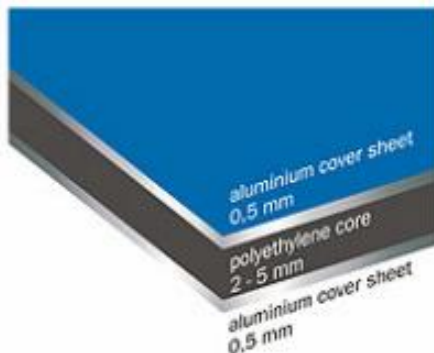


Figura 4.15 — Constituição de um painel de alumínio composto.

Fonte: (Construlink.com, 2006)

4.1.2.1 Paredes exteriores do edifício inicial (Painéis “ALUCOBOND”)

Para as paredes exteriores do edifício inicial propõe-se a utilização, como isolamento térmico pelo exterior, de lã mineral (LMN) com uma espessura de 80 mm revestido numa das suas faces com um véu preto, tendo como valor de resistência térmica $R_t = 2,1 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e de condutibilidade térmica $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

Tratando-se de uma fachada ventilada, propõe-se, como revestimento exterior, a utilização de painéis de alumínio composto da marca “ALUCOBOND Plus”, cujas características técnicas estão presentes no Anexo IX.e.

Para a determinação do coeficiente de condutibilidade térmica U , uma vez que se trata de uma fachada ventilada, considerou-se que o espaço de ar criado entre o revestimento térmico (LMN) e o revestimento exterior (painéis de alumínio composto “ALUCOBOND”) é fortemente ventilado e, portanto, torna-se desprezável a resistência térmica do revestimento exterior. Assim, é assumido que a resistência térmica do ar é nula ($R_{ar} = 0$) e que a resistência térmica superficial externa é igual à resistência térmica superficial interna ($R_{se} = R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$).

• Zona de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala

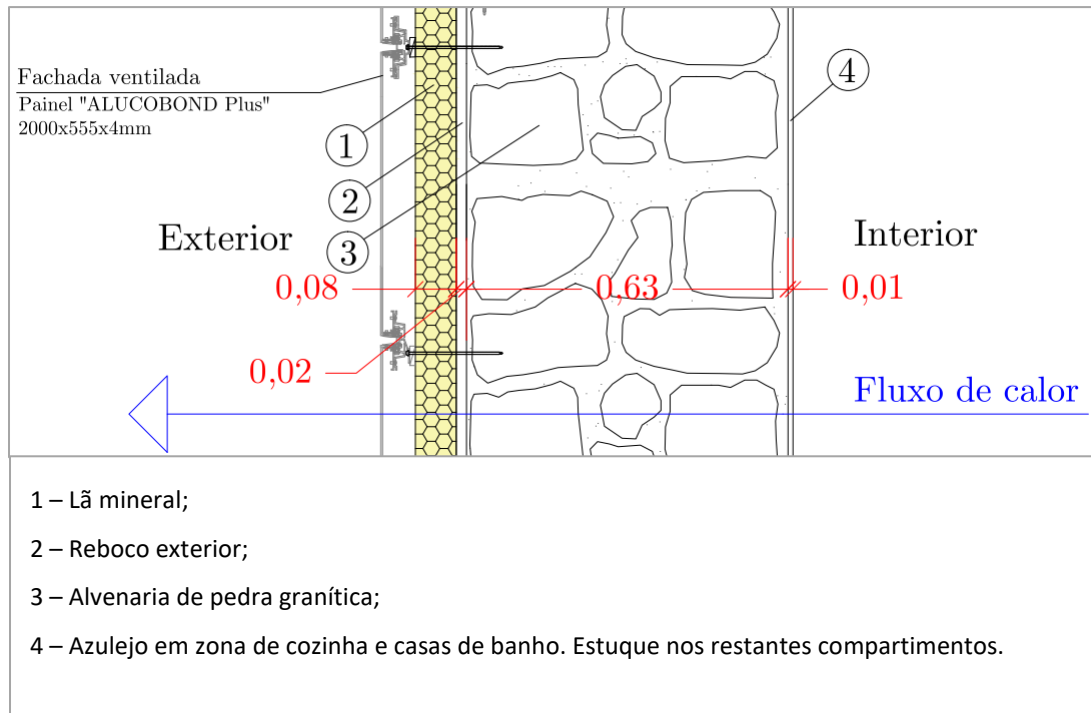


Figura 4.16 — Pormenor da parede exterior do edifício inicial e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 2,

Quadro 4.18 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de quartos 1 e 2, escritório, vestíbulo, arrumos e sala.

Camada	R _{si}	4 - Estuque interior	3 - Alvenaria de pedra (granito)	2 - Reboco exterior (argamassa bastarda)	1 - LMN (fachada ventilada)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,63	0,02	0,08	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,57	2,80	0,80	0,038	-
R _j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,018	0,225	0,025	2,105	0,13
$\sum_j R_j$	2,663					
U [W/(m ² . °C)]	0,38					

- Zona de cozinha

Quadro 4.19 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da parede exterior do edifício inicial em zona de cozinha.

Camada	Rsi	4 - Azulejo	3- Alvenaria de pedra (granito)	2 - Reboco exterior (argamassa bastarda)	1 - LMN (fachada ventilada)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	0,63	0,02	0,08	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	2,80	0,80	0,038	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,225	0,025	2,105	0,13
$\sum_j R_j$	2,623					
U [W/(m ² . °C)]	0,38					

4.1.2.2 Paredes exteriores da parte ampliada (painéis “ALUCOBOND”)

Para as paredes exteriores do edifício inicial propõe-se a utilização, como isolamento pelo exterior, de lã mineral (LMN) com uma espessura de 60 mm, tendo como valor de resistência térmica $R_t = 2,1 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$ e de condutibilidade térmica $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{°C})$.

Tal como no edifício inicial, propõe-se, como revestimento exterior, a utilização de painéis de alumínio composto da marca “ALUCOBOND Plus”.

• Zona de quarto 3 e sala

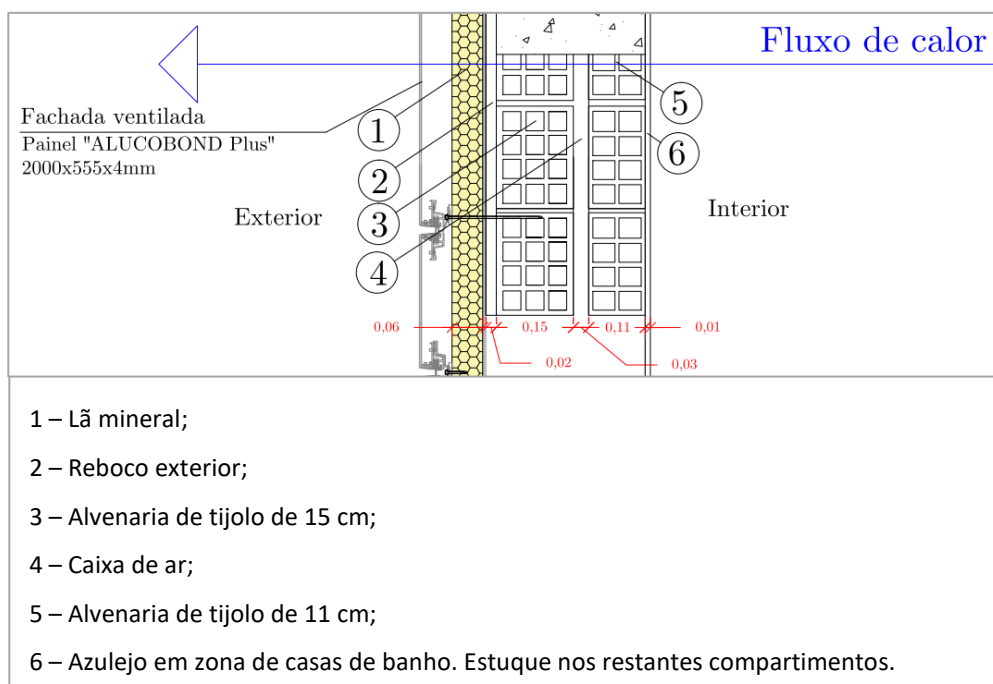


Figura 4.17 — Pormenor da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 2,

Quadro 4.20 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.

Camada	R _{si}	6 - Estuque interior	5 - Tijolo de 11	4 - Caixa de ar	3 - Tijolo de 15	2 - Reboco exterior	1 - LMN (fachada ventilada)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	-	-	-	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m·°C)]	-	0,57	-	-	-	1,30	0,038	-
R _j [(m ² ·°C)/W]	0,13	0,018	0,27	0,18	0,39	0,015	1,579	0,13
$\sum_j R_j$	2,712							
U [W/(m ² ·°C)]	0,37							

PTP viga da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala:

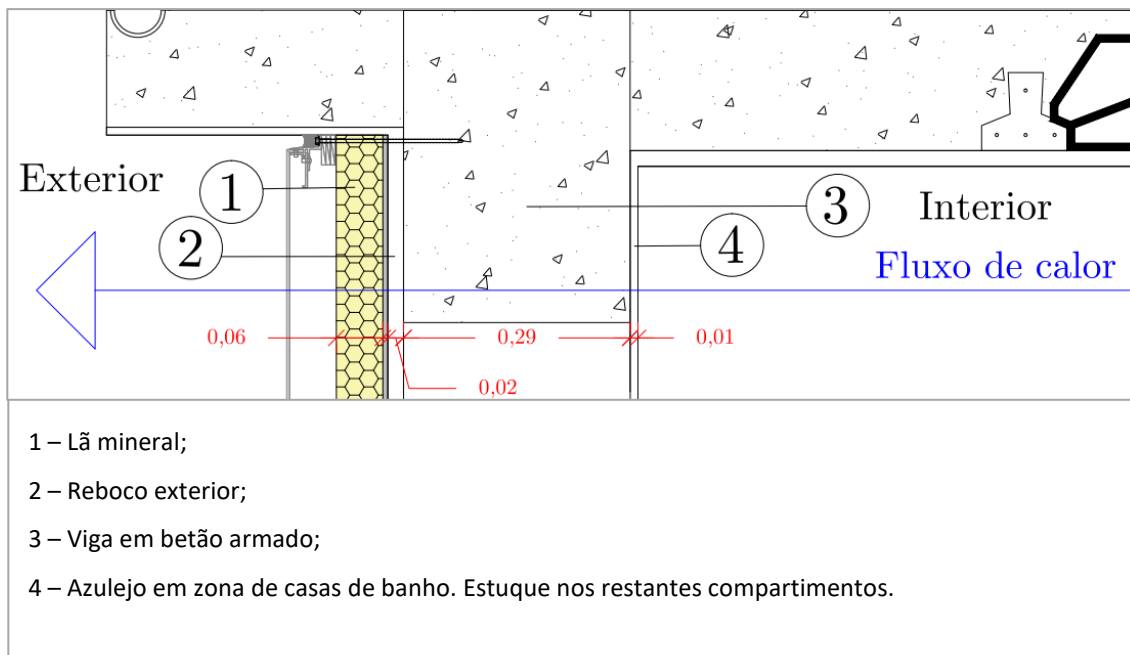


Figura 4.18 — Pormenor da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 2,

Quadro 4.21 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana (viga) da parede exterior da parte ampliada em zona de quarto 3 e sala.

Camada	R _{si}	4 - Estuque interior	3 - Viga em betão armado	2 - Reboco exterior	1 - LMN (fachada ventilada)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,29	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,57	2,00	1,30	0,038	-
R _j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,018	0,145	0,015	1,579	0,13
$\sum_j R_j$	2,017					
U [W/(m ² . °C)]	0,50					

- Zona de casas de banho

Quadro 4.22 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	Rsi	6 - Azulejos	5 - Tijolo de 11	4 - Caixa de ar	3 - Tijolo de 15	2 - Reboco exterior	1 - LMN (fachada ventilada)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	-	-	-	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	-	-	-	1,30	0,038	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,27	0,18	0,39	0,015	1,579	0,13
$\sum_j R_j$	2,702							
U [W/(m ² . °C)]	0,37							

PTP viga da parede exterior da parte ampliada em zona de casa de banho:

. Quadro 4.23 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	Rsi	4 - Azulejos	3 - Viga em betão armado	2 - Reboco exterior	1 - LMN (fachada ventilada)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	0,29	0,02	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,30	2,00	1,30	0,038	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,145	0,015	1,579	0,13
$\sum_j R_j$	2,007					
U [W/(m ² . °C)]	0,50					

4.1.2.3 PTP pilares

- Parte ampliada em zona de hall de entrada, quarto 3 e sala

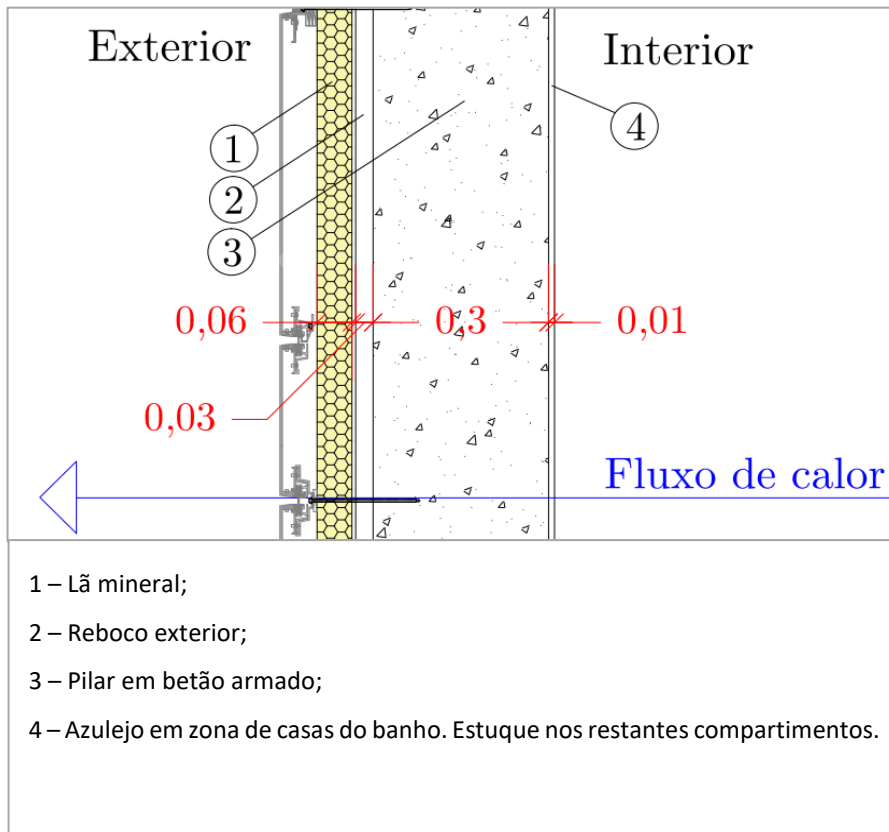


Figura 4.19 — Pormenor da ponte térmica plana (pilar) da parede exterior da parte ampliada e definição do fluxo de calor, após aplicação da medida de melhoria 2,

Quadro 4.24 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de hall de entrada, quarto 3 e sala.

Camada	Rsi	4 - Estuque interior	3 - Pilar em betão armado	2 - Reboco exterior	1 - LMN (fachada ventilada)	Rse
Espessura [m]	-	0,01	0,30	0,03	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	0,57	2,00	1,30	0,038	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,02	0,15	0,02	1,579	0,13
$\sum_j R_j$	2,029					
U [W/(m ² . °C)]	0,49					

- Zona de casas de banho (I.S. e I.S. serviço)

Quadro 4.25 – Medida de melhoria 2 - Determinação do valor de U da ponte térmica plana – pilar da parede exterior da parte ampliada em zona de casas de banho.

Camada	R _{si}	4 - Azulejo	3 - Pilar em betão armado	2 - Reboco exterior	1 - LMN (fachada ventilada)	R _{se}
Espessura [m]	-	0,01	0,30	0,03	0,06	-
λ_j [W/(m. °C)]	-	1,3	2,00	1,30	0,038	-
R_j [(m ² . °C)/W]	0,13	0,0077	0,15	0,02	1,579	0,13
$\sum_j R_j$	2,017					
U [W/(m ² . °C)]	0,50					

As restantes medidas de melhoria no pavimento sobre o piso 0, teto sob desvão da cobertura, caixas de estore e envidraçados e suas caixilharias são as mesmas das apresentadas na medida de melhoria 1,

4.1.2.4 Necessidades de energia após implementação da Medida de melhoria 2

Após a implementação das soluções que compõem a Medida de melhoria 2, recorreu-se, uma novamente, à ferramenta de cálculo em formato “Excel” desenvolvida pela IteCons para a determinação das necessidades de energia da habitação, cujos resultados são apresentados no Anexo VI.

Deste modo, da ferramenta de cálculo acima mencionada, obtém-se os resultados constantes do Quadro 4.26.

Quadro 4.26 – Necessidades de energia da fração em estudo, após a implementação da medida de melhoria 2,

N_{ic} [kWh/m ² . ano]	65,58
N_i [kWh/m ² . ano]	62,66
N_{ic}/N_i	1,05
N_{vc} [kWh/m ² . ano]	1,44
N_v [kWh/m ² . ano]	9,13
N_{vc}/N_v	0,16
Q_a/A_p [kWh/m ² . ano]	18,10
Q_a/A_p ref. [kWh/m ² . ano]	18,10

$(Q_a/A_p)/(Q_a/A_p \text{ ref.})$	1,00
N_{tc} [kWh/m ² .ano]	222,13
N_t [kWh/m ² .ano]	211,90
$R_{Nt} = N_{tc}/N_t$	1,05
Classe Energética	C

Analisando o Quadro 4.26, constata-se que, após a implementação da Medida de melhoria 2, o edifício em estudo passa a ter como classe energética a letra C, tal como na medida de melhoria 1, sendo que, anteriormente, sem medidas de melhoria aplicadas, pertencia à classe energética F. Tal facto deve-se ao valor resultante da razão entre as necessidades de nominais de energia primária, $N_{tc} = 222,13 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$, e o limite para esse mesmo valor das necessidades de energia, $N_t = 211,90 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$, que toma o valor de $1,01 \leq R_{Nt} = 1,05 \leq 1,50$ (classe energética C).

4.2 CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE MELHORIA

Os custos unitários dos trabalhos e materiais necessários para levar a cabo cada uma das medidas de melhoria, foram determinados através do gerador de preços *online* do programa CYPE Ingenieros.

4.2.1 Medida de melhoria 1 (ETICS)

4.2.1.1 Paredes exteriores

- Edifício base

Quadro 4.27 – Custo da aplicação do sistema ETICS nas paredes exteriores do edifício base.

Trabalho	Custo [€/m ²]	Área de parede exterior [m ²]	Custo total [€]
Preparação do paramento suporte	26,48 €	69,65	1 844,37 €
Aplicação do sistema ETICS	72,58 €	69,65	5 055,31 €
TOTAL			6 899,68 €

- **Edifício ampliado**

Quadro 4.28 – Custo da aplicação do sistema ETICS nas paredes exteriores do edifício ampliado.

Trabalho	Custo [€/m ²]	Área de parede exterior [m ²]	Custo total [€]
Preparação do paramento suporte	26,48 €	75,42	1 997,09 €
Aplicação do sistema ETICS	67,25 €	75,42	5 071,92 €
TOTAL			7 069,01 €

4.2.1.2 Pavimento sobre piso 0

Quadro 4.29 – Custo da aplicação do sistema de isolamento térmico sob a laje de pavimento sobre o piso 0,

Trabalho	Custo [€/m ²]	Área de pavimento [m ²]	Custo total [€]
Aplicação do sistema "ROCKWOOL" de isolamento termo-acústico pelo interior, sob a laje	35,86 €	131,30	4 708,42 €
TOTAL			4 708,42 €

4.2.1.3 Laje de esteira do desvão da cobertura

Quadro 4.30 – Custo da aplicação do sistema de isolamento térmico sobre a laje de esteira do desvão da cobertura.

Trabalho	Custo [€/m ²]	Área de pavimento [m ²]	Custo total [€]
Manta de lã mineral (LMN), revestida numa das suas faces com uma barreira de vapor	12,02 €	131,30	1 578,23 €
TOTAL			1 578,23 €

4.2.1.4 Substituição das caixas de estore

Quadro 4.31 – Custo da substituição das caixas de estore.

Trabalho	Custo (por metro linear)	Comprimento [m]	Custo total [€]
Aplicação de caixas de estore revestidas com EPS	23,37 €	14,74	344,47 €
TOTAL			344,47 €

4.2.1.5 Substituição dos envidraçados

Quadro 4.32 – Custo da substituição dos envidraçados simples por envidraçados duplos com caixa de ar.

Trabalho	Custo [€/m2]	Área de envidraçados a substituir [m2]	Custo total [€]
Remoção dos vidros existentes e aplicação de vidro duplo Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR"	96,87 €	32,79	3 176,37 €
TOTAL			3 176,37 €

4.2.1.6 Substituição das caixilharias

Quadro 4.33 – Custo da substituição das caixilharias.

Trabalho	Custo (por metro linear)	Comprimento [m]	Custo total [€]
Remoção da caixilharia existente e aplicação de caixilharia de alumínio anodizado com corte térmico	490,33 €	94,46	46 316,57 €
TOTAL			46 316,57 €

O custo total da implementação da medida de melhoria 1, somando todas as suas componentes, é de 70,092,75€.

4.2.2 Medida de melhoria 2 (Painéis “ALUCOBOND”)

4.2.2.1 Paredes exteriores

Nas paredes exteriores recorreu-se, na medida de melhoria 2, à aplicação de um sistema de fachada ventilada com recurso a painéis de alumínio composto “ALUCOBOND”, cujos custos englobam os trabalhos de preparação do paramento de suporte e os trabalhos para a aplicação o sistema de fachada ventilada.

- **Edifício base**

Quadro 4.34 – Custo da aplicação do sistema de fachada ventilada com painéis “ALUCOBOND”, no edifício base.

Trabalho	Custo [€/m ²]	Área de parede exterior [m ²]	Custo total [€]
Preparação do paramento suporte	26,48 €	69,65	1 844,37 €
Execução de fachada ventilada - painéis "ALUCOBOND"	130,58 €	69,65	9 095,09 €
TOTAL			10 939,46 €

- **Edifício ampliado**

Quadro 4.35 – Custo da aplicação do sistema de fachada ventilada com painéis “ALUCOBOND”, no edifício ampliado.

