



Análise do Comportamento Térmico de Habitações
Unifamiliares tendo em conta o conforto dos seus ocupantes

Sílvia Daniela Gonçalves Pinheiro

UMinho | 2013



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Sílvia Daniela Gonçalves Pinheiro

Análise do Comportamento Térmico
de Habitações Unifamiliares tendo
em conta o conforto dos seus
ocupantes

outubro de 2013



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Sílvia Daniela Gonçalves Pinheiro

Análise do Comportamento Térmico
de Habitações Unifamiliares tendo
em conta o conforto dos seus
ocupantes

Tese de Mestrado
Construção e Reabilitação Sustentáveis,
especialização em Gestão Sustentável de Edifícios

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professora Doutora **Maria Manuela de Oliveira
Guedes de Almeida**

outubro de 2013

DECLARAÇÃO

Nome: Sílvia Daniela Gonçalves Pinheiro

Endereço eletrónico: silvia.pinheiro@hotmail.com Telefone: 934345433 / 0033651335378

Número do Bilhete de Identidade: 12073937

Título dissertação /tese

Análise do Comportamento Térmico de Habitações Unifamiliares tendo em conta o conforto dos seus habitantes

Orientador (es):

Professora: Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado ou do Ramo de Conhecimento do Doutoramento:

Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis – Especialização em Conceção e Gestão Sustentável de Edifícios

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 30 / 10 / 2013

Assinatura: Sílvia Daniela Gonçalves Pinheiro

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos são destinados às pessoas que direta ou indiretamente, foram fundamentais na realização deste trabalho, a eles dedico o meu trabalho e meus maiores agradecimentos.

À minha orientadora, Professora. Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida, por me ter dado a oportunidade de ter trabalhado com ela, e por ter sido fundamental para a realização do projeto e ainda pela sua disponibilidade, simpatia e constante orientação.

Aos meus colegas de trabalho, que me apoiaram e me ajudaram naquilo que precisei.

Aos meus pais, Laurinda Moreira Gonçalves e Joaquim da Silva Pinheiro, que me criaram e me educaram, que sempre estiveram do meu lado e me apoiaram nas decisões mais difíceis e que foram responsáveis pelo que sou hoje em dia.

Aos meus irmãos, Patrícia Raquel Gonçalves Pinheiro e Paulo Manuel Gonçalves Pinheiro.

Ao meu namorado, Emanuel Fernando Vieira.

Aos amigos, e todos os que não mencionei e que sempre tiveram do meu lado.

A todos eles,

O meu muito obrigado.

RESUMO

O conforto térmico nas habitações é uma condição importante para alcançar o bem-estar, a saúde e conseqüentemente um melhor nível de vida. O desconforto é um indicador importante para a saúde e para o bem-estar, porque é o primeiro sintoma que alerta para o facto das condições em que as pessoas vivem não serem as mais adequadas para as suas necessidades, pelo que devem atuar (fechar janela, abrir janela, mudar de sítio...) para criar condições mais confortáveis.

Num contexto de evolução do conceito de conforto térmico, associado ao processo tecnológico e à crescente importância de fatores como as alterações climáticas e a sustentabilidade energética, a regulamentação desempenha um papel decisivo.

Assim, a legislação nacional, resultante da transposição da Diretiva Europeia relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), vem ao encontro das necessidades atuais para melhorar a qualidade dos edifícios.

Nesta dissertação pretendeu-se analisar diferentes tipos de soluções construtivas em diferentes tipos de habitações unifamiliares, por forma a encontrar o melhor conforto térmico.

Através de diversas combinações de soluções avaliou-se o impacto das soluções construtivas, dos elementos da envolvente e dos sistemas de climatização do edifício na sua classe energética.

Para atingir este objetivo foi realizada uma análise paramétrica do desempenho de dois edifícios de habitação unifamiliar com a implementação de um conjunto de soluções para a sua envolvente e equipamentos.

A determinação da classe energética foi realizada através da metodologia definida na regulamentação térmica Portuguesa.

Com a determinação da classificação energética das diferentes combinações de soluções adotadas, verificou-se que os sistemas de climatização têm uma grande relevância para a obtenção da classificação máxima energética.