Trabalho	Custo [€/m ²]	Área de parede exterior [m ²]	Custo total [€]
Preparação do paramento suporte	26,48 €	75,42	1 997,09 €
Execução de fachada ventilada - painéis "ALUCOBOND"	128,34 €	75,42	9 679,26 €
TOTAL			11 676,35 €

Os custos dos restantes trabalhos que compõem a medida de melhoria 2, nomeadamente a aplicação de isolamento térmico sob o pavimento, sobre a laje de esteira do desvão da cobertura, a substituição das caixas de estore e a substituição de envidraçados e caixilharias, são os mesmos dos apresentados para a medida de melhoria 1,

Deste modo, o custo total da implementação do conjunto dos trabalhos que constituem a medida de melhoria 2 é de 78.739,88€.

4.3 ADITAMENTO À MEDIDA DE MELHORIA 1

Tendo como ponto de partida a medida de melhoria 1 – ETICS nas paredes exteriores, é apresentada de seguida uma alteração à mesma a fim de ser abordada mais uma variante da solução utilizada e, posteriormente, avaliada no que toca ao seu desempenho energético e aos custos necessários para a sua execução.

Assim, na medida de melhoria 1 anulam-se todas as substituições dos vidros e das respetivas caixilharias, permanecendo todas as outras componentes que fazem parte da medida de melhoria 1 (ETICS nas paredes exteriores, adição de isolamentos térmicos sob a laje de piso e sobre laje de esteira sob o desvão da cobertura, e substituição das caixas de estore). Deste modo, as necessidades de energia e a classificação energética correspondente são apresentadas no Quadro 4.36.

Quadro 4.36 – Necessidades de energia da fração em estudo, após o aditamento da medida de melhoria 1.

N_{ic} [kWh/m ² . ano]	75,95
N_i [kWh/m ² . ano]	63,92
N_{ic}/N_i	1,19
N_{vc} [kWh/m ² . ano]	1,09
N_v [kWh/m ² . ano]	9,13
N_{vc}/N_v	0,12
Q_a/A_p [kWh/m ² . ano]	18,10
Q_a/A_p ref. [kWh/m ² . ano]	18,10
$(Q_a/A_p)/(Q_a/A_p \text{ ref.})$	1,00
N_{tc} [kWh/m ² . ano]	248,04
N_t [kWh/m ² . ano]	215,06
$R_{Nt} = N_{tc}/N_t$	1,15
Classe Energética	C

Após a análise do Quadro 4.36, constata-se que, após o aditamento à medida de melhoria 1, o edifício em estudo permanece com a letra C como classe energética, tal como na medida de melhoria 1 e 2, sendo que, anteriormente, sem medidas de melhoria aplicadas, pertencia à classe energética F. Tal facto deve-se ao valor resultante da razão entre as necessidades de nominais de energia primária, $N_{tc} =$

248.04 kWh/m².ano, e o limite para esse mesmo valor das necessidades de energia, $N_t = 215.06 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$, que toma o valor de $1,01 \leq R_{Nt} = 1,15 \leq 1,50$ (classe energética C).

4.3.1 Custo de implementação do aditamento à medida de melhoria 1

O custo total da implementação da medida de melhoria 1, somando todas as suas componentes, é de 70,092,75€. No entanto, subtraindo as parcelas da substituição dos vidros (3,176,37€) e das respetivas caixilharias (46.316,57€), o custo do presente aditamento é de: $70,092,75€ - (3,176,37€ + 46.316,57€) = 20,599,81€$.

4.4 PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO NAS MEDIDAS DE MELHORIA

De modo a aprofundar a análise económica das medidas de melhoria apresentadas, o Despacho (extrato) nº 15793-L/2013 define o Período de Retorno Simples (PRS) que determina o tempo necessário para que os custos resultantes da aplicação das medidas de melhoria sejam compensados pela poupança anual de energia que estas proporcionam. Assim, o PRS é dado pela equação (4.1)

$$\text{PRS} = \frac{C}{P} [\text{anos}] \quad (4.1)$$

Em que:

C – valor total dos custos de investimento nas medidas de melhoria;

P – valor da poupança anual resultante da aplicação das medidas de melhoria.

Deste modo, para cada uma das medidas de melhoria e para o aditamento à medida de melhoria 1, os valores de PRS são:

- **Medida de melhoria 1**

$$C = 70\,092,75 \text{ €}$$

$$P = 4\,289,12 \text{ €/ano}$$

$$\text{PRS} = \frac{70\,092,75 \text{ €}}{4\,289,12 \text{ €/ano}} \approx 16 \text{ anos}$$

- **Medida de melhoria 2**

$$C = 78\,739,87 \text{ €}$$

$$P = 4\,289,35 \text{ €/ano}$$

$$\text{PRS} = \frac{78\,739,87 \text{ €}}{4\,289,35 \text{ €/ano}} \approx 18 \text{ anos}$$

- **Aditamento à medida de melhoria 1**

$$C = 20\,599,81 \text{ €}$$

$$P = 4\,064,76 \text{ €/ano}$$

$$\text{PRS} = \frac{20\,599,81 \text{ €}}{4\,064,76 \text{ €/ano}} \approx 5 \text{ anos}$$

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Tendo como ponto de partida a necessidade da obtenção de respostas face aos crescentes consumos de energia necessários para garantir o conforto térmico em edifícios, surge então o interesse de serem estudadas soluções de reabilitação energética. Deste modo, tanto os condicionalismos económicos como os ambientais levaram a que a União Europeia publicasse, no seio do seu Parlamento, a Diretiva 2010/31/EU, onde estão dispostos os caminhos a seguir de modo a que os edifícios construídos nos países da zona Euro estejam o mais possível aproximados do conceito de nZEB, ou seja, que apresentem um balanço energético quase nulo. Em Portugal, tomando como base a Diretiva europeia mencionada, foi publicado o Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto, implementando um novo Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) no qual estão englobados o Regulamento Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

No âmbito da habitação unifamiliar que compõe o caso prático de estudo do presente trabalho, foram determinadas as suas necessidades de energia. Assim, o edifício em estudo apresenta uma classe energética F, proveniente do resultado do produto (R_{N_t}) entre as necessidades nominais anuais globais de energia primária ($N_{t,c}$) e o seu valor de referência correspondente (N_t). Assim sendo, $R_{N_t} = 3,36 \geq 2,51$,

De seguida, foram estudadas duas medidas melhoria de cariz exclusivamente construtivo, passíveis de ser implementadas e, posteriormente, avaliadas quanto ao seu contributo para a melhoria da classe energética do edifício e quanto aos custos inerentes à sua aplicação. Ambas as medidas de melhoria são coincidentes em praticamente todas as suas componentes, com exceção da componente relativa às soluções implementadas nas paredes exteriores.

As diferentes soluções que compõem a Medida de melhoria 1 são:

1. Aplicação de ETICS nas paredes exteriores, com recurso a lã de rocha como material de revestimento térmico;
2. Aplicação de uma camada de isolamento sob o pavimento da fração do piso 1, recorrendo a lã de rocha como material de revestimento térmico;

3. Adição de revestimento térmico, realizado em lã mineral, sobre a laje de esteira sob o desvão da cobertura;
4. Substituição das caixas de estore existentes por outras corrigidas termicamente, com recurso a EPS;
5. Substituição dos vidros simples por vidros duplos e respetivas caixilharias (de madeira ou metálicas) sem corte térmico por caixilharias corrigidas termicamente.

Após a implementação das soluções que integram a Medida de melhoria 1, constata-se que o edifício em estudo passa a obter uma classe energética C, fruto do novo valor de R_{Nt} ($1,01 \leq R_{Nt} = 1,05 \leq 1,50$ - classe energética C).

Na Medida de melhoria 2, as soluções 2 a 5 foram mantidas, alterando-se apenas a solução 1, Esta passou pela aplicação de um sistema de fachada ventilada, com recurso a lã mineral como material de revestimento térmico e painéis de alumínio composto como material de revestimento exterior. Depois de implementada esta medida, verificou-se que os valores das necessidades de energia e respetiva classificação energética, pouco ou nada se alteraram, face à Medida de melhoria 1 ($1,01 \leq R_{Nt} = 1,05 \leq 1,50$ - classe energética C).

Relativamente aos encargos com a aplicação de cada uma das medidas de melhoria, a Medida de melhoria 1 tem um custo de 70,092,75€, revelando-se ser menos dispendiosa, quando comparada com a Medida de melhoria 2 que tem um custo de, aproximadamente, mais 9.000,00€ (78.739,88€). No que toca aos períodos de retorno do investimento nas medidas de melhoria, este apresenta um intervalo de tempo bastante alargado, nomeadamente 16 e 18 anos para as medidas de melhoria 1 e 2, respetivamente.

Após uma primeira análise dos custos de implementação das medidas de melhoria, constatou-se que ambos atingiam valores relativamente elevados, entre setenta e oitenta mil euros. Assim sendo, foi elaborado um aditamento à Medida de melhoria 1, visto que esta apresenta um custo mais baixo.

Uma vez que a parcela relativa aos custos da substituição de vidros e caixilharias corresponde a cerca de 70% (na Medida de melhoria 1) e 60% (na Medida de melhoria 2) do custo global, o referido aditamento consistiu em manter todos os vidros e caixilharias do edifício, tal como ele se encontra atualmente, e, posteriormente, efetuar uma nova avaliação das suas necessidades de energia. Esta alteração permitiu que o custo de implementação da Medida de melhoria 1 baixasse de 70,092,75€ para 20,599,81€, sem que tenha sido alterada a classe energética, mantendo-se esta com a letra C. No entanto, o correspondente valor de $R_{Nt} = 1,15$ passou a estar mais longe do limite inferior para a classe B- ($R_{Nt} = 1,00$), comparativamente ao da medida de melhoria sem o aditamento ($R_{Nt} = 1,05$). Com a referida alteração na medida de melhoria 1, para além da diminuição do custo total de investimento, diminuiu também o seu período de retorno, passando este para apenas 5 anos.

Comparando a classe energética do edifício no seu estado atual com as classes energéticas resultantes da aplicação das medidas de melhoria, constata-se que os benefícios atingidos foram bastante significativos. Em resumo, o edifício no seu estado atual possui classe energética F ($R_{Nt} = 3,36$), passando a obter classe C ($R_{Nt} = 1,05$) com cada uma das duas de medidas de melhoria propostas sendo que, com o aditamento à medida de melhoria 1, obtém-se também a classe C mas com o valor de $R_{Nt} = 1,15$. Desta forma, conclui-se que todas as medidas proppstas cumprem o disposto na tabela I.04 do anexo da Portaria nº 349-B/2013 de 29 de novembro, que define o valor máximo de $R_{Nt} = 1,50$ (valor do limite inferior da classe C) para edifícios de habitação existentes.

Em suma, poder-se-á afirmar que os objetivos propostos para a realização deste trabalho foram realizados, mostrando é possível que seja melhorado substancialmente o desempenho energético de um edifício, recorrendo-se exclusivamente a soluções construtivas. Assim, aplicando medidas de melhoria num edifício que possui uma classe energética F, foi possível obter-se uma classe energética C em todas as medidas apresentadas, sendo que, com ou sem a aplicação do aditamento à Medida de melhoria 1, verificou-se que os valores de R_{Nt} permaneceram relativamente próximos do limite para a obtenção da classe B-.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Este trabalho focou-se na aplicação de medidas construtivas que permitissem melhorar o conforto térmico da habitação em estudo, tornando-a mais eficiente energeticamente e permitindo que o seu consumo de energia seja reduzido.

No entanto, apesar do facto de o alcance de um bom conforto térmico de uma habitação ser fundamental para que seja melhorada a qualidade de vida dos seus ocupantes, também a conjugação dos parâmetros de humidade do ar com os parâmetros térmicos é muito importante.

Assim, como desenvolvimentos futuros, seria interessante estudar o comportamento higrotérmico do edifício, fazendo com que se conjugassem da melhor forma as medidas de melhoria que visam isolar a habitação termicamente com outras medidas que permitissem uma ventilação natural do espaço interior, com o mínimo prejuízo possível para o conforto térmico entretanto atingido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1º Encontro Luso-Brasileiro de Reabilitação Urbana - Em Carta de Lisboa sobre a Reabilitação Urbana Integrada. Lisboa : [s.n.]

Decreto-Lei nº 118/2013 - Anotado (versão 0).

ANDRADE, Hugo Miguel - Caracterização de Edifícios Antigos. Edifícios «Gaioleiros». [S.l.] : Universidade Nova de Lisboa, 2011

APPLETON, João - A Sustentabilidade nos Projectos de Reabilitação de Edifícios. Em Encontro Nacional de Engenharia Civil, 2011

BRANDÃO DE VASCONCELOS, Ana et al. - EPBD cost-optimal methodology: Application to the thermal rehabilitation of the building envelope of a Portuguese residential reference building. Energy and Buildings. . ISSN 03787788. 111:2016) 12–25. doi: 10,1016/j.enbuild.2015.11,006. 2016

CALEJO, Rui - Projecto e Diagnóstico de Patologias em Edifícios. Em Livro de Actas de Conferência Nacional. Porto : FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1996

Diretiva 2010/31/UE.

CONSTRULINK.COM - Dossier Técnico-económico, atual. 2006.

CORVACHO, Helena - Nova Regulamentação no Domínio da Térmica dos Edifícios. Em Seminário - Eficiência Energética, Que Futuro?, 2014

CYPE INGENIEROS S. A. - Gerador de Preços. Reabilitação. Portugal. 2016.

DGGE - Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais. ISBN 9728268335. 2004

EAE, European Association For External Thermal Insulation Composite Systems - ETICS are quality systems [Em linha] [Consult. 6 out. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.ea-etics.eu/>.

FREITAS, V. et al. - Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos. Lisboa : Ordem dos Engenheiros da Região Norte, 2012

GONÇALVES, Hélder - Em direcção aos Edifícios de Balanço Energético Zero. [S.l.] : Ordem dos Engenheiros, 2011

GOOGLE - Google Earth, atual. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA - Estatísticas da Construção e Habitação 2010, Lisboa. 2011,

JARDIM, Fátima Maria - Proposta de Intervenção de Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação. [S.l.] : Universidade do Minho - Escola de Engenharia, 2009

MUNARIM, Ulisses; GHISI, Enedir - Environmental feasibility of heritage buildings rehabilitation. Renewable and Sustainable Energy Reviews. . ISSN 13640321, 58:2016) 235–249. doi: 10.1016/j.rser.2015.12.334, 2016

PEREIRA, Micael António - Edifícios com Necessidades Energéticas Quase Nulas - Análise da Viabilidade Técnica-Económica da sua Implementação em Portugal. [S.l.] : Universidade do Minho, 2013

ROCHA, Bernardo - Metodologia de Gestão de Operações de Reabilitação de Edifícios Recentes. Porto : FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008

SANTOS, Carlos Pina DOS - Reabilitação de Edifícios para Promoção do Conforto e da Eficiência Energética. Lisboa : [s.n.]. 2016

SILVA, Diogo - Reabilitação Energética de Edifícios Face à Nova Regulamentação. [S.l.] : FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014

SILVA, Fernando Oliveira - Livro de Atas. Em . Porto : FEUP edições, 2015

TABORDA, Rui - Textos Policopiados de Conservação e Reabilitação de Edifícios. Porto. 2010,

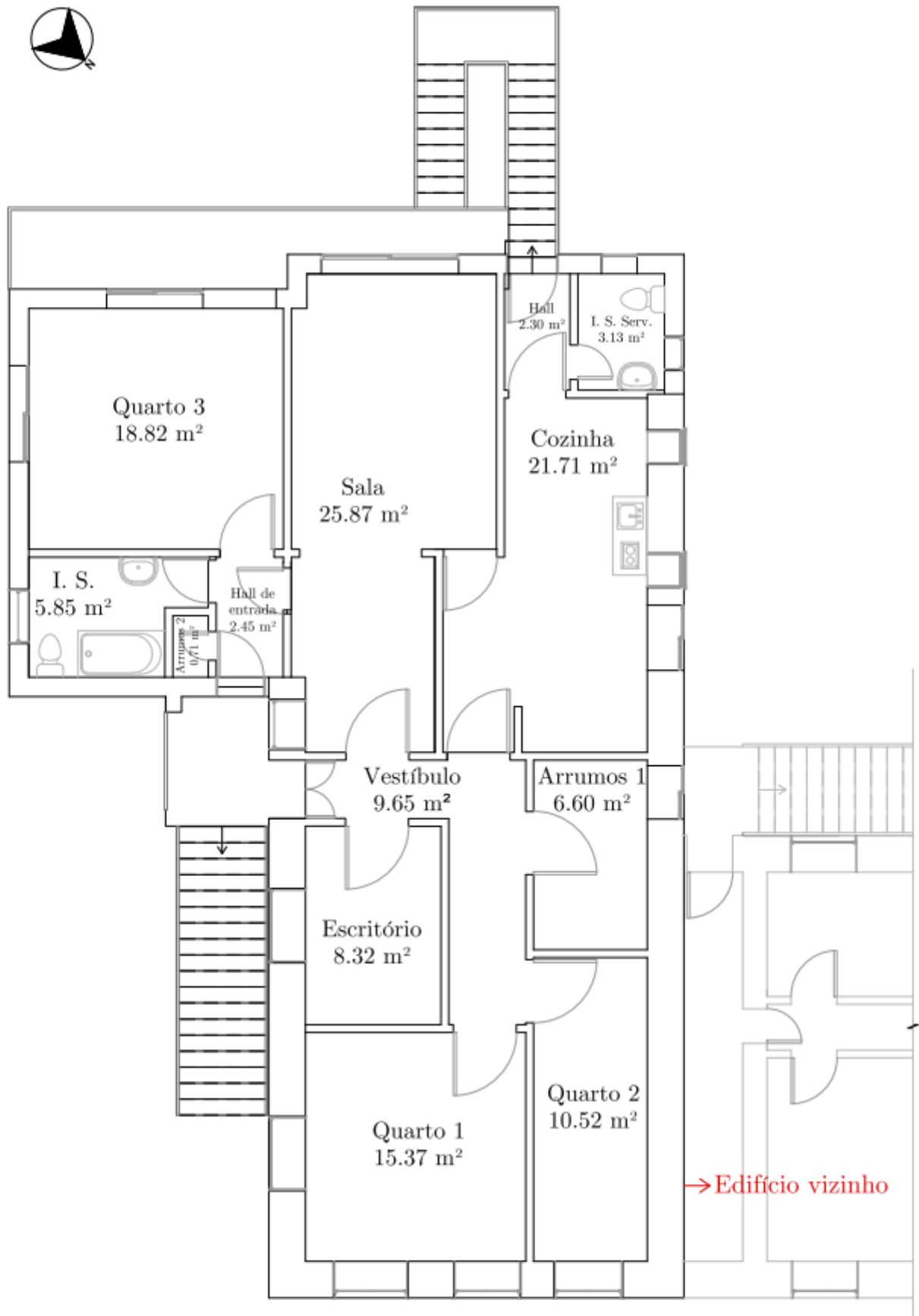
TAVARES, Alice; COSTA, Aníbal; VARUM, Humberto - Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios - Guia de Intervenção. Aveiro : Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, 2011

TEMPIO - Fachada Ventilada [Em linha] [Consult. 8 out. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.tempio.es/fachadas-ventiladas.php>>.

TOPECA - Caixa de estore em EPS [Em linha], atual. 2011. [Consult. 10 out. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.topeca.pt/index.php/pt/product/special/1355/32>>.

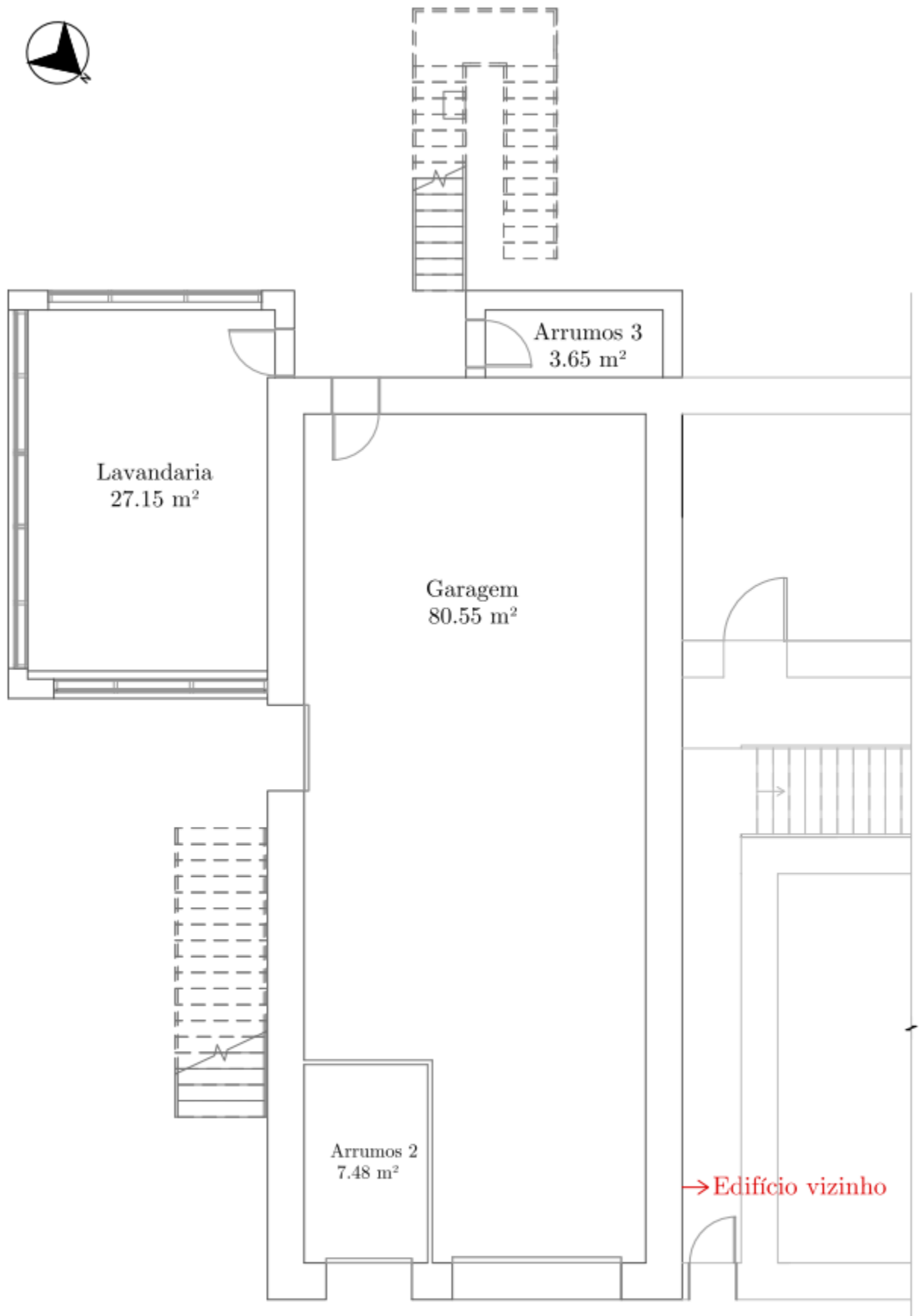
ANEXOS

ANEXO I – PEÇAS DESENHADAS



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício
Escala: 1/100		
Data: Outubro de 2016		Planta do 1º piso do edifício
Desenho n.º: 1	Folha n.º: 1	
Versão: final		



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício
Escala: 1/100		
Data: Outubro de 2016		
Desenho n.º: 2	Folha n.º: 1	Planta do rés-do-chão (piso 0) do edifício
Versão: final		



Alçado principal voltado a NE

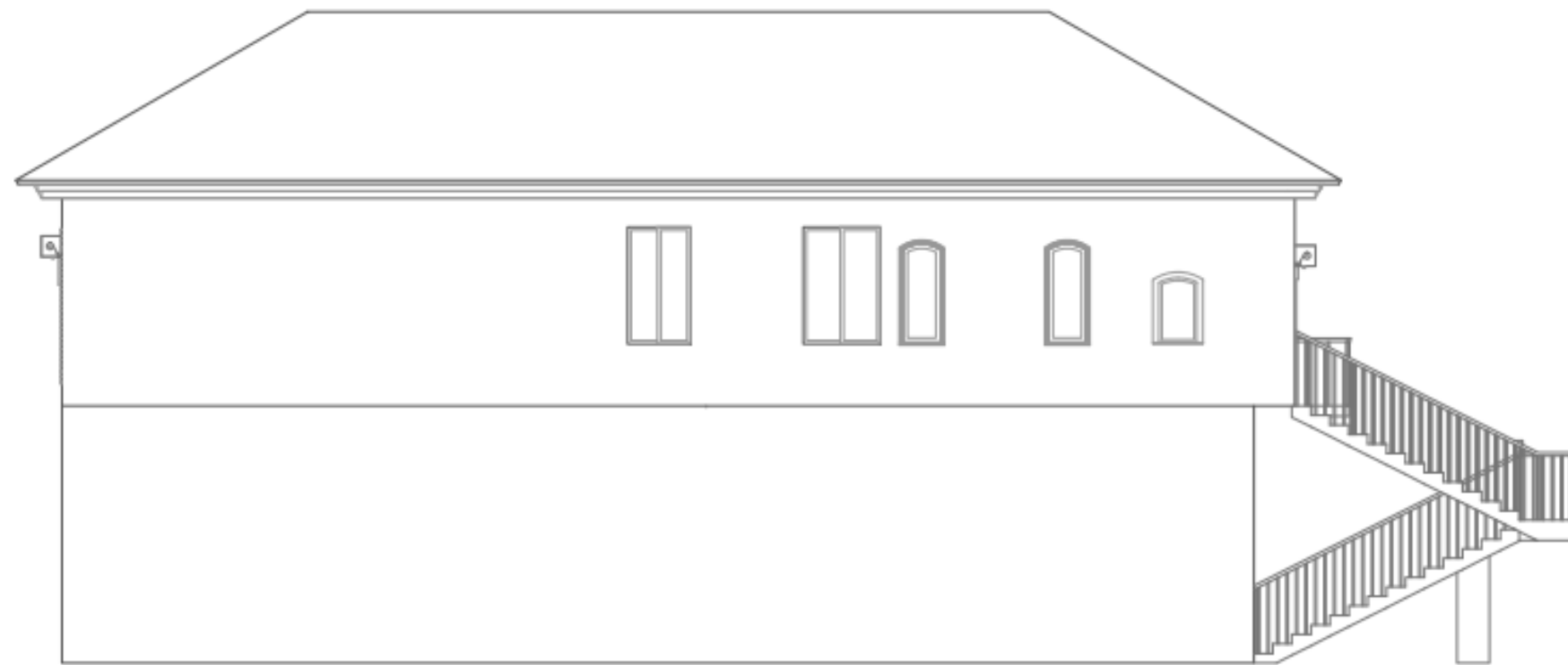


Alçado das traseiras voltado a SO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício
Escala: 1/100		
Data: Outubro de 2016		Alçados voltados para NE e SO
Desenho n.º: 3	Folha n.º: 1	
Versão: final		

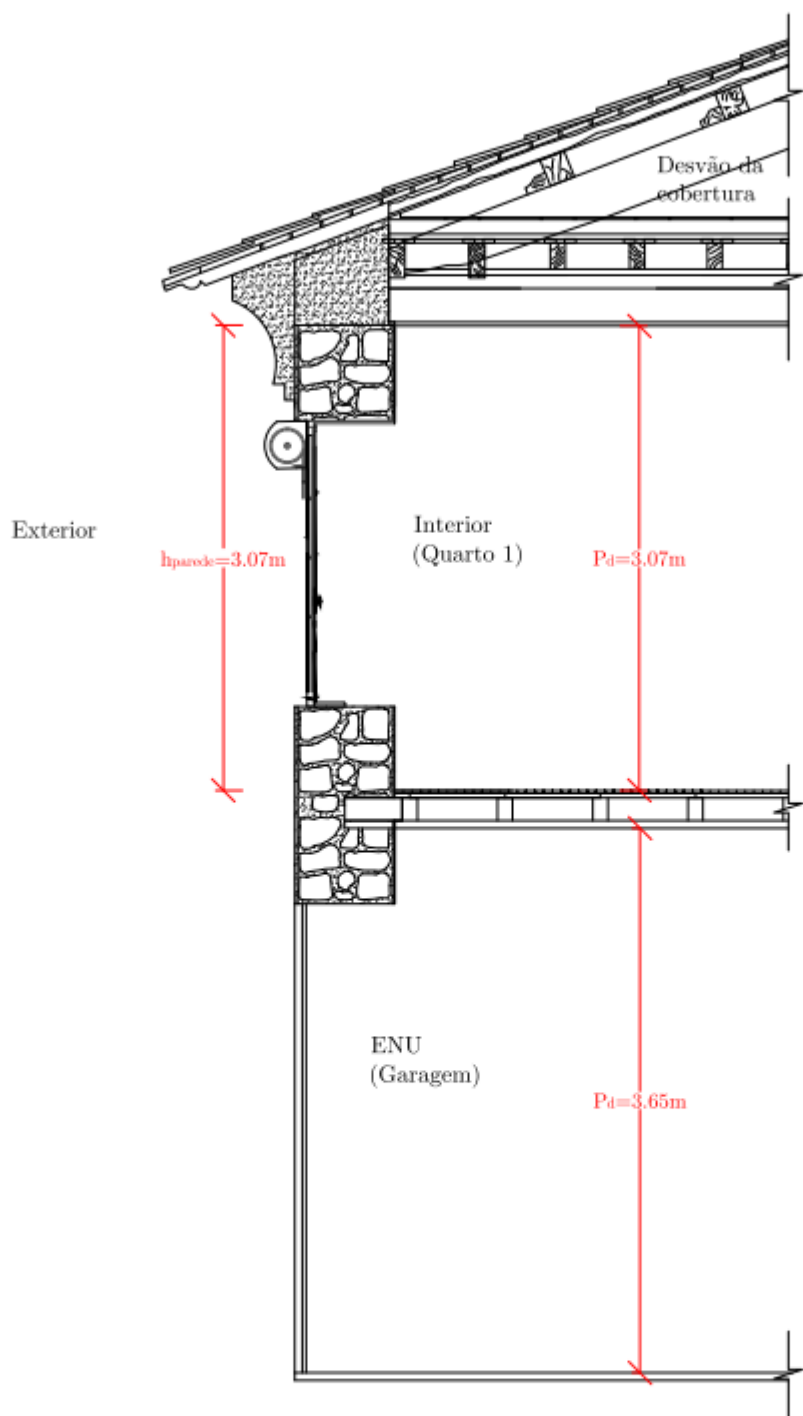


Alçado voltado a SE

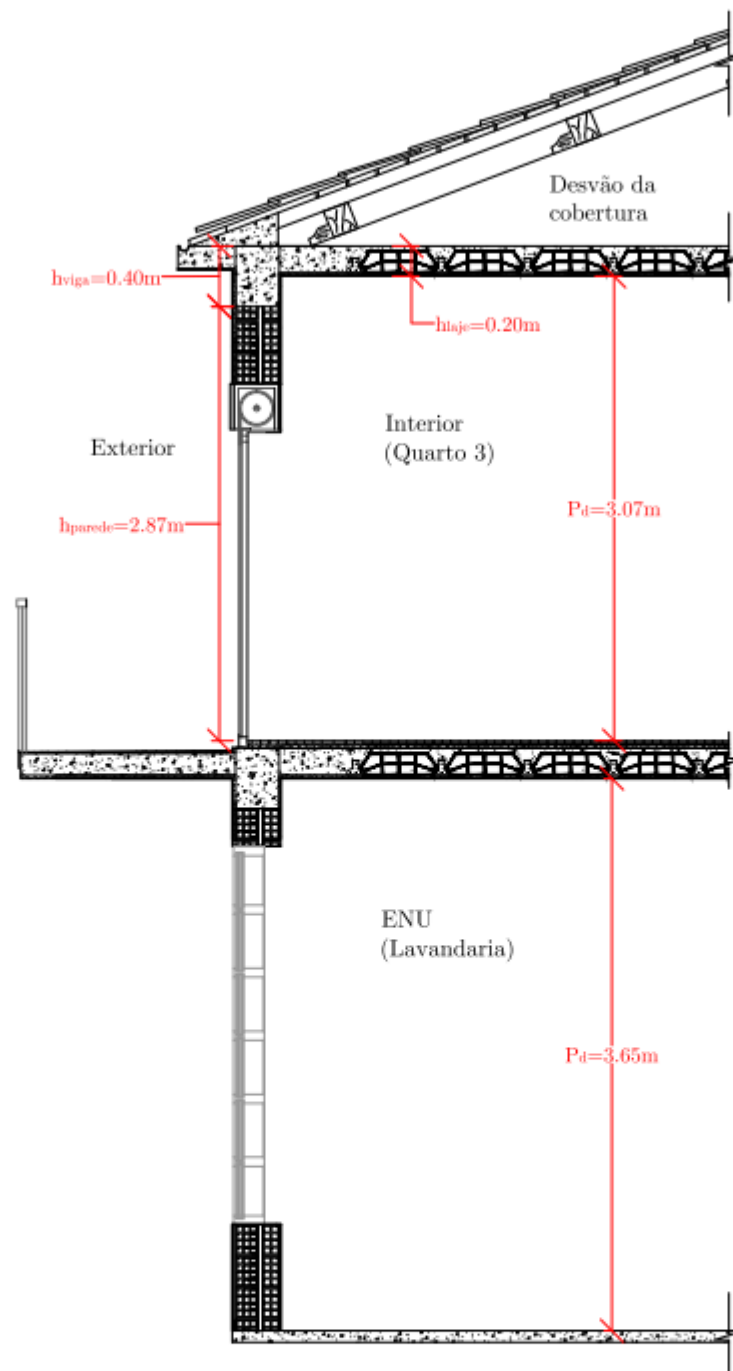


Alçado voltado a NO

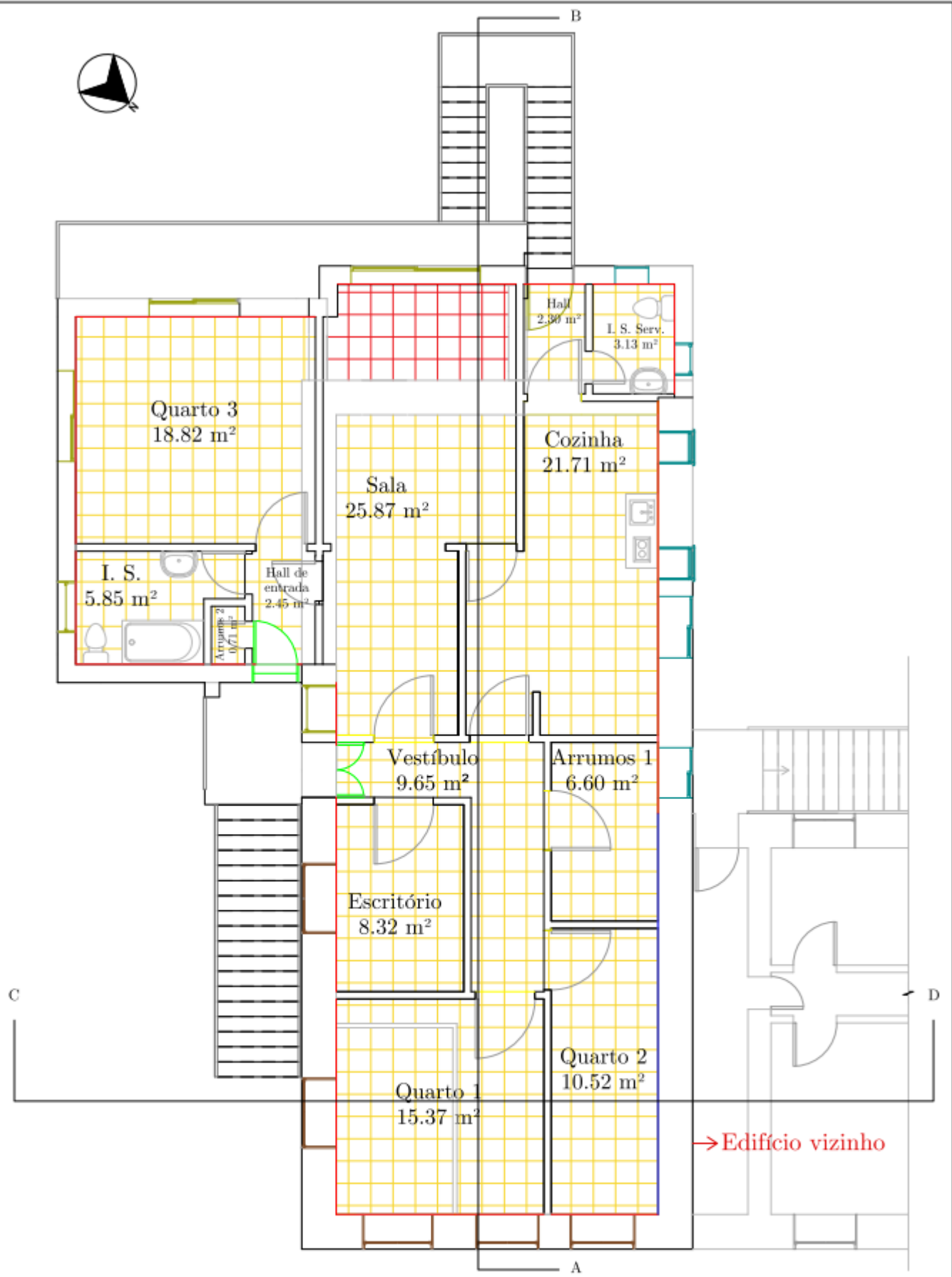
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Autor: Tingo Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício
Escala: 1/100	Data: Outubro de 2016	
Desenho n.º: 4	Folha n.º: 1	Alçados voltados para SE e NO
Versão: final		



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício
Escala: 1/50		
Data: Outubro de 2016		
Desenho n.º: 5	Folha n.º: 1	Pormenor da parede e do envidraçado do edifício inicial na zona do Quarto 1, Voltado para NE
Versão: final		

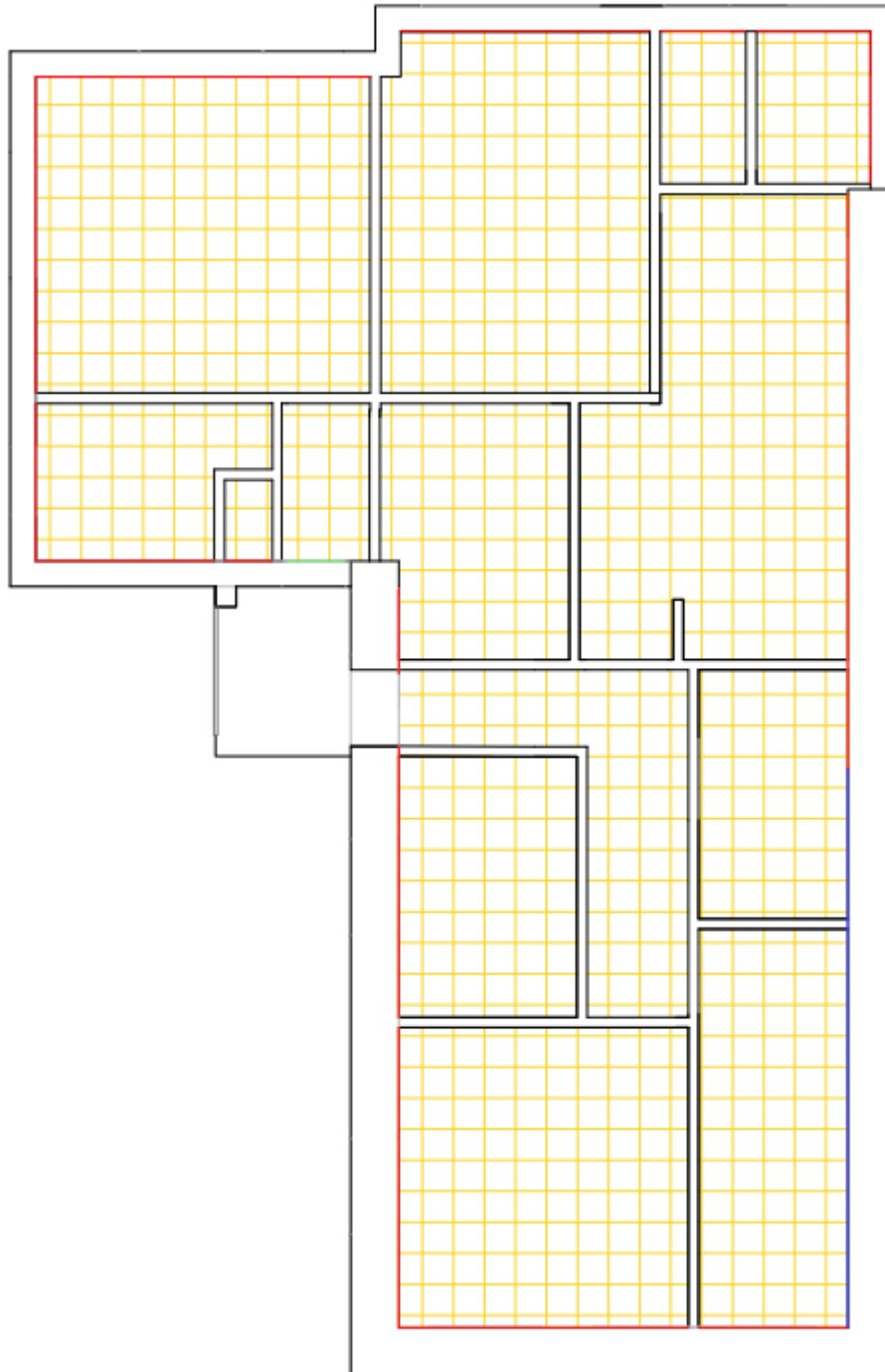


DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício
Escala: 1/50	Data: Outubro de 2016	
Desenho n.º: 6	Folha n.º: 1	Pormenor da parede e do envidraçado da parte ampliada na zona do Quarto 3, Voltado para SO
Versão: final		



LEGENDA		
Plano perpendicular ao do desenho	Plano paralelo ao do desenho	Designação
—		Envoltente exterior
		Envoltente interior com requisitos de exterior
—		Envoltente interior com requisitos de interior

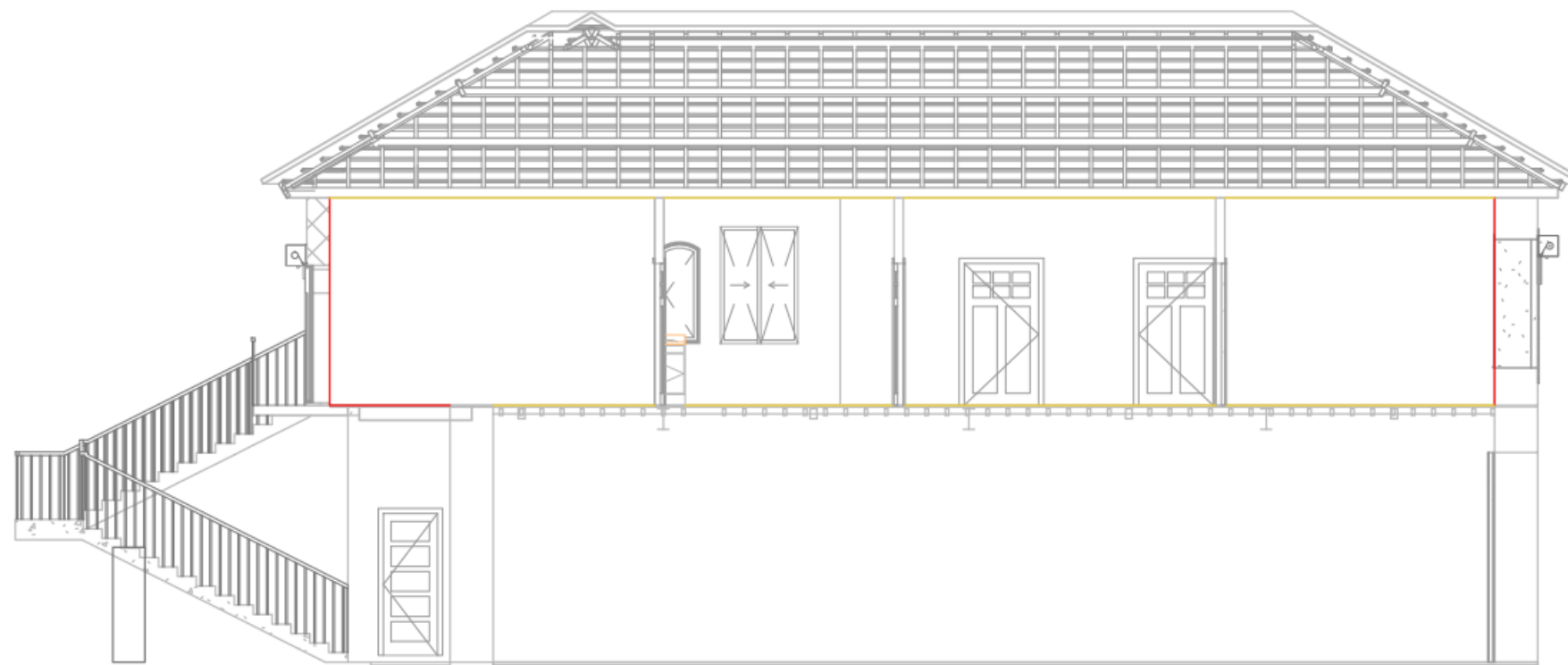
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envoltente Exterior de um Edifício
Escala: 1/100	Data: Outubro de 2016	
Desenho n.º: 7	Folha n.º: 1	Envoltentes em planta ao nível do pavimento do piso 1
Versão: final		



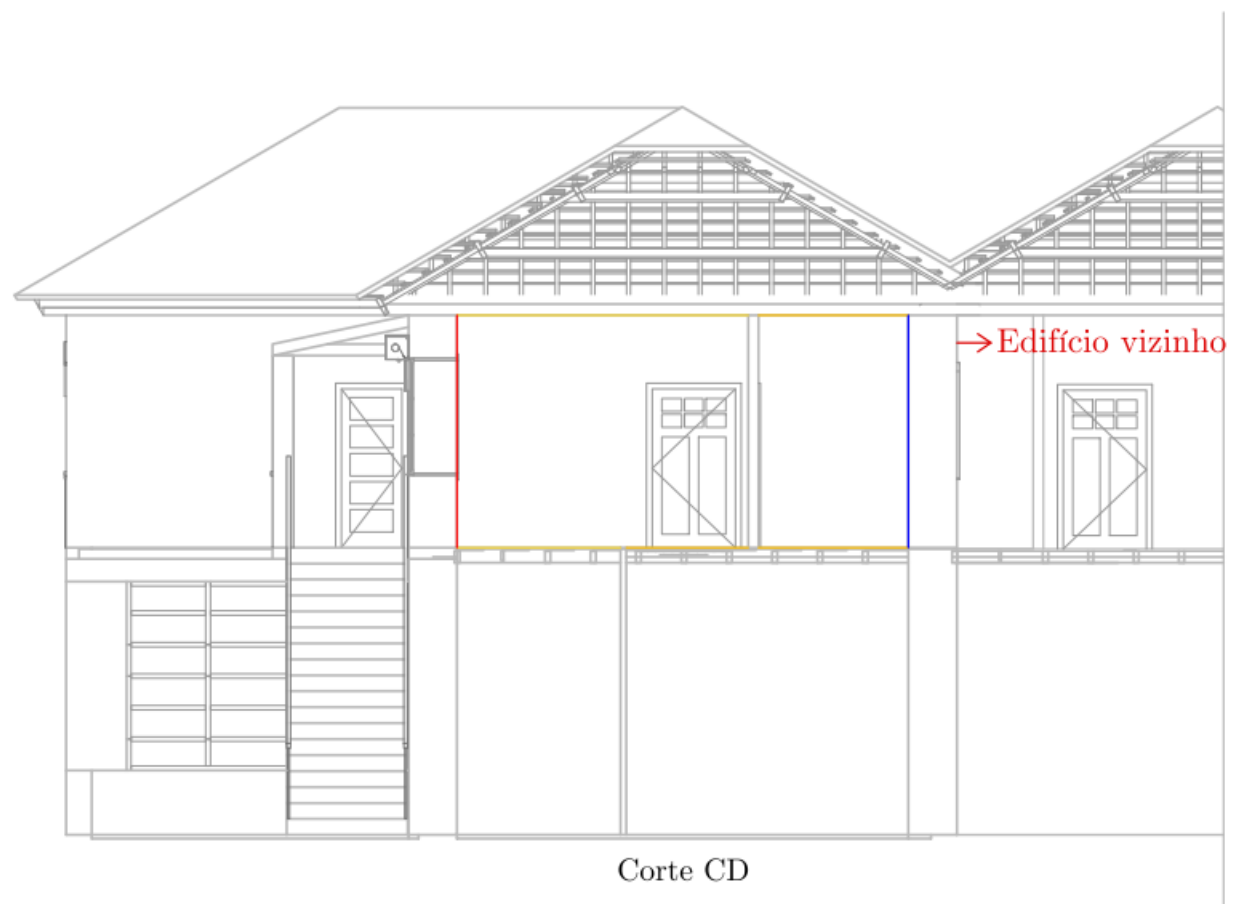
→ Edifício vizinho

LEGENDA		
Plano perpendicular ao do desenho	Plano paralelo ao do desenho	Designação
—		Envoltivo exterior
		Envoltivo interior com requisitos de exterior
—		Envoltivo interior com requisitos de interior

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envoltivo Exterior de um Edifício
Escala: 1/100		
Data: Outubro de 2016		
Desenho n.º: 8	Folha n.º: 1	Envoltivos em planta ao nível da laje de teto do piso 1
Versão: final		



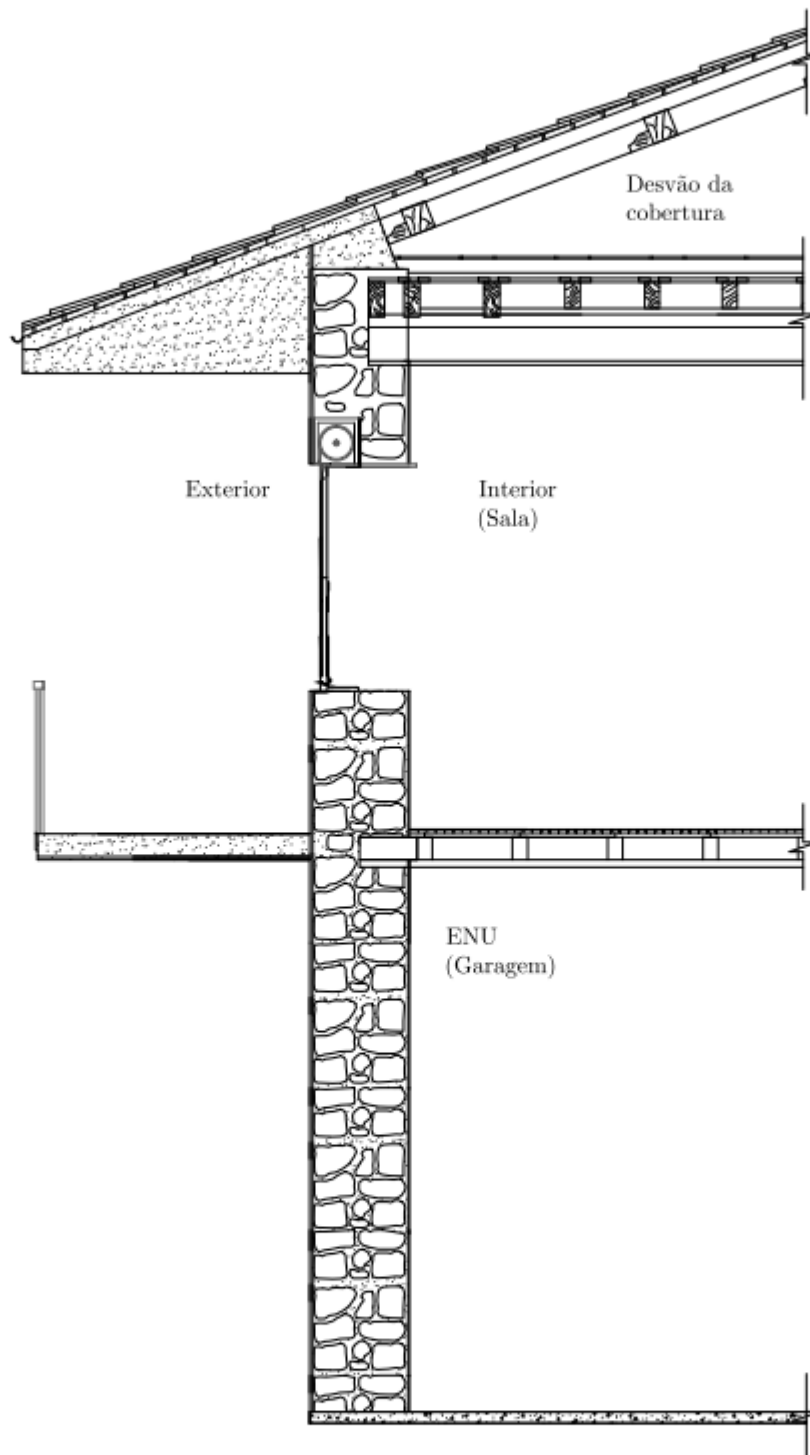
Corte AB



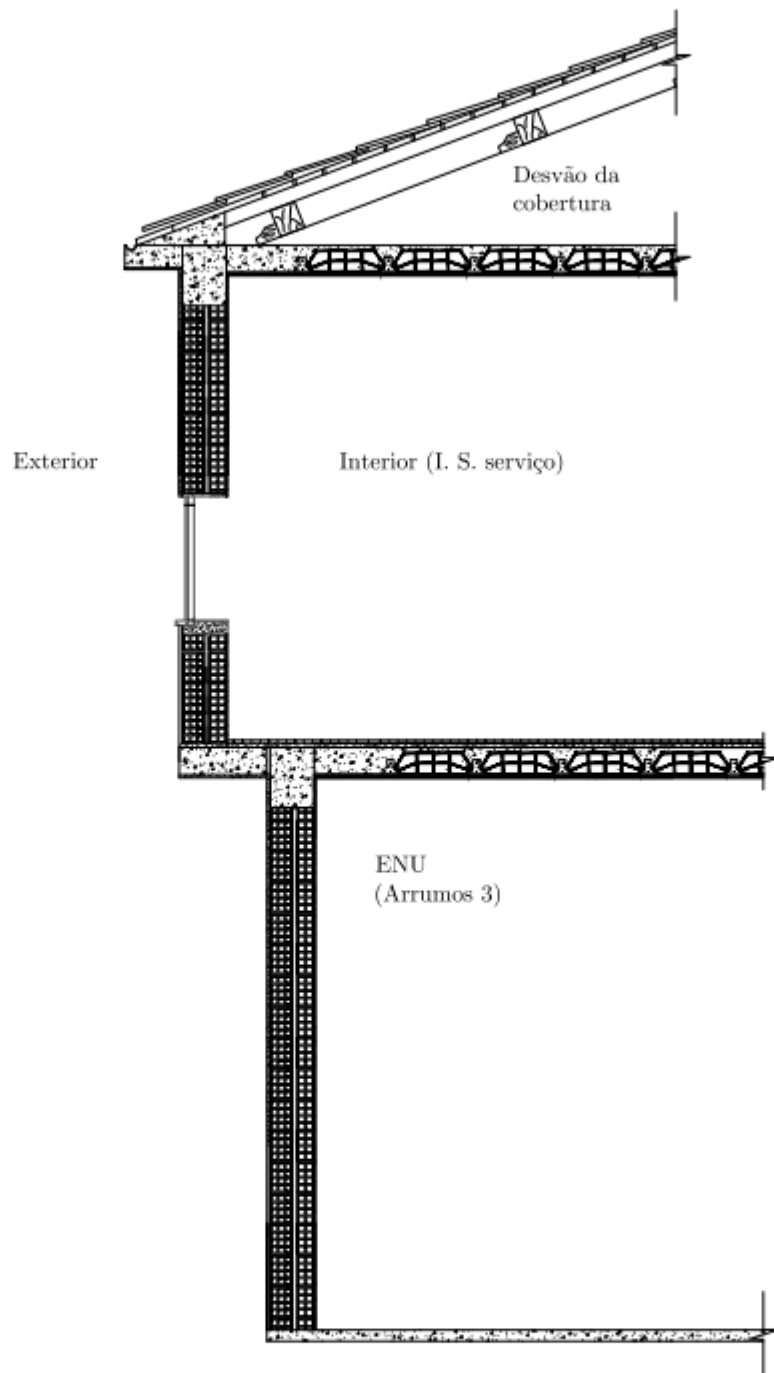
Corte CD

LEGENDA	
Plano perpendicular ao do desenho	Designação
—	Envolvente exterior
—	Envolvente interior com requisitos de exterior
—	Envolvente interior com requisitos de interior

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício
Escala: 1/100	Data: Outubro de 2016	
Desenho n.º: 9	Folha n.º: 1	Envolventes representadas em cortes
Versão: final		



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício
Escala: 1/50	Data: Outubro de 2016	
Desenho n.º: 10	Folha n.º: 1	Pormenor da parede e do envidraçado da parte ampliada na zona da Sala, Voltado para SE
Versão: final		



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Autor: Tiago Correia	Rev.: MLG	Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício
Escala: 1/50	Data: Outubro de 2016	
Desenho n.º: 11	Folha n.º: 1	Pormenor da parede e do envidraçado da parte ampliada na zona da Casa de banho de serviço, Voltado para SO
Versão: final		

**ANEXO II – FERRAMENTA DE CÁLCULO: APLICAÇÃO DO LNEC PARA DETERMINAÇÃO DOS VALORES
CORRESPONDENTES À VENTILAÇÃO, DE ACORDO COM O REH**



1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação
Local (município)	VILA NOVA DE GAIA
Região	A
Rugosidade	II
Altitude do local (m)	101
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	6,87
Altura da fração (H _{fraç}) em m	6,87
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 ²):	131,3
Pt (m):	3,07
N.º de pisos da fração	1
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH 3,6) (m/s)	
Vol (m ³):	403
T _{exterior} (°C)	9,9
Zref (m)	94
AeróAu:	25%
Proteção do edifício:	Desprotegido
Zona da fachada:	Inferior

2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	NE	SE	NO	SO
Área dos vãos (m ²)	6,97	9,31	5,98	10,53
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	2	2	2
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Perm. Alta	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 ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /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 ³ /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 ³ /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 _{pe} (h-1) - Aquecimento	0,44
R _{pe,c} (h-1) - Arrefecimento	0,60
W _{vm} (kWh)	0,0

8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência

R _{pe,ref} (h-1)	0,44
---------------------------	------

8.3 - Caudal mínimo de ventilação

R _{ph} estimada em condições normais (h-1)	0,00
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério R _{ph} mínimo	Não regulamentar R _{ph} min

Nota: No Cálculo do R_{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem desatlagão, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

Técnico: Tiago Correia

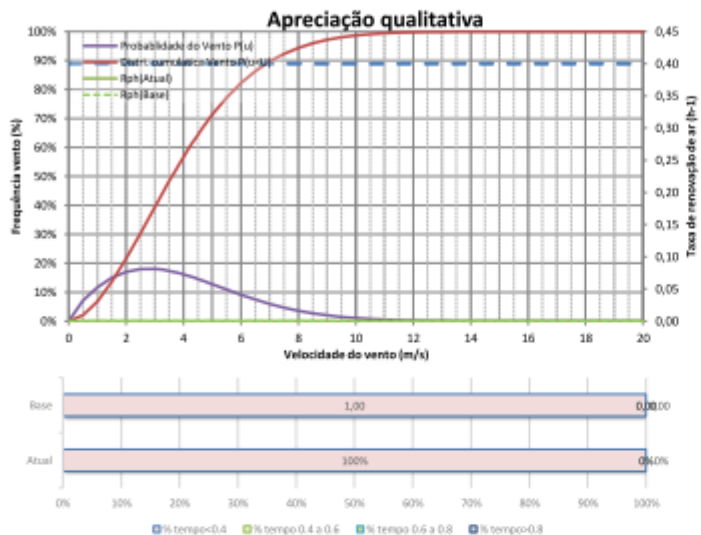
Data: 20/10/2016



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=0,00 Rphmedio=0,00 Rphtermica=0,00
Base: Rph=0,00 Rphmedio=0,00 Rphtermica=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:	2
---	---

Permeabilidade ao ar da envolvente:

Valor n50 recomendado para construção usual:	1,00
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	0,70
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	3,32

3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada

(Ajuda)

Índice caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Fritchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	135 m3/h
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	20 Pa

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)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dna,w(dB))	1		
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)		
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)		
	A	Rw (Ctr)	
	(m2)	(dB)	
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dna,w(dB))	1	37	Rw vidro 30
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa		C -1
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr))	2,3	26	Ctr -3
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr))	5,3	50	IGU Rw+Correcção 27
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr))	7,5	30	Janela Rw+Correcção 26
Fachada D2m,nT,W (dB)		28	
Resultados: Isolamento sonoro			
Isolamento fachada (D2m,nT,W)	28		
Isolamento mínimo requerido (D2m,nT,W)	28	Satisfatório	

Síntese:

**ANEXO III – FOLHA DE CÁLCULO DESENVOLVIDA PELA ITECONS (DE ACORDO COM O REH)
PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO, NO SEU ESTADO
ATUAL**

FICHA N.º 1
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO
DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)
 (nos termos da alínea d) do n.º 1.1)

Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia

Edifício

Empreendimento: _____ Nº de fracções: _____
 Morada: Rua 5 de Outubro
 Freguesia: AVINTES Concelho: Vila Nova de Gaia

Tipo de intervenção

Edifício Novo Grande intervenção
 (a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m ²)	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
-	131,30	3,07	T3

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m ² .ano))	Ni (kWh/(m ² .ano))	Nvc (kWh/(m ² .ano))	Nv (kWh/(m ² .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	E _{ren,p} (kWh/ano)	E _{ren,est} (kWh/ano)(**)
-	0,00	263,57	63,40	0,26	9,13	2377	717,10	213,76	0	0

(*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(**) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E_{ren,p}.

Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico

Nome: Tiago Correia
 Inscrito na: _____ Número de inscrição: _____
 Assinatura _____

PROJ	260	170	150	PROJ	260	040	100
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
TOTAL			11,81	TOTAL			1,09

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{transmissão W/m²·°C}	UA W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{transmissão W/m²·°C}	UA W/°C
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
TOTAL			0,98	TOTAL			0,99

vãos envidraçados exteriores	Área A m ²	U W/m ² ·°C	UA W/°C	vãos envidraçados exteriores	Área A m ²	U W/m ² ·°C	UA W/°C
1 (VED)	2,38	3,40	7,99	1 (VED)	2,80	2,80	7,84
2 (VED)	2,32	3,40	7,55	2 (VED)	1,78	2,80	4,98
3 (VED)	2,47	3,40	8,38	3 (VED)	1,88	2,80	5,26
4 (VED)	2,80	3,40	9,52	4 (VED)	1,87	2,80	5,24
5 (VED)	2,80	3,40	9,52	5 (VED)	1,67	2,80	4,68
6 (VED)	1,10	4,00	4,40	6 (VED)	1,80	2,80	5,04
7 (VED)	1,40	4,00	5,60	7 (VED)	1,35	2,80	3,78
8 (VED)	2,50	4,00	10,00	8 (VED)	2,80	2,80	7,84
9 (VED)	3,40	4,00	13,60	9 (VED)	2,79	2,80	7,81

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,ext}$ W/C

A.3 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EXT. ARREPCIMENTO

A.18 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EXT. ARREPCIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext,ext}$ W/C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{int} W/C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{ext,int}$ W/C

Coefficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o solo H_{so} W/C

Coefficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o solo $H_{so,ext}$ W/C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,ext}$ W/C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 \frac{1}{-} \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RCU} \frac{0}{=} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} \frac{0}{=} \text{ m}^3/\text{h} \\
 + \\
 R_{pav} A_p P_d \frac{177,36}{=} \text{ m}^3/\text{h} \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{RCU} \frac{1,00}{=} \\
 \frac{0,34}{=} \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{int, aq} \frac{0,44}{=} \text{ h}^{-1} \\
 \frac{131,30}{=} \text{ m}^2 \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \frac{131,30}{=} \\
 \frac{3,07}{=} \text{ m} \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \frac{3,07}{=} \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{RCU} \frac{60,30}{=} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \frac{0,34}{=} \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{int, aq, ref} \frac{0,44}{=} \text{ h}^{-1} \\
 \frac{131,30}{=} \text{ m}^2 \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \frac{131,30}{=} \\
 \frac{3,07}{=} \text{ m} \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \frac{3,07}{=} \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{RCU, ref} \frac{60,30}{=} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 \frac{1}{-} \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RCU} \frac{0}{=} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} \frac{0}{=} \text{ m}^3/\text{h} \\
 + \\
 R_{pav} A_p P_d \frac{241,85}{=} \text{ m}^3/\text{h} \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{RCU} \frac{1,00}{=} \\
 \frac{0,34}{=} \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{int, ar} \frac{0,69}{=} \text{ h}^{-1} \\
 \frac{131,30}{=} \text{ m}^2 \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \frac{131,30}{=} \\
 \frac{3,07}{=} \text{ m} \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \frac{3,07}{=} \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{RCU} \frac{82,23}{=} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Em nenhum caso o produto $X_j \cdot F_{s,j} \cdot F_{o,j} \cdot F_{g,j}$ deve ser menor que 0,27;							TOTAL	1,97

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_{o,j} \cdot F_{g,j}$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

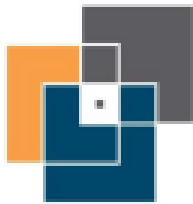
Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $F_{g,winter}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{o,j} = F_{o,v} \cdot F_{o,w} \cdot F_{o,u}$	Fracção Envidraçada $F_g = F_{g,winter}$	Área efectiva colectora $A_{ej} = A_w \cdot F_{o,j} \cdot F_g \cdot B$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{ej}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
							TOTAL	0,00

No cálculo de $g_{(int)}$ e $g_{(ext)}$ não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_j será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{(n)}$, afectada do factor de selectividade angular F_{scj} .

$$\begin{aligned}
 &\text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul} \quad 1,97 \text{ m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{(v)} \quad 130 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad 6,21 \text{ meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{(sol)} \quad 1591,04 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{(int)} \quad 2349,79 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{(sol)} \quad 1591,04 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{(g)} \quad 3940,83 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$



C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{ext}} \boxed{130} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\ & \quad \times \\ & \quad 0,182 \\ & \quad \times \\ & \quad 0,2 \\ & \quad \times \\ & \quad \text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{131,30} \text{ m}^2 \\ & \quad \times \\ & \text{Duração da estação de aquecimento } M \boxed{6,21} \text{ meses} \\ & \quad = \\ & \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol}} \boxed{3860,83} \text{ kWh/ano} \\ & \quad + \\ & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int}} \boxed{2349,79} \text{ kWh/ano} \\ & \quad = \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{gt}} \boxed{6210,617098} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

	604			

008

Ganhos solares locais pelas aberturas da envolvente envidraçada: 3530,46 MW/ano
 +
 Ganhos solares locais pelas aberturas da envolvente opaca: 2118,73 MW/ano
 +
 Ganhos Solares locais Q_{sol}: 5649,20 MW/ano

0.1 - GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS

Ganhos internos locais Q_{int}: 1112,79 MW/ano
 +
 Ganhos solares locais Q_{sol}: 5649,20 MW/ano
 +
 Ganhos térmicos locais Q_t: 6762,00 MW/ano

0.2 - GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS DE REPEREÇÃO

Ganhos internos média q_{int}: 0 W/m²
 +
 Densidade de Espectro de Irradiação I_{ext}: 2533 W/m²
 +
 1000
 +
 Factor solar do vidro de isolamento g_v: 0,43
 +
 A_v/A_{ext}: 0,27
 +
 Irradiação solar média de referência I_{ref}: 998 W/m² ano
 +
 0,43
 +
 Área útil de Perimetros A_v: 112,8 m²
 +
 Ganhos de calor locais no caso de um/último/s Q_g: 2630,17 MW/ano

Folha de Cálculo E

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 1.213,19 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air} && 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r} && 1.273,50 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,ref} && 337,83 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air,ref} && 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r,ref} && 398,13 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} & && 0,024 \\ & && \text{m} \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1.261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & && \text{m} \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 1.213,19 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & && \text{m} \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,est} && 36.721,90 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & && 0,024 \\ & && \text{m} \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1.261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & && \text{m} \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,ref} && 337,83 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & && \text{m} \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,est,ref} && 10.225,73 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} & && 0,024 \\ & && \text{m} \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1.261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & && \text{m} \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air} && 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & && \text{m} \\ &\text{Transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento } Q_{re,air,est} && 1.825,28 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & && 0,024 \\ & && \text{m} \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1.261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & && \text{m} \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air,ref} && 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & && \text{m} \\ &\text{Transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento } Q_{re,air,est,ref} && 1.825,28 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício } && \text{Forte} \\ &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,b} && 3940,63 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação de ar } Q_{tr,r} + Q_{re,air} && 38547,18 \text{ kWh/ano} \\ & && \text{m} \\ &\text{parâmetro } \gamma && 0,10 \\ & && \text{m} \\ &\text{parâmetro } \alpha && 4,20 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{g,1}$	1,00
=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,1}$	3940,83 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,1}$	3940,59 kWh/ano

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{g,1,lim}$	0,6
=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,1,lim}$	6230,62 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,1,lim}$	3726,37 kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,e}$	36721,90 kWh/ano
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,e}$	1825,28 kWh/ano
=	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,e}$ (valor de cálculo 1.4)	3940,59 kWh/ano
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	34606,59 kWh/ano
=	
Área útil de pavimento A_p	131,30 m ²
=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c	263,57 kWh/m ² .ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,e,lim}$	10225,21 kWh/ano
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,e,lim}$	1825,28 kWh/ano
=	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,e,lim}$	3726,37 kWh/ano
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	8324,85 kWh/ano
=	
Área útil de pavimento A_p	131,30 m ²
=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c	63,40 kWh/m ² .ano

Folha de Cálculo F
LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 1\,182,92 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ra} \quad 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{tr+ra} \quad 1\,265,15 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 1\,182,92 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{int,ar} - \theta_{ext,ar}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2528 \text{ horas} \\
 &+ \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,ar} \quad 14\,100,72 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ra} \quad 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{int,ar} - \theta_{ext,ar}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2528 \text{ horas} \\
 &+ \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ra,ar} \quad 987,16 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &+ \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,br} \quad 5087,15 \text{ kWh/ano} \\
 &=
 \end{aligned}$$

F.5 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,ext}+Q_{re,ext}$ kWh/ano

=
parâmetro γ_{tr}

parâmetro α_{tr} W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_{tr}

Factor de utilização dos ganhos η_{tr}

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_{tr})$

+

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,ext}$ kWh/ano

+

Área útil de pavimento $A_{p,util}$ m²

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_{util} kWh/m².ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(E - \eta_{tr,lim})$

+

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,ext,lim}$ kWh/ano

+

Área útil de pavimento $A_{p,util}$ m²

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{util,lim}$ kWh/m².ano

Folha de Cálculo 6
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA
ANEXO D.11 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA
D.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO
D.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE INTERIORES

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidade de Energia útil $Q_{a,i}$ [kWh/m ² .ano]	ϵ_a	δ_a	Eficiência Nominal $\eta_{a,n}$	Fator de Correção $F_{a,cor}$ [kWh/kWh]	Necessidade de Energia Real $Q_{a,r}$ [kWh/m ² .ano]	Necessidade de Energia Primária $Q_{a,p}$ [kWh/m ² .ano]	SISTEMA PARA AQUECIMENTO									
									Fonte de Energia	Valor de Correção $F_{a,cor}$ [kWh/kWh]	ϵ_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,n,ref}$	Fator de Correção $F_{a,cor}$ [kWh/kWh]	Limite das Necessidades de Energia Primária $Q_{a,p,max}$ [kWh/m ² .ano]				
Sistema por default	Eletricidade	26,11	1,00	0	0	2,5	26,11	26,11	Sistema por default	Eletricidade	1,00	0	2,5	26,11				
															TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL

D.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO
D.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE INTERIORES

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidade de Energia útil $Q_{a,r}$ [kWh/m ² .ano]	ϵ_a	δ_a	Eficiência Nominal $\eta_{a,n}$	Fator de Correção $F_{a,cor}$ [kWh/kWh]	Necessidade de Energia Real $Q_{a,r}$ [kWh/m ² .ano]	Necessidade de Energia Primária $Q_{a,p}$ [kWh/m ² .ano]	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO									
									Fonte de Energia	Valor de Correção $F_{a,cor}$ [kWh/kWh]	ϵ_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,n,ref}$	Fator de Correção $F_{a,cor}$ [kWh/kWh]	Limite das Necessidades de Energia Primária $Q_{a,p,max}$ [kWh/m ² .ano]				
Sistema por default	Eletricidade	0,24	1,00	0	0	0,50	0,24	0,24	Sistema por default	Eletricidade	1,00	0	0,50	0,24				
															TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL

D.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS
D.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA
CONSUMO DE AQS
Necessidade anual de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência $M_{a,q}$ [l]

factor de correção de cada fração α [sem dimensão]

factor de eficiência térmica [sem dimensão]

consumo médio diário de referência $M_{a,q}$ [l]

Necessidade anual de energia útil para a preparação de AQS $Q_{a,q}$ [kWh/m².ano]

CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA
Necessidade anual de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência $M_{a,q}$ [l]

factor de correção de cada fração α [sem dimensão]

factor de eficiência térmica [sem dimensão]

consumo médio diário de referência $M_{a,q}$ [l]

Necessidade anual de energia útil para a preparação de AQS $Q_{a,q}$ [kWh/m².ano]

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidade de Energia útil $Q_{a,q}$ [kWh/m ² .ano]	ϵ_a	δ_a	Eficiência Nominal $\eta_{a,n}$	Fator de Correção $F_{a,cor}$ [kWh/kWh]	Necessidade de Energia Real $Q_{a,r}$ [kWh/m ² .ano]	Necessidade de Energia Primária $Q_{a,p}$ [kWh/m ² .ano]	SISTEMA PARA AQS									
									Fonte de Energia	Valor de Correção $F_{a,cor}$ [kWh/kWh]	ϵ_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,n,ref}$	Fator de Correção $F_{a,cor}$ [kWh/kWh]	Limite das Necessidades de Energia Primária $Q_{a,p,max}$ [kWh/m ² .ano]				
Sistema 1	Eletricidade	18,11	0,70	0	0,70	2,5	25,72	35,89	Sistema 1	Eletricidade	0,70	0	2,5	35,89				
															TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL

Sistema parâmetros	Energia (kWh/ano)	-	-	-	-	-	-	Consumo por edifício	Energia (kWh/ano)	-	-	-	-	-	-
		0,00	2,6	203,11	205,71	11,9	207,61			0,20	0,68	2,1	2,98	32,8	40,8

4.4 - REQUISIADOS NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia necessária necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica E_{VM} kWh/ano
 Área útil do Pavimento A_{p} m²
 Fator de Correção F_{p} kWh/m²ano
 Necessidade anual de energia primária para o sistema de ventilação: kWh/m²ano

4.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{\text{re}}/A_{\text{p}}$	Fator de Correção F_{re}	Energia primária $E_{\text{re}}/A_{\text{p}}$
	kWh/m ² ano	kWh/m ² ano	kWh/m ² ano	kWh/m ² ano
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL	0,00	0,00	1	0,00

4.6 - REQUISIADOS NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento: kWh/m²ano
 Energia primária para arrefecimento: kWh/m²ano
 Energia primária para a preparação de AQP: kWh/m²ano
 Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica: kWh/m²ano
 Energia primária proveniente de sistemas consumidores e energia renovável: kWh/m²ano
 Necessidade nominal anual global de energia primária E_{p} : kWh/m²ano

4.7 - VALORES CORRECOEIONADOS NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento: kWh/m²ano
 Energia primária para arrefecimento: kWh/m²ano
 Energia primária para a preparação de AQP: kWh/m²ano
 Valor das necessidades corrigidas anuais globais de energia primária E_{p} : kWh/m²ano

ANEXO IV – FERRAMENTA DE CÁLCULO: APLICAÇÃO DO LNEC DARA DETERMINAÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES À VENTILAÇÃO DE AMBAS AS MEDIDAS DE MELHORIA, DE ACORDO COM O REH E O RECS



1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habituação_novo_ou_grande_reabilitação
Local (município)	VILA NOVA DE GAIA
Região	A
Rugosidade	II
Altitude do local (m)	101
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	6,87
Altura da fração (H _{fra}) em m	6,87
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 ²):	131,3
Pt (m):	3,07
N.º de pisos da fração	1
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (ut0REH: 3,6) (m/s)	
Vol (m ³):	403
T _{exterior} (°C)	9,9
Zref (m)	94
Aerov/Auc:	25%
Proteção do edifício:	Desprotegido
Zona da fachada:	Inferior

2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	NE	SE	NO	SO
Área dos vãos (m ²)	6,97	9,31	5,98	10,53
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	2	2	2	2
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Baixa	Perm. Baixa	Não tem	Perm. Baixa

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 ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /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	Inclineda (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 ³ /h)				
Correção 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 ³ /h)				
Correção 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 _{edif} (h-1) - Aquecimento	0,40
R _{edif} (h-1) - Arrefecimento	0,60
W _{em} (kWh)	0,0

8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência

R _{edif,ref} (h-1)	0,40
-----------------------------	------

8.3 - Caudal mínimo de ventilação

R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,00
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério R _{ph} mínimo	Não regulamentar R _{ph} mín

Técnico: Tiago Correia

Data: 20/10/2016

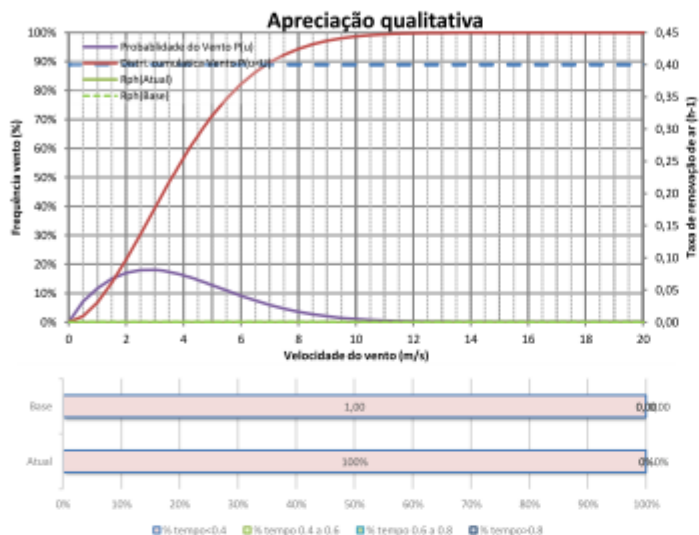
Nota: No cálculo do R_{ph} mín em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.



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:	2
---	---

Permeabilidade ao ar da envolvente:

Valor n50 recomendado para construção usual:	1,80
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	0,70
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	2,02

3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada

(Ajuda)

Índice caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,90
Dimensionar grelhas com Frinças?	Não

Caudal nominal das grelhas:	135 m3/h
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	20 Pa

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 fracção (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)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)		
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 30
Vedação das juntas janela vidro (k)	Boa		C -1
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr))	2,3	26	Ctr -3
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr))	5,3	50	IGU Rw+Correcção 27
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr))	7,5	30	Janela Rw+Correcção 26
Fachada D2m,nT,W (dB)		28	

Resultados: isolamento sonoro		
Isolamento fachada (D2m,nT,W)	28	
Isolamento mínimo requerido (D2m,nT,W)	28	Satisfatório

Síntese:

**ANEXO V – FOLHA DE CÁLCULO DESENVOLVIDA PELA ITECONS (DE ACORDO COM O REH)
PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO, NA SITUAÇÃO
PROPOSTA DE MELHORIA 1**

FICHA N.º 1
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO
DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)
 (nos termos da alínea d) do n.º 1.1)

Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia

Edifício

Empreendimento: _____ Nº de frações _____
 Morada: Rua 5 de Outubro
 Freguesia: AVINTES Concelho: Vila Nova de Gaia

Tipo de intervenção

Edifício Novo Grande intervenção
 (a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m ²)	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
-	131,30	3,07	T3

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m ² .ano))	Ni (kWh/(m ² .ano))	Nvc (kWh/(m ² .ano))	Nv (kWh/(m ² .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	E _{ren,p} (kWh/ano)	E _{ren,ext} (kWh/ano)*
-	0,00	65,59	62,66	2,27	9,13	2377	222,15	211,90	0	0

(*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(**) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E_{ren,p}.

Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico

Nome: Tiago Correia
 Inscrito na: _____ Número de inscrição: _____
 Assinatura: _____

PVE1	7,60	0,44	3,09	PVE1	7,60	0,40	3,09

		TOTAL	3,09			TOTAL	3,09

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{transmis W/m²·°C}	U.A. W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{transmis W/m²·°C}	U.A. W/°C

		TOTAL	0,00			TOTAL	0,00

vãos envidraçados exteriores	Área A m²	U W/m²·°C	U.A. W/°C	vãos envidraçados exteriores	Área A m²	U W/m²·°C	U.A. W/°C
1 (VE1)	2,38	2,00	4,74	7 (VE1)	2,80	2,00	5,57
2 (VE1)	2,32	2,00	4,61	8 (VE1)	1,78	2,00	3,58
3 (VE1)	2,47	2,00	4,94	9 (VE1)	2,80	2,00	5,58
4 (VE1)	2,60	2,00	5,20	4 (VE1)	2,67	2,00	5,33
5 (VE1)	2,60	2,00	5,20	5 (VE1)	1,67	2,00	3,33
6 (VE1)	1,40	2,00	2,80	6 (VE1)	2,00	2,00	4,00
7 (VE1)	1,40	2,00	2,80	7 (VE1)	1,15	2,00	2,27
8 (VE1)	2,67	2,00	5,33	8 (VE1)	2,67	2,00	5,33
9 (VE1)	3,42	2,00	6,87	9 (VE1)	2,34	2,00	4,67

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,ext}$ W/C

A.3 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EXT. ARREPCIMENTO

A.18 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EXT. ARREPCIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext,ext}$ W/C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{int} W/C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{int,ext}$ W/C

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{so} W/C

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{so,ext}$ W/C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,ext}$ W/C

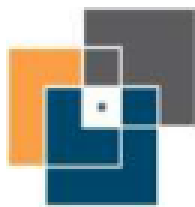
Folha de Cálculo B
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA
B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RCU} \quad 0 \\
 \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} \quad 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 + \\
 R_{RCU} \cdot A_p \cdot P_f \quad 161,24 \text{ m}^3/\text{h} \\
 = \\
 \text{factor de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{RCU} \quad 1,00 \\
 \times \\
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{in,ref} \quad 0,40 \text{ h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \quad 131,30 \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_f \quad 3,07 \text{ m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{in,ref} \quad 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{in,ref} \quad 0,40 \text{ h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \quad 131,30 \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_f \quad 3,07 \text{ m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{in,ref} \quad 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RCU} \quad 0 \\
 \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} \quad 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 + \\
 R_{RCU} \cdot A_p \cdot P_f \quad 241,85 \text{ m}^3/\text{h} \\
 = \\
 \text{factor de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{RCU} \quad 1,00 \\
 \times \\
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{in,ref} \quad 0,60 \text{ h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \quad 131,30 \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_f \quad 3,07 \text{ m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{in,ref} \quad 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$



C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{ext}} &= 130 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\ &\times \\ &0,182 \\ &\times \\ &0,2 \\ &\times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p &= 131,30 \text{ m}^2 \\ &\times \\ \text{Duração da estação de aquecimento } M &= 6,21 \text{ meses} \\ &= \\ \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol}} &= 3860,83 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int}} &= 2349,79 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g,t}} &= 6210,617098 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo E
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 362,79 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,ref} \quad 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{tr,ref} \quad 417,61 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,ref} \quad 340,09 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,ref} \quad 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{tr,ref} \quad 394,91 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &+ \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 362,79 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,ref} \quad 10\,981,28 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &+ \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,ref} \quad 340,09 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,ref} \quad 10\,094,06 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &+ \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,ref} \quad 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re,ref} \quad 1\,659,15 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &+ \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,ref} \quad 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re,ref} \quad 1\,659,15 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,b} \quad 4953,81 \text{ kWh/ano} \\
 &+ \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,ref} + Q_{re,ref} \quad 12680,43 \text{ kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \gamma_i \quad 0,32 \\
 &+ \\
 &\text{parâmetro } \alpha_i \quad 4,20 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{g,1}$	0,99
=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,1}$	4051,81 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,1}$	4028,60 kWh/ano

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{g,1,100}$	0,6
=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,1,100}$	6200,67 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,1,100}$	3726,37 kWh/ano

E.9 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,1}$	10981,28 kWh/ano
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,1}$	1659,35 kWh/ano
=	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,1}$ (falta de cálculo 1.4)	4028,60 kWh/ano
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	8612,03 kWh/ano
=	
Área útil de pavimento A_p	131,30 m ²
=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{1,1}$	65,59 kWh/m ² .ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,1,100}$	10294,06 kWh/ano
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,1,100}$	1659,35 kWh/ano
=	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,1,100}$	3726,37 kWh/ano
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	8227,04 kWh/ano
=	
Área útil de pavimento A_p	131,30 m ²
=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{1,1,100}$	62,68 kWh/m ² .ano

Folha de Cálculo F
LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_b \quad 332,52 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{v,ar} \quad 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,ar} \quad 414,75 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_b \quad 332,52 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{i,ar} - \theta_{e,ar}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2528 \text{ horas} \\
 &+ \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{t,ar} \quad 5991,83 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{v,ar} \quad 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{i,ar} - \theta_{e,ar}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2528 \text{ horas} \\
 &+ \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{v,ar} \quad 987,16 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &+ \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,ar} \quad 3553,76 \text{ kWh/ano} \\
 &+
 \end{aligned}$$

F.5 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,ext} + Q_{re,ext}$ kWh/ano

=

parâmetro ψ_p

parâmetro ψ_{av} W/°C

Factor de utilização dos ganhos $r_{g,ext}$

Factor de utilização dos ganhos $r_{g,ext}$

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$(1 - r_{g,ext})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de aquecimento $Q_{g,ext}$ kWh/ano

+

Área útil de pavimento $A_{p,ext}$ m²

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Aquecimento $N_{u,ext}$ kWh/m².ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$(1 - r_{g,ext})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de aquecimento $Q_{g,ext}$ kWh/ano

+

Área útil de pavimento $A_{p,ext}$ m²

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Aquecimento $N_{u,ext}$ kWh/m².ano

Folha de Cálculo 6

NECESIDADES NOMINALES ANLISIS GLOBAL DE ENERGIA PRIMARIA

UNITE DELA NECESIDADES NOMINALES ANLISIS GLOBAL DE ENERGIA PRIMARIA

6.1 - NECESIDADES NOMINALES DE ENERGIA PRIMARIA PARA AQUECIMIENTO

6.1 - NECESIDADES NOMINALES DE ENERGIA PRIMARIA PARA AQUECIMIENTO DE INTERIOR

DETALLE PARA AQUECIMIENTO	Fuente de Energía	Necesidades de Energía Útil $Q_{u,i}$ kWh/m ² .año	ξ_i	δ_i	Eficiencia Nominal η_i	Factor de Corrección F_{cor}	Necesidades de Energía Real $f_{i,1} Q_{u,i} / \eta_i F_{cor}$	Necesidades de Energía Primaria $f_{i,2} Q_{u,i} / \eta_i F_{cor}$	DETALLE PARA AQUECIMIENTO	Fuente de Energía	Unidad de Normalización de Energía Útil $Q_{u,i}$ kWh/m ² .año	ξ_i	Eficiencia Nominal de Referencia η_{ref}	Factor de Corrección F_{cor}	Unidad de Normalización de Energía Primaria $f_{i,2} Q_{u,i} / \eta_{ref} F_{cor}$
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		65,9	-	0	-	-	-	-			65,9	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
Sistema por defecto	Electricidad	-	1,00	-	0	2,4	800,00	143,98	Sistema por defecto	Electricidad	-	1,00	1	2,4	143,98
TOTAL								811,01	143,98						

6.2 - NECESIDADES NOMINALES DE ENERGIA PRIMARIA PARA ALFARREQUECIMIENTO

6.2 - NECESIDADES NOMINALES DE ENERGIA PRIMARIA PARA ALFARREQUECIMIENTO DE INTERIOR

DETALLE PARA ALFARREQUECIMIENTO	Fuente de Energía	Necesidades de Energía Útil $Q_{u,r}$ kWh/m ² .año	ξ_r	δ_r	Eficiencia Nominal η_r	Factor de Corrección F_{cor}	Necesidades de Energía Real $f_{r,1} Q_{u,r} / \eta_r F_{cor}$	Necesidades de Energía Primaria $f_{r,2} Q_{u,r} / \eta_r F_{cor}$	DETALLE PARA ALFARREQUECIMIENTO	Fuente de Energía	Unidad de Normalización de Energía Útil $Q_{u,r}$ kWh/m ² .año	ξ_r	Eficiencia Nominal de Referencia η_{ref}	Factor de Corrección F_{cor}	Unidad de Normalización de Energía Primaria $f_{r,2} Q_{u,r} / \eta_{ref} F_{cor}$
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		2,17	-	0	-	-	-	-			2,17	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
Sistema por defecto	Electricidad	-	1,00	-	0	2,4	0,00	0,00	Sistema por defecto	Electricidad	-	1,00	1	2,4	0,00
TOTAL								0,00	0,00						

6.3 - NECESIDADES NOMINALES DE ENERGIA PRIMARIA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE

6.3 - NECESIDADES NOMINALES DE ENERGIA PRIMARIA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE DE INTERIOR

CONSUMO DE AGUA

Necesidades anuales de energía útil para producción de AGUA

consumo medio diario de referencia M_{ref}

coeficiente de seguridad de cada fracción α_i incrementos

factor de eficiencia térmica

consumo medio diario de referencia MAG

cantidad de agua de cada fracción Q_i incrementos

temperatura de referencia T_{ref} °C

coeficiente de consumo días

consumo A_0 m³

Necesidades anuales de energía útil para producción de AGUA $Q_{u,h}$ kWh/m².año

CONSUMO DE AGUA DE REFRIGERACION

Necesidades anuales de energía útil para producción de AGUA

consumo medio diario de referencia M_{ref}

coeficiente de seguridad de cada fracción α_i incrementos

factor de eficiencia térmica

consumo medio diario de referencia MAG

cantidad de agua de cada fracción Q_i incrementos

temperatura de referencia T_{ref} °C

coeficiente de consumo días

consumo A_0 m³

Necesidades anuales de energía útil para producción de AGUA $Q_{u,h}$ kWh/m².año

DETALLE PARA AGUA	Fuente de Energía	Necesidades de Energía Útil $Q_{u,h}$ kWh/m ² .año	ξ_h	δ_h	Eficiencia Nominal η_h	Factor de Corrección F_{cor}	Necesidades de Energía Real $f_{h,1} Q_{u,h} / \eta_h F_{cor}$	Necesidades de Energía Primaria $f_{h,2} Q_{u,h} / \eta_h F_{cor}$	DETALLE PARA AGUA	Fuente de Energía	Unidad de Normalización de Energía Útil $Q_{u,h}$ kWh/m ² .año	ξ_h	Eficiencia Nominal de Referencia η_{ref}	Factor de Corrección F_{cor}	Unidad de Normalización de Energía Primaria $f_{h,2} Q_{u,h} / \eta_{ref} F_{cor}$
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		18,11	-	0	-	-	-	-			18,11	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
Sistema 1	Electricidad	-	0,70	-	0,70	2,4	137,29	40,00	Sistema 1	Electricidad	-	0,70	0,70	2,4	34,70
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-

Sistema parâmetros	FRAC/CO2	CO2	0,06	2,6	676,83	1298	Sistema parâmetros	FRAC/CO2	CO2	0,07	0,06	2,6	676,83	1298
				TOTL	TOTL	TOTL						TOTL	TOTL	TOTL

0.4 - REQUISITOS NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia necessária para funcionamento do sistema de ventilação mecânica $E_{v,me}$ kWh/ano

Área útil do pavimento $A_{p,u}$ m²

Fator de Correção F_{cor} kWh_{me}/kWh

Densidade anual de energia primária para o sistema de ventilação $E_{v,me}/A_{p,u}$ kWh_{me}/m².ano

0.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{re}/A_{p,u}$	Fator de Correção	Energia primária
	kWh/m ² .ano	kWh/m ² .ano	F_{cor}	$E_{re}/A_{p,u}$
			kWh _{re} /kWh	kWh _{re} /m ² .ano
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL	0,00	0,00	1	0,00
			TOTL	0,00

0.6 - REQUISITOS NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{me}/m².ano

Energia primária para arrefecimento kWh_{me}/m².ano

Energia primária para a preparação de ACS kWh_{me}/m².ano

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh_{me}/m².ano

Energia primária proveniente de sistemas concorrentes a energia renovável kWh_{me}/m².ano

Densidade nominal anual global de energia primária $E_{p,nom}$ kWh_{me}/m².ano

0.7 - LIMITES DAS REQUISITOS NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{me}/m².ano

Energia primária para arrefecimento kWh_{me}/m².ano

Energia primária para a preparação de ACS kWh_{me}/m².ano

Limite das densidades nominais anual global de energia primária $E_{p,nom}$ kWh_{me}/m².ano

**ANEXO VI – FOLHA DE CÁLCULO DESENVOLVIDA PELA ITECONS (DE ACORDO COM O REH)
PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO, NA SITUAÇÃO
PROPOSTA DE MELHORIA 2**

FICHA N.º 1
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO
DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)
 (nos termos da alínea d) do n.º 1.1)

Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia

Edifício

Empreendimento: _____ Nº de frações _____
 Morada: Rua 5 de Outubro
 Freguesia: AVINTES Concelho: Vila Nova de Gaia

Tipo de intervenção

Edifício Novo Grande intervenção
 (a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m ²)	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
-	131,30	3,07	T3

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m ² .ano))	Ni (kWh/(m ² .ano))	Nvc (kWh/(m ² .ano))	Nv (kWh/(m ² .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	E _{ren,p} (kWh/ano)	E _{ren,ext} (kWh/ano)*
-	0,00	65,58	62,66	1,44	9,13	2377	222,13	211,90	0	0

(*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(**) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E_{ren,p}.

Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico

Nome: Tiago Correia
 Inscrito na: _____ Número de inscrição: _____
 Assinatura: _____

PVE1	7,60	0,44	3,08	PVE1	7,60	0,40	3,08
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
TOTAL			3,08	TOTAL			3,08

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{transmis W/m²·°C}	U·A W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{transmis W/m²·°C}	U·A W/°C
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

vãos envidraçados exteriores	Área A m ²	U W/m ² ·°C	U·A W/°C	vãos envidraçados exteriores	Área A m ²	U W/m ² ·°C	U·A W/°C
1 (VE1)	2,38	2,30	5,44	7 (VE1)	2,80	2,80	5,11
2 (VE1)	2,32	2,30	5,11	8 (VE1)	2,78	2,80	4,98
3 (VE1)	2,47	2,30	5,68	9 (VE1)	2,88	2,80	5,98
4 (VE1)	2,60	2,30	4,85	4 (VE1)	2,67	2,80	4,59
5 (VE1)	2,60	2,30	4,85	5 (VE1)	2,67	2,80	4,59
6 (VE1)	1,40	2,30	3,04	6 (VE1)	2,68	2,80	2,98
7 (VE1)	1,40	2,30	3,28	7 (VE1)	2,15	2,80	3,21
8 (VE1)	2,51	2,30	3,80	8 (VE1)	2,67	2,80	5,68
9 (VE1)	3,42	2,30	7,87	9 (VE1)	2,74	2,80	7,67

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$ W/C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$ W/C

A.3 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EXT. ARREPCIMENTO

A.18 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EXT. ARREPCIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{int} W/C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{int} W/C

+

Coefficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o solo H_{so} W/C

+

Coefficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o solo H_{so} W/C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$ W/C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$ W/C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 \frac{1}{-} \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RCU} \frac{0}{\times} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} \frac{0}{+} \text{ m}^3/\text{h} \\
 R_{RCU} A_p P_d \frac{161,24}{=} \text{ m}^3/\text{h} \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{RCU} \frac{1,00}{\times} \\
 0,34 \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{in,ref} \frac{0,40}{\times} \text{ h}^{-1} \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \frac{131,30}{\times} \text{ m}^2 \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \frac{3,07}{=} \text{ m} \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{in,ref} \frac{54,82}{=} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 \frac{0,34}{\times} \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{in,ref} \frac{0,40}{\times} \text{ h}^{-1} \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \frac{131,30}{\times} \text{ m}^2 \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \frac{3,07}{=} \text{ m} \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{in,ref} \frac{54,82}{=} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 \frac{1}{-} \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RCU} \frac{0}{\times} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} \frac{0}{+} \text{ m}^3/\text{h} \\
 R_{RCU} A_p P_d \frac{241,85}{=} \text{ m}^3/\text{h} \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{RCU} \frac{1,00}{\times} \\
 0,34 \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{in,ref} \frac{0,60}{\times} \text{ h}^{-1} \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \frac{131,30}{\times} \text{ m}^2 \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \frac{3,07}{=} \text{ m} \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{in,ref} \frac{82,23}{=} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul $G_{v,0}$	130	kWh/m ² .mês
	\times	
	0,182	
	\times	
	0,2	
	\times	
Área útil de pavimento A_p	131,30	m ²
	\times	
Duração da estação de aquecimento M	6,21	meses
	=	
Ganhos solares brutos $Q_{s,0}$	3860,83	kWh/ano
	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,0}$	2349,79	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,0}$	6210,617098	kWh/ano

				604			
							008

Ganhos solares livres pelas aberturas da envolvente exterior: $1140,18$ MW/ano
 $+$
 Ganhos solares livres pelas aberturas da envolvente interna: $41,08$ MW/ano
 $+$
 Ganhos solares livres $Q_{s,0}$: $1181,26$ MW/ano

0.1 - GANHOS TÉRMICOS BAIXOS

Ganhos internos livres $Q_{i,0}$: $1112,79$ MW/ano
 $+$
 Ganhos solares livres $Q_{s,0}$: $2116,89$ MW/ano
 $+$
 Ganhos térmicos livres $Q_{t,0}$: $1112,80$ MW/ano

0.2 - GANHOS TÉRMICOS BAIXOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos referidos $q_{i,ref}$: 0 W/m²
 $+$
 Densidade de fluxo de ar referenciado $I_{a,ref}$: $26,38$ W/m²
 $+$
 1000
 $+$
 Fluxo solar referido $q_{s,ref}$: $0,41$ W/m²
 $+$
 A_{ext}/A_{int} : $0,7$
 $+$
 Densidade calor referida de referência $I_{t,ref}$: $0,98$ W/m² ano
 $+$
 $0,8,00$ W/m² ano
 $+$
 Área útil de pavimento A_p : $111,3$ m²
 $+$
 Ganhos de calor livres de referência de pavimento $Q_{t,ref}$: $7870,77$ W/ano

Folha de Cálculo E

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 562,74 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air} && 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r} && 617,56 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,ref} && 340,09 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air,ref} && 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r,ref} && 394,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ & \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 562,74 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,est} && 10\,979,82 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ & \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,ref} && 340,09 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,est,ref} && 10\,294,09 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ & \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air} && 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento } Q_{re,est} && 1\,659,15 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ & \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air,ref} && 54,82 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento } Q_{re,est,ref} && 1\,659,15 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício} && \text{Forte} \\ & \times \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,br} && 4051,81 \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação de ar } Q_{tr,r} + Q_{re,r} && 12639,17 \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{parâmetro } \gamma && 0,32 \\ & \times \\ & \text{parâmetro } \alpha && 4,20 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{g,1}$	0,99
=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,1}$	4051,81 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,1}$	4028,59 kWh/ano

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{g,1,lim}$	0,6
=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,1,lim}$	6219,67 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,1,lim}$	3726,37 kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,1}$	10979,82 kWh/ano
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,1}$	1659,35 kWh/ano
=	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,1}$	4028,59 kWh/ano
(valor de cálculo 1.4)	
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	8609,58 kWh/ano
=	
Área útil de pavimento A_p	131,30 m ²
=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c	65,58 kWh/m ² .ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,1,lim}$	10294,03 kWh/ano
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,1,lim}$	1659,35 kWh/ano
=	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,1,lim}$	3726,37 kWh/ano
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	8227,06 kWh/ano
=	
Área útil de pavimento A_p	131,30 m ²
=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_l	62,68 kWh/m ² .ano

Folha de Cálculo F
LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 332,47 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ra} \quad 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{tr+ra} \quad 414,70 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 332,47 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{int} - \theta_{ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2528 \text{ horas} \\
 &+ \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr} \quad 3991,25 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ra} \quad 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{int} - \theta_{ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2528 \text{ horas} \\
 &+ \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ra} \quad 987,16 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &+ \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,b} \quad 3161,86 \text{ kWh/ano} \\
 &+ \\
 &=
 \end{aligned}$$

F.5 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,ext} + Q_{re,ext}$ kWh/ano

=

parâmetro ψ_p

parâmetro ψ_{av} W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_g

Factor de utilização dos ganhos η_g

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$(1 - \eta_g)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de aquecimento $Q_{g,br}$ kWh/ano

+

Área útil de pavimento A_p m²

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Aquecimento $N_{e,util}$ kWh/m².ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$(1 - \eta_{g,lim})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de aquecimento $Q_{g,br}$ kWh/ano

+

Área útil de pavimento A_p m²

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Aquecimento $N_{e,util}$ kWh/m².ano

Folha de Cálculo 6

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

UNITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

6.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

6.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidade de Energia Útil Q_u kWh/m ² .ano	ξ	δ	Eficiência Nominal η_n	Factor de Correção F_{cor}	Necessidade de Energia Final E_{EF} kWh/m ² .ano	Necessidade de Energia Primária E_{EP} kWh/m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Valor das Necessidades de Energia Útil Q_u kWh/m ² .ano	ξ	Eficiência Nominal de Referência η_{ref}	Factor de Correção F_{cor}	Valor das Necessidades de Energia Primária E_{EP} kWh/m ² .ano
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		15,04	-	0	-	-	-	-			15,04	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
Sistema por default	Energia elétrica	-	1,00	-	0	0,9	16,74	18,59	Sistema por default	Energia elétrica	-	1,00	1	0,9	18,59
TOTAL								TOTAL							

6.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

6.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidade de Energia Útil Q_u kWh/m ² .ano	ξ	δ	Eficiência Nominal η_n	Factor de Correção F_{cor}	Necessidade de Energia Final E_{EF} kWh/m ² .ano	Necessidade de Energia Primária E_{EP} kWh/m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Valor das Necessidades de Energia Útil Q_u kWh/m ² .ano	ξ	Eficiência Nominal de Referência η_{ref}	Factor de Correção F_{cor}	Valor das Necessidades de Energia Primária E_{EP} kWh/m ² .ano
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		1,44	-	0	-	-	-	-			1,44	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
Sistema por default	Energia elétrica	-	1,00	-	0	0,4	3,60	3,60	Sistema por default	Energia elétrica	-	1,00	1	0,4	3,60
TOTAL								TOTAL							

6.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PREVENÇÃO DE GELO

6.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PREVENÇÃO DE GELO DE ARREFECIMENTO

CONSUMO DE GELO

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de GELO

consumo médio diário de referência M_{ref} t

coeficiente de segurança de cada fração α unidades

factor de eficiência térmica unidades

consumo médio diário de referência M_{ref} t

tempo de armazenamento de referência M_{ref} t

temperatura de referência T_{ref} °C

temperatura de armazenamento T_{st} °C

tempo de armazenamento t_{st} dias

potência P_{ref} kW

Necessidades anuais de energia elétrica para a preparação de GELO $Q_{el,GE}$ kWh/m².ano

CONSUMO DE GELO DE ARREFECIMENTO

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de GELO

consumo médio diário de referência M_{ref} t

coeficiente de segurança de cada fração α unidades

factor de eficiência térmica unidades

consumo médio diário de referência M_{ref} t

tempo de armazenamento de referência M_{ref} t

temperatura de referência T_{ref} °C

temperatura de armazenamento T_{st} °C

tempo de armazenamento t_{st} dias

potência P_{ref} kW

Necessidades anuais de energia elétrica para a preparação de GELO $Q_{el,GE}$ kWh/m².ano

SISTEMA PARA GELO	Fonte de Energia	Necessidade de Energia Útil Q_u kWh/m ² .ano	ξ	δ	Eficiência Nominal η_n	Factor de Correção F_{cor}	Necessidade de Energia Final E_{EF} kWh/m ² .ano	Necessidade de Energia Primária E_{EP} kWh/m ² .ano	SISTEMA PARA GELO	Fonte de Energia	Valor das Necessidades de Energia Útil Q_u kWh/m ² .ano	ξ	Eficiência Nominal de Referência η_{ref}	Factor de Correção F_{cor}	Valor das Necessidades de Energia Primária E_{EP} kWh/m ² .ano
Sistema 1	Eletricidade	-	0,70	-	0,70	0,9	137,29	45,24	Sistema 1	Eletricidade	-	0,70	0,70	0,9	45,24
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		18,11	-	0	-	-	-	-			18,11	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-

Sistema parâmetros	Exatidão	-	-	-	-	-	-	Sistema parâmetros	Exatidão	-	-	-	-	-	-
		0,27	0,06	2,8	0,76,81	1,04	1,04			0,27	0,06	2,8	0,76,81	1,04	1,04
		TOTL	TOTL	TOTL	TOTL	TOTL	TOTL			TOTL	TOTL	TOTL	TOTL	TOTL	TOTL

0.4 - RECEBIMENTO NOMINAL DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia disponível para aquecimento do funcionamento do sistema de ventilação mecânica $E_{a,vent}$ kWh/ano
 Área útil do Pavimento $A_{p,vent}$ m²
 Fator de Correção $F_{p,vent}$ kWh_{vent}/ano
 Disponibilidade anual de energia primária para o sistema de ventilação $E_{a,vent,dis}$ kWh_{vent}/ano

0.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{a,ren}/A_p$	Fator de Correção	Energia primária
		kWh/m ² .ano	$F_{p,ren}$	$E_{a,ren}$
			kWh _{ren} /kWh	kWh _{ren} /m ² .ano
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
TOTAL		0,00	1	0,00
			TOTL	0,00

0.6 - RECEBIMENTO NOMINAL ANUAL GLOBAL DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento $E_{a,heat}$ kWh_{heat}/m².ano
 Energia primária para arrefecimento $E_{a,cool}$ kWh_{cool}/m².ano
 Energia primária para a preparação de ACS $E_{a,hot}$ kWh_{hot}/m².ano
 Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica $E_{a,vent}$ kWh_{vent}/m².ano
 Energia primária proveniente de sistemas concorrentes a energia renovável $E_{a,con}$ kWh_{con}/m².ano
 Disponibilidade nominal anual global de energia primária $E_{a,global}$ kWh_{global}/m².ano

0.7 - LIMITES DAS RECEBIMENTOS NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento $E_{a,heat}$ kWh_{heat}/m².ano
 Energia primária para arrefecimento $E_{a,cool}$ kWh_{cool}/m².ano
 Energia primária para a preparação de ACS $E_{a,hot}$ kWh_{hot}/m².ano
 Limite das disponibilidades nominais anual global de energia primária $E_{a,global}$ kWh_{global}/m².ano

**ANEXO VII – FOLHA DE CÁLCULO DESENVOLVIDA PELA ITECONS (DE ACORDO COM O REH)
PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO, NA SITUAÇÃO
PROPOSTA DE ADITAMENTO À MEDIDA DE MELHORIA 1**

FICHA N.º 1
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO
DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)
 (nos termos da alínea d) do n.º 1.1)

Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia

Edifício

Empreendimento: _____ Nº de fracções: _____
 Morada: Rua 5 de Outubro
 Freguesia: AVINTES Concelho: Vila Nova de Gaia

Tipo de intervenção

Edifício Novo Grande intervenção
 (a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m ²)	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
-	131,30	3,07	T3

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m ² .ano))	Ni (kWh/(m ² .ano))	Nvc (kWh/(m ² .ano))	Nv (kWh/(m ² .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	E _{ren,p} (kWh/ano)	E _{ren,est} (kWh/ano)(**)
-	0,00	75,95	63,92	1,09	9,13	2377	248,04	215,06	0	0

(*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(**) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E_{ren,p}.

Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico

Nome: Tiago Correia
 Inscrito na: _____ Número de inscrição: _____
 Assinatura _____

PNE1	2,63	0,44	3,08	PNE1	2,63	0,40	3,03
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
		TOTAL	3,08			TOTAL	3,03

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{convectivo W/m²°C}	U.A. W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{convectivo W/m²°C}	U.A. W/°C
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
		TOTAL	0,98			TOTAL	0,98

vãos envidraçados exteriores	Área A m ²	U W/m ² °C	U.A. W/°C	vãos envidraçados exteriores	Área A m ²	U W/m ² °C	U.A. W/°C
1 (PNE1)	2,38	3,40	7,95	1 (PNE1)	2,38	2,80	6,11
2 (PNE1)	2,32	3,40	7,55	2 (PNE1)	1,78	2,80	4,98
3 (PNE1)	2,47	3,40	8,40	3 (PNE1)	2,88	2,80	6,94
4 (PNE1)	2,80	3,40	9,52	4 (PNE1)	2,82	2,80	7,29
5 (PNE1)	2,80	3,40	9,52	5 (PNE1)	3,62	2,80	10,14
6 (PNE1)	1,10	3,40	3,74	6 (PNE1)	2,88	2,80	7,98
7 (PNE1)	1,40	3,40	4,76	7 (PNE1)	1,35	2,80	3,77
8 (PNE1)	2,50	3,40	8,50	8 (PNE1)	2,88	2,80	7,98
9 (PNE1)	3,40	3,40	11,56	9 (PNE1)	2,38	2,80	6,67

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,ext}$ W/C

A.3 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EXT. ARREPCIMENTO

A.18 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EXT. ARREPCIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext,ext}$ W/C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{int} W/C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{ext,int}$ W/C

+

Coefficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o solo H_{so} W/C

+

Coefficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o solo $H_{so,ext}$ W/C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,ext}$ W/C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{s,c,u} = \frac{0}{1} \\
 & \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} = \frac{0}{177,36} \text{ m}^3/\text{h} \\
 & \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{s,c,u} = \frac{1,00}{1,00} \\
 & \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{s,c,u} = \frac{0,44}{131,30} \text{ h}^{-1} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = 131,30 \text{ m}^2 \\
 & \text{Pé direito médio da fração } P_f = 3,07 \text{ m} \\
 & \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{s,c,u} = 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{s,c,u,ref} = \frac{0,44}{131,30} \text{ h}^{-1} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = 131,30 \text{ m}^2 \\
 & \text{Pé direito médio da fração } P_f = 3,07 \text{ m} \\
 & \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{s,c,u,ref} = 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{s,c,u} = \frac{0}{1} \\
 & \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} = \frac{0}{241,85} \text{ m}^3/\text{h} \\
 & \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{s,c,u} = \frac{1,00}{1,00} \\
 & \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{s,c,u} = \frac{0,69}{131,30} \text{ h}^{-1} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = 131,30 \text{ m}^2 \\
 & \text{Pé direito médio da fração } P_f = 3,07 \text{ m} \\
 & \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{s,c,u} = 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul $G_{v,0}$	130	kWh/m ² .mês
	\times	
	0,182	
	\times	
	0,2	
	\times	
Área útil de pavimento A_p	131,30	m ²
	\times	
Duração da estação de aquecimento M	6,21	meses
	=	
Ganhos solares brutos $Q_{s,0}$	3860,83	kWh/ano
	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,0}$	2349,79	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,0}$	6210,617098	kWh/ano

Folha de Cálculo E

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 598,86 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air} && 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r} && 659,16 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,ref} && 340,09 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air,ref} && 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r,ref} && 400,39 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ & \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 598,86 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,est} && 12\,073,05 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ & \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,ref} && 340,09 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,est,ref} && 10\,294,06 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ & \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air} && 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento } Q_{re,est} && 1\,825,28 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ & \times \\ & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD && 1\,261 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ & \times \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação de ar } H_{re,air,ref} && 60,30 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento } Q_{re,est,ref} && 1\,825,28 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício} && \text{Forte} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,b} && 3940,83 \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação de ar } Q_{tr,est} + Q_{re,est} && 13898,33 \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{parâmetro } \gamma && 0,28 \\ & \text{parâmetro } \alpha && 4,20 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos η_i	1,00
=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	3940,63 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u}$	3926,63 kWh/ano

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{g,est}$	0,6
=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,est}$	6200,67 kWh/ano
=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,est}$	3726,37 kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,est}$	12073,05 kWh/ano
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,est}$	1825,28 kWh/ano
=	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u}$ (faltou de cálculo 1.4)	3926,63 kWh/ano
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	9971,70 kWh/ano
=	
Área útil de pavimento A_p	131,30 m ²
=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_e	75,95 kWh/m ² .ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,est}$	10204,06 kWh/ano
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,est}$	1825,28 kWh/ano
=	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,est}$	3726,37 kWh/ano
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	8302,97 kWh/ano
=	
Área útil de pavimento A_p	131,30 m ²
=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_e	63,97 kWh/m ² .ano

Folha de Cálculo F
LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 368,58 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ra} \quad 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{tr+a} \quad 450,82 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 368,58 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(R_{int} - R_{ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2528 \text{ horas} \\
 &+ \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr} \quad 4\,424,83 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ra} \quad 82,23 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(R_{int} - R_{ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2528 \text{ horas} \\
 &+ \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ra} \quad 987,16 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &+ \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,b} \quad 3345,07 \text{ kWh/ano} \\
 &+ \\
 &=
 \end{aligned}$$

F.5 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Transferência de calor por transmissão e por renovação de ar $Q_{tr,ext} + Q_{re,ext}$ kWh/ano

=

parâmetro ψ_{tr}

parâmetro ΔT W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_g

Factor de utilização dos ganhos η_g

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$(1 - \eta_g)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de aquecimento $Q_{g,br}$ kWh/ano

+

Área útil de pavimento A_p m²

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Aquecimento $N_{u,est}$ kWh/m².ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$(1 - \eta_{g,lim})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de aquecimento $Q_{g,br}$ kWh/ano

+

Área útil de pavimento A_p m²

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Aquecimento $N_{u,lim}$ kWh/m².ano

Sistema parâmetros	ESQ/CO2	CO2	EM	UE	EMEM	UEM		Sistema parâmetros	ESQ/CO2	CO2	EM	UE	EMEM	UEM

0.4 - REQUISITOS NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia necessária para funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{vm} kWh/ano

Área útil do pavimento A_p m²

Fator de Correção F_{cor} kWh_{eq}/kWh

Densidade anual de energia primária para o sistema de ventilação W_{vm}/A_p kWh_{eq}/m².ano

0.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p	Fator de Correção F_{cor}	Energia primária E_{ren}/A_p
	kWh/m ² .ano	kWh/m ² .ano	kWh _{eq} /kWh	kWh _{eq} /m ² .ano
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL	0.00	0.00	1	0.00
			TOTAL	0.00

0.6 - REQUISITOS NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{eq}/m².ano

Energia primária para arrefecimento kWh_{eq}/m².ano

Energia primária para a preparação de ACS kWh_{eq}/m².ano

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh_{eq}/m².ano

Energia primária proveniente de sistemas concorrentes a energia renovável kWh_{eq}/m².ano

Densidade nominal anual global de energia primária H_p kWh_{eq}/m².ano

0.7 - LIMITES DAS REQUISITOS NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{eq}/m².ano

Energia primária para arrefecimento kWh_{eq}/m².ano

Energia primária para a preparação de ACS kWh_{eq}/m².ano

Limite das densidades nominais anual global de energia primária H_p kWh_{eq}/m².ano

**ANEXO VIII – CUSTOS DO MATERIAL E MÃO DE OBRA NECESSÁRIOS PARA A EXECUÇÃO DAS
MEDIDAS DE MELHORIA**

ANEXO VIII.A – CUSTOS RELATIVOS À MEDIDA DE MELHORIA 1

ZFF005

m²

**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 **directa de argamassa industrial para estuque, tipo GP CSIV W0, segundo EN 998-1, cor cinzento**, espessura **15 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
mt28mon210o	kg	Argamassa industrial para estuque, tipo GP CSIV W0, segundo EN 998-1, cor cinzento, composta por cimento de alta resistência, inertes seleccionados e outros aditivos.	27,000	0,14	3,78
mt28mon040a	m ²	Malha de fibra de vidro, de 10x10 mm de vão de malha, anti-álcalis, de 200 a 250 g/m ² de massa superficial e 750 a 900 microns de espessura, com 25 kp/cm ² de resistência à tracção, para armar argamassas monomassa.	0,200	2,41	0,48
mo113	h	Operário não qualificado construção.	0,781	15,82	12,36
mo039	h	Oficial de 1ª rebocador.	0,284	16,85	4,79
mo111	h	Operário especializado rebocador.	0,284	16,02	4,55
	%	Custos directos complementares	2,000	25,96	0,52
				Total:	26,48

Referência e título da norma	Aplicabilidade(a)	Obrigatoriedade(b)	Sistema(c)
EN 998-1:2010 Especificação de argamassas para alvenarias - Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores	162011	162012	4

(a) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(b) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(c) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho

ZFF020

m²

**Sistema ETICS Isoflex
"ISOVER" para isolamento
térmico pelo exterior de
fachada existente.**

Reabilitação energética de fachada, através de isolamento térmico pelo exterior, com o sistema Isoflex "ISOVER", composto por: painel rígido de lã de rocha vulcânica de alta densidade, não revestido, Isoflex "ISOVER", de 80 mm de espessura, fixado ao suporte através argamassa polimérica de altas prestações, Weber.therm Base, "WEBER CEMARKSA", cor cinzento e fixações mecânicas com bucha de expansão e prego de polipropileno; camada de regularização de argamassa polimérica de altas prestações, Weber.therm Base, "WEBER CEMARKSA", cor cinzento, armada com malha de fibra de vidro, de 10x10 mm de vão de malha, anti-álcalis, de 200 a 250 g/m² de massa superficial e 750 a 900 microns de espessura; revestimento formado por argamassa monomassa de ligantes mistos, para a impermeabilização e decoração de fachadas, Weber.pral Clima "WEBER CEMARKSA", acabamento raspado, cor Polar.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt28mop080h	m	Perfil de arranque de alumínio, de 80 mm de largura, para nivelção e suporte dos painéis isolantes dos sistemas de isolamento térmico pelo exterior sobre a linha de soco.	0,600	12,74	7,64
mt28mpc020a	kg	Argamassa polimérica de altas prestações, para a fixação e regularização de placas de isolamento térmico, Weber.therm Base "WEBER CEMARKSA", cor cinzento, composto de cimento cinzento, resinas hidrófugas redispersáveis, inertes de granulometria compensada, aditivos e cargas minerais. Segundo EN 998-1.	10,750	0,68	7,31
mt16lri100u	m ²	Painel rígido de lã de rocha vulcânica de alta densidade, não revestido, Isoflex "ISOVER", de 80 mm de espessura, segundo EN 13162, resistência térmica 2,2 m ² C/W, condutibilidade térmica 0,036 W/(m°C), Euroclasse A1 de reacção ao fogo, de aplicação como isolante térmico e acústico em sistemas compostos de isolamento pelo exterior de fachadas.	1,050	16,95	17,80
mt16aaa021a	Ud	Bucha de expansão e prego de polipropileno, com aro de estanquidade, para fixação mecânica de painéis isolantes.	6,000	0,08	0,48
mt28mop070d	m	Perfil de canto de PVC com malha, para remate lateral.	0,300	3,10	0,93
mt28mon040a	m ²	Malha de fibra de vidro, de 10x10 mm de vão de malha, anti-álcalis, de 200 a 250 g/m ² de massa superficial e 750 a 900 microns de espessura, com 25 kp/cm ² de resistência à tracção, para armar argamassas monomassa.	1,050	2,41	2,53
mt28mpc010aa1a	kg	Argamassa monomassa de ligantes mistos, para a impermeabilização e decoração de fachadas, Weber.pral Clima "WEBER CEMARKSA", acabamento raspado, cor Polar, composto de cimento branco, cal, resinas hidrófugas redispersáveis, inertes de granulometria compensada, aditivos orgânicos e pigmentos minerais. Segundo EN 998-1.	14,500	0,63	9,14
mo054	h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0,109	17,41	1,90
mo101	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,109	16,45	1,79
mo039	h	Oficial de 1ª rebocador.	0,656	16,85	11,05
mo079	h	Ajudante de rebocador.	0,656	16,14	10,59
	%	Custos directos complementares	2,000	71,16	1,42
Custo de manutenção decenal: 4,73€ nos primeiros 10 anos.				Total:	72,58

Referência e título da norma	Aplicabilidade(a)	Obrigatoriedade(b)	Sistema(c)
EN 998-1:2010 Especificação de argamassas para alvenarias - Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores	162011	162012	4
EN 13162:2012 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios - Produtos manufacturados de lã mineral (MW) - Especificação	192013	192013	

(a) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(b) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(c) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho

ZFF020

m²

Sistema ETICS Isoflex
"ISOVER" para isolamento
térmico pelo exterior de
fachada existente.

Reabilitação energética de fachada, através de isolamento térmico pelo exterior, com o sistema Isoflex "ISOVER", composto por: painel rígido de lâ de rocha vulcânica de alta densidade, não revestido, Isoflex "ISOVER", de 60 mm de espessura, fixado ao suporte através argamassa polimérica de altas prestações, Weber.therm Base, "WEBER CEMARKSA", cor cinzento e fixações mecânicas com bucha de expansão e prego de polipropileno; camada de regularização de argamassa polimérica de altas prestações, Weber.therm Base, "WEBER CEMARKSA", cor cinzento, armada com malha de fibra de vidro, de 10x10 mm de vão de malha, anti-álcalis, de 200 a 250 g/m² de massa superficial e 750 a 900 microns de espessura; revestimento formado por argamassa monomassa de ligantes mistos, para a impermeabilização e decoração de fachadas, Weber.pral Clima "WEBER CEMARKSA", acabamento raspado, cor Polar.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt28mop080f	m	Perfil de arranque de alumínio, de 60 mm de largura, para nivelção e suporte dos painéis isolantes dos sistemas de isolamento térmico pelo exterior sobre a linha de soco.	0,600	11,20	6,72
mt28mpc020a	kg	Argamassa polimérica de altas prestações, para a fixação e regularização de placas de isolamento térmico, Weber.therm Base "WEBER CEMARKSA", cor cinzento, composto de cimento cinzento, resinas hidrófugas redispersáveis, inertes de granulometria compensada, aditivos e cargas minerais. Segundo EN 998-1.	10,750	0,68	7,31
mt16lri100t	m ²	Painel rígido de lâ de rocha vulcânica de alta densidade, não revestido, Isoflex "ISOVER", de 60 mm de espessura, segundo EN 13162, resistência térmica 1,65 m ² °C/W, condutibilidade térmica 0,036 W/(m°C), Euroclasse A1 de reacção ao fogo, de aplicação como isolante térmico e acústico em sistemas compostos de isolamento pelo exterior de fachadas.	1,050	12,85	13,49
mt16aaa021a	Ud	Bucha de expansão e prego de polipropileno, com aro de estanquidade, para fixação mecânica de painéis isolantes.	6,000	0,08	0,48
mt28mop070d	m	Perfil de canto de PVC com malha, para remate lateral.	0,300	3,10	0,93
mt28mon040a	m ²	Malha de fibra de vidro, de 10x10 mm de vão de malha, anti-álcalis, de 200 a 250 g/m ² de massa superficial e 750 a 900 microns de espessura, com 25 kp/cm ² de resistência à tracção, para armar argamassas monomassa.	1,050	2,41	2,53
mt28mpc010aa1a	kg	Argamassa monomassa de ligantes mistos, para a impermeabilização e decoração de fachadas, Weber.pral Clima "WEBER CEMARKSA", acabamento raspado, cor Polar, composto de cimento branco, cal, resinas hidrófugas redispersáveis, inertes de granulometria compensada, aditivos orgânicos e pigmentos minerais. Segundo EN 998-1.	14,500	0,63	9,14
mo054	h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0,109	17,41	1,90
mo101	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,109	16,45	1,79
mo039	h	Oficial de 1ª rebocador.	0,656	16,85	11,05
mo079	h	Ajudante de rebocador.	0,656	16,14	10,59
	%	Custos directos complementares	2,000	65,93	1,32
Custo de manutenção decenal: 4,38€ nos primeiros 10 anos.				Total:	67,25

Referência e título da norma	Aplicabilidade(a)	Obrigatoriedade(b)	Sistema(c)
EN 998-1:2010 Especificação de argamassas para alvenarias - Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores	162011	162012	4
EN 13162:2012 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios - Produtos manufacturados de lâ mineral (MW) - Especificação	192013	192013	

(a) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(b) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(c) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho

Reabilitação energética através do sistema "ROCKWOOL" de isolamento termo-acústico pelo interior, sob a laje plano, através da colocação de painel semi-rígido de lã de rocha vulcânica Rockcalm -E- 211 "ROCKWOOL", segundo EN 13162, não revestido, de 40 mm de espessura, fixado mecanicamente; tecto falso contínuo com ancoragens directas liso (12,5+27+27), com uma placa de gesso laminado A / EN 520 - 1200 / comprimento / 12,5 / bordo afinado, fixada a mestras separadas 1000 mm entre eixos e fixadas à laje ou elemento de suporte através de ancoragens directas; e camada de tinta plástica com textura lisa, cor branca, acabamento mate, com uma demão de primário com primário à base de copolímeros acrílicos em suspensão aquosa e duas demãos de acabamento com tinta plástica (rendimento: 0,187 l/m² cada demão).

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16lrw030dbu	m ²	Painel semi-rígido de lã de rocha vulcânica Rockcalm -E- 211 "ROCKWOOL", segundo EN 13162, não revestido, de 40 mm de espessura, resistência térmica 1,1 m ² C/W, condutibilidade térmica 0,035 W/(m°C), densidade 40 kg/m ³ , calor específico 840 J/kgK e factor de resistência à difusão do vapor de água 1,3.	1,050	4,71	4,95
mt16aaa021a	Ud	Bucha de expansão e prego de polipropileno, com aro de estanquidade, para fixação mecânica de painéis isolantes.	3,000	0,08	0,24
mt12psg160a	m	Perfil de aço galvanizado, em U, de 30 mm.	0,400	1,26	0,50
mt12psg220	Ud	Fixação composta por bucha e parafuso 5x27.	2,000	0,06	0,12
mt12psg055a	Ud	Ancoragem directa para mestra 60/27.	1,200	0,94	1,13
mt12psg050c	m	Mestra 60/27 de chapa de aço galvanizado, de largura 60 mm, segundo EN 14195.	3,200	1,44	4,61
mt12psg215b	Ud	Conector para mestra 60/27.	0,600	0,91	0,55
mt12psg215a	Ud	Cavalete para mestra 60/27.	2,300	0,29	0,67
mt12psg010a	m ²	Placa de gesso laminado A / EN 520 - 1200 / comprimento / 12,5 / bordo afinado.	1,000	5,93	5,93
mt12psg081b	Ud	Parafuso auto-perfurante 3,5x25 mm.	17,000	0,01	0,17
mt12psg041b	m	Banda autocolante dessolidarizante de espuma de poliuretano de células fechadas, de 3,2 mm de espessura e 50 mm de largura, resistência térmica 0,10 m ² C/W, condutibilidade térmica 0,032 W/(m°C).	0,400	0,30	0,12
mt12psg030a	kg	Pasta para juntas, segundo EN 13963.	0,700	1,26	0,88
mt12psg040a	m	Fita de juntas.	0,450	0,03	0,01
mt27pfp010b	l	Primário à base de copolímeros acrílicos em suspensão aquosa, para favorecer a coesão de suportes pouco consistentes e a aderência de pinturas.	0,125	3,30	0,41
mt27pij040a	l	Tinta plástica para interior em dispersão aquosa, lavável, tipo II, permeável ao vapor de água, cor branco, acabamento mate, aplicada com broxa, rolo ou pistola.	0,374	1,55	0,58
mo011	h	Oficial de 1 ^ª montador.	0,282	18,50	5,22
mo080	h	Ajudante de montador.	0,104	17,45	1,81
mo038	h	Oficial de 1 ^ª pintor.	0,163	17,95	2,93
mo076	h	Ajudante de pintor.	0,020	17,95	0,36
mo054	h	Oficial de 1 ^ª montador de isolamentos.	0,109	18,48	2,01
mo101	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,109	17,95	1,96
	%	Custos directos complementares	2,000	35,16	0,70
Custo de manutenção decenal: 8,54€ nos primeiros 10 anos.				Total:	35,86

Referência e título da norma	Aplicabilidade(a)	Obrigatoriedade(b)	Sistema(c)
EN 13162:2012 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios - Produtos manufacturados de lã mineral (MW) - Especificação	192013	192013	
EN 14195:2005 Elementos de armação metálica para sistemas em placas de gesso – Definições, requisitos e métodos de ensaio	112006	112007	
EN 14195:2005/AC:2006	112007	112007	
EN 520:2004+A1:2009 Placas de gesso - Definições, requisitos e métodos de ensaio	162010	1122010	

EN 13963:2005	132006	132007	
Materiais de vedação para placas de gesso – Definições, requisitos e métodos de ensaio			
EN 13963:2005/AC:2006	112007	112007	

(a) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(b) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(c) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho

NAQ030

m²

Isolamento de coberturas inclinadas sobre espaço não habitável.

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 constituída por papel kraft e polietileno, fornecida em rolos, manta Kraft (TI 212) "KNAUF INSULATION", de 200 mm de espessura.

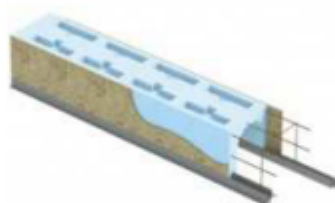
Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16ki020clb	m ²	Manta de lã mineral natural (LMN), revestida numa das suas faces com uma barreira de vapor constituída por papel kraft e polietileno, fornecida em rolos, manta Kraft (TI 212) "KNAUF INSULATION", de 200 mm de espessura, segundo EN 13162, resistência térmica 5 m ² C/W, condutibilidade térmica 0,04 W/(m°C), Euroclasse F de reacção ao fogo, com código de designação MW-EN 13162-T1-Z2,2, de aplicação como isolante térmico e acústico entre muretes de coberturas inclinadas ou planas ventiladas, e sobre tectos falsos.	1,100	7,87	8,66
mt16aaa030	m	Fita autocolante para vedação de juntas.	1,000	0,30	0,30
mo054	h	Oficial de 1 ^a montador de isolamentos.	0,083	17,41	1,45
mo101	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,083	16,45	1,37
	%	Custos directos complementares	2,000	11,78	0,24
Custo de manutenção decenal: 0,24€ nos primeiros 10 anos.				Total:	12,02

Referência e título da norma	Aplicabilidade(a)	Obrigatoriedade(b)	Sistema(c)
EN 13162:2012 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios - Produtos manufacturados de lã mineral (MW) - Especificação	192013	192013	

(a) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(b) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(c) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho

[produtos](#)[contatos](#)[pontos de venda](#)[blocos de vidro e acessórios](#)

caixa de estore em EPS

REFERÊNCIAS / PREÇOS

Ref.	Color	Designação	€	Q. Emb.	Preço Emb.
136513		caixa estore EPS 25x25cm barra 6m - polibox	23.37€/ ML	6ML	140.22€
136514		caixa estore EPS 30x30cm barra 6m - polibox	23.37€/ ML	6ML	140.22€

preços com iva incluído à taxa legal em vigor

ANEXO VIII.B – CUSTOS RELATIVOS À MEDIDA DE MELHORIA 2

ZVS020

m²

Sistema de fachada ventilada
"ALUCOBOND", de painel
compósito, para revestimento
exterior de fachada existente.

Reabilitação energética de fachada, através de sistema de fachada ventilada "ALUCOBOND", formado por painel compósito Alucobond Plus "ALUCOBOND", de 2000 a 6800 mm de comprimento, 555 mm de altura e 4 mm de espessura, composto por duas lâminas de liga de alumínio EN AW-5005-A, de 0,5 mm de espessura, lacadas com PVDF pela face exterior, acabamento Solid, cor Black, com filme de protecção de plástico, unidas por um núcleo central mineral, de 3 mm de espessura, Euroclasse B-s1, d0 de reacção ao fogo, formando uma cassette horizontal com dobras de 35 mm nos seus quatro lados, reforçada com perfis longitudinais SZ de alumínio colocados ao longo dos seus bordos superior e inferior e rebitados a estes cada 500 mm no máximo, com rebites de aço inoxidável e cabeça de alumínio; serão também dispostos reforços ao longo das dobras verticais de perfis de alumínio e reforços intermédios aderidos à sua face traseira, colocada através do sistema de cassetes horizontais sobre subestrutura suporte composta de montantes realizados com perfis em forma de omega, de alumínio extrudido, ancorados à superfície suporte com suportes de sustentação de alumínio e peças de neopreno para evitar as pontes térmicas, e isolamento de painel de lã mineral, segundo EN 13162, de 80 mm de espessura, revestido numa das suas faces com um véu preto, fixado mecanicamente sobre fachada existente.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16lva070j	m ²	Painel de lã mineral, segundo EN 13162, de 80 mm de espessura, revestido numa das suas faces com um véu preto, resistência térmica 2,1 m ² C/W, condutibilidade térmica 0,038 W/(m°C).	1,050	8,39	8,81
mt16aaa020ab	Ud	Fixação mecânica para painéis isolantes de lã mineral, colocados directamente sobre a superfície suporte.	4,000	0,20	0,80
mt16aaa030	m	Fita autocolante para vedação de juntas.	0,440	0,31	0,14
mt12pra010aaa1	m ²	Painel compósito Alucobond Plus "ALUCOBOND", de 2000 a 6800 mm de comprimento, 555 mm de altura e 4 mm de espessura, composto por duas lâminas de liga de alumínio EN AW-5005-A, de 0,5 mm de espessura, lacadas com PVDF pela face exterior, acabamento Solid, cor Black, com filme de protecção de plástico, unidas por um núcleo central mineral, de 3 mm de espessura, Euroclasse B-s1, d0 de reacção ao fogo, formando uma cassette horizontal com dobras de 35 mm nos seus quatro lados, reforçada com perfis longitudinais SZ de alumínio colocados ao longo dos seus bordos superior e inferior e rebitados a estes cada 500 mm no máximo, com rebites de aço inoxidável e cabeça de alumínio; serão também dispostos reforços ao longo das dobras verticais de perfis de alumínio e reforços intermédios aderidos à sua face traseira.	1,050	46,93	49,28

mt12pra100a	m²	Subestrutura suporte composta de montantes realizados com perfis em forma de omega, de alumínio extrudido, de 4 m de comprimento máximo, ancorados à superfície suporte com suportes de sustentação de alumínio e peças de neopreno para evitar as pontes térmicas, fixados com parafusos de aço inoxidável.	1,000	31,50	31,50
mo054	h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0,138	17,51	2,42
mo101	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,138	16,65	2,30
mo052	h	Oficial de 1ª montador de sistemas de fachadas pré-fabricadas.	0,923	17,51	16,16
mo099	h	Ajudante de montador de sistemas de fachadas pré-fabricadas.	0,923	16,65	15,37
	%	Custos directos complementares	3,000	126,78	3,80
Custo de manutenção decenal: 22,14€ nos primeiros 10 anos.				Total:	130,58

Referência e título da norma	Aplicabilidade(a)	Obrigatoriedade(b)	Sistema(c)
EN 13162:2012 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios - Produtos manufacturados de lã mineral (MW) - Especificação Especificação	192013	192013	

(a) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(b) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(c) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho

ZVS020

m²

Sistema de fachada ventilada
"ALUCOBOND", de painel
compósito, para revestimento
exterior de fachada existente.

Reabilitação energética de fachada, através de sistema de fachada ventilada "ALUCOBOND", formado por painel compósito Alucobond Plus "ALUCOBOND", de 2000 a 6800 mm de comprimento, 555 mm de altura e 4 mm de espessura, composto por duas lâminas de liga de alumínio EN AW-5005-A, de 0,5 mm de espessura, lacadas com PVDF pela face exterior, acabamento Solid, cor Black, com filme de protecção de plástico, unidas por um núcleo central mineral, de 3 mm de espessura, Euroclasse B-s1, d0 de reacção ao fogo, formando uma cassete horizontal com dobras de 35 mm nos seus quatro lados, reforçada com perfis longitudinais SZ de alumínio colocados ao longo dos seus bordos superior e inferior e rebitados a estes cada 500 mm no máximo, com rebites de aço inoxidável e cabeça de alumínio; serão também dispostos reforços ao longo das dobras verticais de perfis de alumínio e reforços intermédios aderidos à sua face traseira, colocada através do sistema de cassetes horizontais sobre subestrutura suporte composta de montantes realizados com perfis em forma de omega, de alumínio extrudido, ancorados à superfície suporte com suportes de sustentação de alumínio e peças de neopreno para evitar as pontes térmicas, e isolamento de painel de lã mineral, segundo EN 13162, de 60 mm de espessura, revestido numa das suas faces com um véu preto, fixado mecanicamente sobre fachada existente.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt16lva070g	m ²	Painel de lã mineral, segundo EN 13162, de 60 mm de espessura, revestido numa das suas faces com um véu preto, resistência térmica 1,6 m ² C/W, condutibilidade térmica 0,038 W/(m°C).	1,050	6,31	6,63
mt16aaa020ab	Ud	Fixação mecânica para painéis isolantes de lã mineral, colocados directamente sobre a superfície suporte.	4,000	0,20	0,80
mt16aaa030	m	Fita autocolante para vedação de juntas.	0,440	0,31	0,14
mt12pra010aaa1	m ²	Painel compósito Alucobond Plus "ALUCOBOND", de 2000 a 6800 mm de comprimento, 555 mm de altura e 4 mm de espessura, composto por duas lâminas de liga de alumínio EN AW-5005-A, de 0,5 mm de espessura, lacadas com PVDF pela face exterior, acabamento Solid, cor Black, com filme de protecção de plástico, unidas por um núcleo central mineral, de 3 mm de espessura, Euroclasse B-s1, d0 de reacção ao fogo, formando uma cassete horizontal com dobras de 35 mm nos seus quatro lados, reforçada com perfis longitudinais SZ de alumínio colocados ao longo dos seus bordos superior e inferior e rebitados a estes cada 500 mm no máximo, com rebites de aço inoxidável e cabeça de alumínio; serão também dispostos reforços ao longo das dobras verticais de perfis de alumínio e reforços intermédios aderidos à sua face traseira.	1,050	46,93	49,28

mt12pra100a	m²	Subestrutura suporte composta de montantes realizados com perfis em forma de omega, de alumínio extrudido, de 4 m de comprimento máximo, ancorados à superfície suporte com suportes de sustentação de alumínio e peças de neopreno para evitar as pontes térmicas, fixados com parafusos de aço inoxidável.	1,000	31,50	31,50
mo054	h	Oficial de 1ª montador de isolamentos.	0,138	17,51	2,42
mo101	h	Ajudante de montador de isolamentos.	0,138	16,65	2,30
mo052	h	Oficial de 1ª montador de sistemas de fachadas pré-fabricadas.	0,923	17,51	16,16
mo099	h	Ajudante de montador de sistemas de fachadas pré-fabricadas.	0,923	16,65	15,37
	%	Custos directos complementares	3,000	124,60	3,74
Custo de manutenção decenal: 21,76€ nos primeiros 10 anos.				Total:	128,34

Referência e título da norma	Aplicabilidade(a)	Obrigatoriedade(b)	Sistema(c)
EN 13162:2012 Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios - Produtos manufacturados de lã mineral (MW) - Especificação Especificação	192013	192013	

(a) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(b) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(c) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho

ANEXO IX – FICHAS TÉCNICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NAS MEDIDAS DE MELHORIA

ANEXO IX.A – CUSTOS RELATIVOS À MEDIDA DE MELHORIA 1: LÃ DE ROCHA DO SISTEMA ETICS



ISOFOX

Fachadas SATE/ETICS

Descripción

Panel rígido de alta densidad de lana de roca ISOVER, no hidrófilo, sin revestimiento.

Aplicaciones

Especialmente desarrollado para la instalación de sistemas de aislamiento térmico y acústico por el exterior en fachadas (ETICS).

Propiedades técnicas

Símbolo	Parámetro	Icono	Unidades	Valor	Norma
λ_D	Conductividad térmica declarada		W/m·K	0,036	EN 12667 EN 12939
c_p	Calor específico aproximado		J/kg·K	800	-
	Reacción al fuego		Euroclase	A1	EN 13501-1
WS	Absorción de agua a corto plazo		kg/m ²	< 1	EN 1609
MU	Resistencia a la difusión de vapor de agua, μ			1	EN 12086
DS	Estabilidad Dimensional, $\Delta\epsilon$		%	< 1	EN 1804

Espesor d, mm	Resistencia térmica declarada R_D , m ² ·K/W	Coefficiente de absorción acústica, AW, α_w	Código de designación
EN 823	EN 12667 EN 12939	EN ISO 354	EN 13162
40	1,10	0,70	MW-EN 13162-T5-DS(23,90)-TR10-WS-MU1-AW0,70-AF5
60	1,65	0,80	MW-EN 13162-T5-DS(23,90)-TR10-WS-MU1-AW0,80-AF5
80	2,20	0,90	MW-EN 13162-T5-DS(23,90)-TR10-WS-MU1-AW0,90-AF5
100	2,75	1,00	MW-EN 13162-T5-DS(23,90)-TR10-WS-MU1-AW1,00-AF5
120	3,30		
140	3,85		

Presentación

Espesor d (mm)	Largo l (m)	Ancho b (m)	m ² bulto	m ² palet	m ³ camión
40	1,00	0,60	4,80	72,00	1,872
60	1,00	0,60	3,60	46,80	1,216
80	1,00	0,60	2,40	36,00	936
100	1,00	0,60	2,40	28,80	749
120	1,00	0,60	2,40	24,00	624
140	1,00	0,60	2,40	19,20	499

Ventajas

- Óptimo aislamiento térmico de la envolvente
- Idóneo para obra nueva y rehabilitación.
- Mejora notable del aislamiento acústico de la vivienda.
- Medida de protección pasiva frente a incendios en el edificio.
- Favorece la planeidad de la fachada durante la instalación.
- Excelente resistencia a impacto del sistema completo.
- Producto sostenible con composición en material reciclado superior al 50%. Material reciclable 100%.
- Material inerte que no es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- Mantiene las prestaciones del sistema inalteradas durante toda la vida útil del edificio, no se degradan con el tiempo.

Certificados



Guía de instalación

Información adicional disponible en: www.isover.es



Nº 13/0836



www.isover.es
+34 901 33 22 11
isover.es@saint-gobain.com
www.isover-aislamiento-tecnico.es

@ISOVERes
ISOVERaislamiento
ISOVERaislamiento
isoveres

ANEXO IX.B – CUSTOS RELATIVOS À MEDIDA DE MELHORIA 1: LÃ DE ROCHA DO REVESTIMENTO INFERIOR DO PAVIMENTO SOBRE O PISO 0

ROCKCALM-E- 211



PRODUCTO

Panel semi-rígido de lana de roca no revestido.



APLICACIONES

Aislamiento térmico y acústico de cubiertas inclinadas por el interior, cerramientos separativos o distributivos, trasdosados y particiones interiores horizontales sobre falso techo.



Gran comportamiento acústico.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Característica	Valor	Norma																								
Densidad nominal	40 kg/m ³	EN1602																								
Conductividad térmica	0.035 W/(m*K)	EN 12667																								
Resistencia térmica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor en mm</th> <th>R(m2K/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>0,85</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>1,4</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>1,7</td> </tr> </tbody> </table>	Espesor en mm	R(m2K/W)	30	0,85	40	1,1	50	1,4	60	1,7															
Espesor en mm	R(m2K/W)																									
30	0,85																									
40	1,1																									
50	1,4																									
60	1,7																									
Tolerancia de espesor	T3	EN 823																								
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(TH)	EN 1604																								
Reacción al fuego	A1	EN 13501.1																								
Dimensiones	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Largo (mm)</th> <th>Ancho (mm)</th> <th>Espesor (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1350</td> <td>600</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>1350</td> <td>600</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>1350</td> <td>600</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>1350</td> <td>600</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>1350</td> <td>400</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>1350</td> <td>400</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>1350</td> <td>400</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	1350	600	30	1350	600	40	1350	600	50	1350	600	60	1350	400	40	1350	400	50	1350	400	60	
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)																								
1350	600	30																								
1350	600	40																								
1350	600	50																								
1350	600	60																								
1350	400	40																								
1350	400	50																								
1350	400	60																								
Absorción de agua a corto plazo	WS Absorción de agua < 1,0 Kg/m ²	EN 1609																								
Transmisión de vapor de agua	MU1 μ = 1	EN 12086																								

Ventajas

1. Facilidad y rapidez de instalación.
2. Perfecta adaptación a los elementos estructurales.
3. Seguridad en caso de incendio.
4. Mejora notoria del aislamiento acústico.
5. No hidrófilo ni higroscópico.
6. Químicamente inerte.
7. Libre de CFC y HCFC, respetuoso con el medio ambiente.

Comportamiento al agua

Los productos de lana de roca no retienen el agua y poseen una estructura no capilar.

Aislamiento acústico

La lana de roca ROCKWOOL gracias a su estructura multidireccional aporta a los elementos constructivos una notable capacidad de aumentar el nivel de aislamiento acústico.

Características químicas

La lana de roca ROCKWOOL es químicamente inerte y no puede causar o favorecer la aparición de una corrosión de materiales. Es indeformable con el paso de los años. No favorece el desarrollo bacteriano.

Mantenimiento

Los productos ROCKWOOL no precisan ningún tipo de mantenimiento.

Embalaje

Los productos son suministrados en paquetes embalados con película plástica y retráctil y paletizados. Los paquetes deben almacenarse sin estar en contacto con el suelo y a cubierto.

Generalidades

Los valores reseñados en la presente ficha técnica son valores medios obtenidos en ensayos. ROCKWOOL se reserva el derecho en todo momento y sin previo aviso a modificar las especificaciones de sus productos.



ANEXO IX.C – CUSTOS RELATIVOS À MEDIDA DE MELHORIA 1: LÃ MINERAL COMO REVESTIMENTO SUPERIOR DA LAJE DE ESTEIRA SOB DESVÃO DA COBERTURA

3.3. Soluções Knauf Insulation

As soluções apresentadas para a reabilitação energética, incidem sobre quatro soluções da KNAUF INSULATION.

3.3.1. Manta Kraft (TI 212)

MANTA KRAFT (TI 212) é um isolante termo-acústico de lã mineral com textura uniforme, que se apresenta sob a forma de rolos revestidos numa das suas faces com uma barreira de vapor constituída por um complexo de papel kraft / polietileno.

Características	Símbolo	Especificações	Normas
Condutibilidade térmica	λ_0	0.040 W/m-K	EN 12667
Reação ao fogo	Euroclasse	F	EN 13501-1
Resistência ao vapor de água	Z	$\geq 3 \text{ m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}/\text{mg}$	EN 12086

Tabela 3: Características técnicas Manta Kraft (TI 212)

Aplicações típicas:

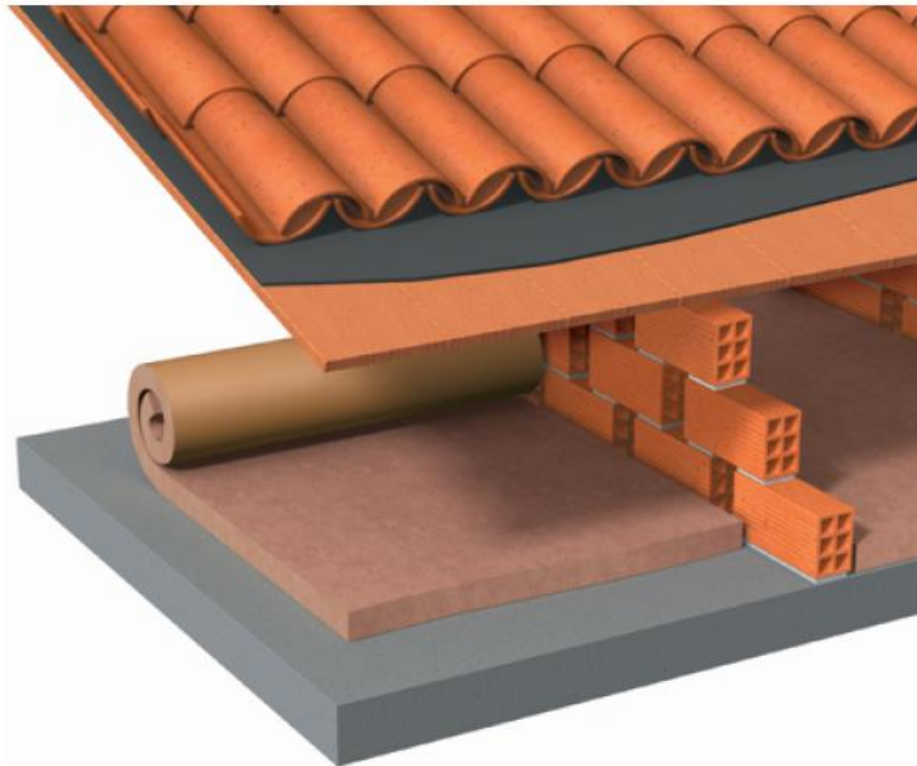


Figura 3: Aplicação de MANTA KRAFT (TI 212) sobre o desvão da cobertura.

ANEXO IX.D – CUSTOS RELATIVOS À MEDIDA DE MELHORIA 1: ENVIDRAÇADOS

Aislamiento térmico **LOW.S.**

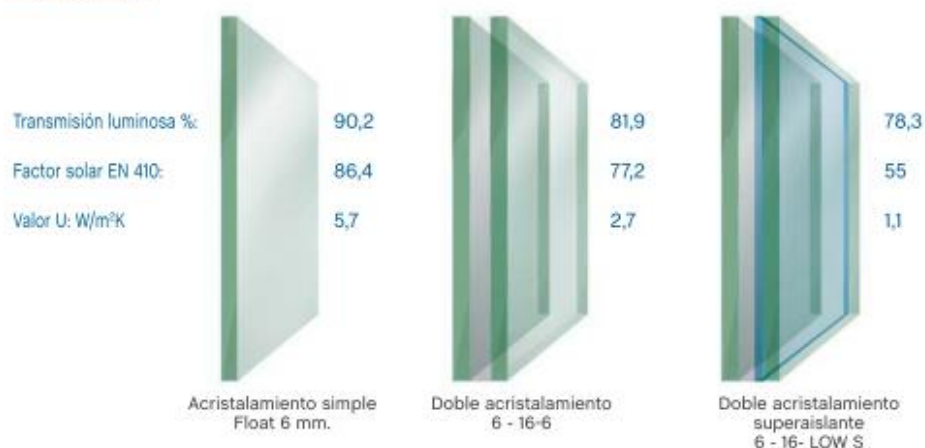


Es un acristalamiento con aislamiento térmico super reforzado que evita la pérdida de energía a través de las ventanas, el punto más débil de la vivienda y reduce el intercambio energético con el exterior, asegurando un buen confort cerca del acristalamiento (evita el efecto pared fría) y reduciendo 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



ANEXO IX.E – CUSTOS RELATIVOS À MEDIDA DE MELHORIA 2: FACHADA VENTILADA (PAINÉIS DE ALUMÍNIO COMPOSTO “ALUCOBOND”)

- ALUCOBOND® PLUS
- ALUCOBOND® A2
- ALUCORE®

Thickness	Standards	Unit	3 mm	4 mm
Thickness of Aluminium Layers		[mm]		0.5
Weight		[kg/m ²]	5.9	7.6
Width		[mm]	1000 / 1250 / 1500 (1575 / 1750)	

Technical properties

Section modulus	W	DIN 53293	[cm ³ /m]	1.25	1.75
Rigidity	E·J	DIN 53293	[kNcm ² /m]	1250	2400
Alloy / Temper of Aluminium Layers		EN 573-3 EN 515		EN AW 5005A (AlMg1) H22 / H42	
Modulus of Elasticity		EN 1999 1-1	[N/mm ²]	70.000	
Tensile Strength of Aluminium		EN 485-2	[N/mm ²]	R _m ≥ 130	
0.2 % Proof Stress		EN 485-2	[N/mm ²]	R _{p0,2} ≥ 90	
Elongation		EN 485-2	[%]	A ₅₀ ≥ 5	
Linear Thermal Expansion		EN 1999 1-1		2.4 mm/m at 100°C temperature difference	

Core

Mineral filled polymer

Surface

Lacquering				Coil Coating Fluorocarbon (e.g. PVDF)	
Gloss (initial value)		EN 13523-2	[%]	30-80	
Pencil Hardness		EN 13523-4		HB-F	

Acoustical Properties

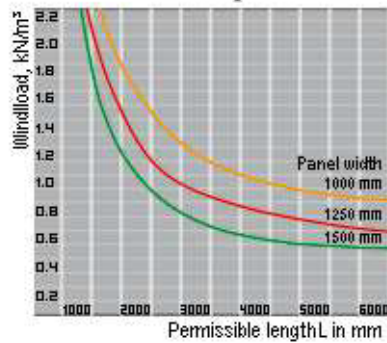
Sound Absorption Factor	α_s	ISO 354		0.05	
Sound Transmission Loss	R _w	ISO 717-1	[dB]	≥ 25	

Thermal Properties

Thermal Resistance	R	DIN 52612	[m ² K/W]	0.007	0.009
Thermal conductivity	λ	DIN 52612	[W/mK]	0.49	0.44
Heat transition coefficient	U	DIN 52612	[W/m ² K]	5.68	5.58
Temperature Resistance			[°C]	-50 to +80	

Wind load and permissible panel sizes

ALUCOBOND[®] plus 4 mm



The graphs for 4 mm thick **ALUCOBOND[®] plus** indicate the maximum permissible panel length ($\sigma = 51 \text{ N/mm}^2$) (without having to add a stiffener) based in applicable design wind load and panel width. Values apply to 4-side supported panels. Values for other systems on request.