Outros fatores como isolamento térmico, o tipo de envidraçado e outros elementos, têm uma grande importância na eficiência energética, mas é o tipo de equipamento utilizado que tem maior influência na classificação energética final do edifício.

ABSTRACT

Le confort thermique dans l'habitat est une condition importante pour assurer le bien-être, la santé, et donc la longévité. La gêne est un indicateur important pour la santé, car il est le premier symptôme qui nous alerte sur le fait que la manière dont nous ne sommes pas approprié à ce que nous avons besoin, et nous devons agir (fermer la fenêtre, fenêtre ouverte, le changement du site ...) à créer des conditions plus confortables.

Dans un contexte d'évolution de la notion de confort thermique avec la technologie de processus et l'importance croissante des facteurs tels que le changement climatique et la durabilité de l'énergie, la réglementation joue un rôle décisif.

Ainsi, la législation nationale la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments, les exigences de vérification des caractéristiques de régulation thermique de la performance énergétique des bâtiments (normes de construction) répond aux besoins actuels pour améliorer la qualité des bâtiments.

Cette thèse vise à analyser les différents types de solutions constructives dans différents types de maisons multifamiliales et simples afin de trouver le meilleur confort thermique.

Grâce à diverses simulations de différents types de solutions constructives, nous avons obtenu les cotes énergétiques de diverses simulations et en comparant les résultats, on peut déterminer les meilleures solutions à utiliser pour le confort des habitants.

La détermination de la classe d'énergie a été réalisée selon la méthodologie définie dans la réglementation thermique portugais.

Pour déterminer la cote énergétique des différents combinações de solutions adoptées, il a été constaté que les équipements a une grande importance pour obtenção nominale maximale de l'énergie.

D'autres facteurs tels que l'isolation, le type de vitrage et d'autres éléments jouent un rôle majeur dans l'efficacité énergétique, mais est le type d'équipement utilisé avec la plus grande influence sur la note finale d'énergie de l'immeuble.

ÍNDICE GERAL

Capítulo 1 - Enquadramento	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estruturada Dissertação	3
Capítulo 2 - Sustentabilidade das Construções.....	5
2.1 Desenvolvimento Sustentável	5
2.1.1 Alterações climáticas	5
2.1.2 Principais passos para atingir a sustentabilidade	10
2.1.3 Principais passos para atingir a sustentabilidade em Portugal.....	12
2.2 Eficiência Energética dos Edifícios	13
2.2.1 Desempenho dos Edifícios	13
2.2.2 Crescimento Energético nos Edifícios.....	15
2.3 Certificação energética nos edifícios.....	24
2.4 Regulamentação Térmica RCCTE	26
Capítulo 3 - Metodologia.....	31
1.1 Avaliação dos casos de estudo	32
HABITAÇÃO 1.....	33
Área útil e pé direito da habitação unifamiliar 1	37
Coeficientes de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos habitação unifamiliar 1	37
Envolvente Exterior.....	38
a. Paredes	39
b. Coberturas	47
c. Pavimentos	51
d. Envidraçados	52
Envolvente Interior da habitação unifamiliar 1	58
a. Paredes	58
b. Pavimentos	59
Envolvente em Contacto com o Solo	59

a. Paredes	59
b. Pavimento em contacto com o solo	60
Elementos interiores à fração	62
a. Paredes	62
b. Pavimentos	62
Pontes térmicas Lineares	63
Aquecimento das águas sanitárias	64
Sistema de Climatização.....	66
Ventilação nas casas de banho.....	67
HABITAÇÃO 2.....	68
Área útil e pé direito da habitação unifamiliar 2	71
Coeficientes de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos	72
Envolvente Exterior.....	73
a. Paredes	73
b. Coberturas	79
c. Pavimentos	85
d. Envidraçados	86
Envolvente interior	87
a. Paredes	87
b. Pavimentos	87
Elementos interiores à fração	88
a. Paredes	88
b. Pavimentos	88
Pontes térmicas Lineares	89
Aquecimento das águas sanitárias	90
Sistema de Climatização.....	92
Ventilação nas casas de banho.....	93
Capítulo 4 - Estudo dos parâmetros dos casos em estudo	95
4.2 Combinação das Soluções Construtivas das Habitações Unifamiliares	95
4.2.1 Habitação Unifamiliar 1	95
4.2.2 Habitação Unifamiliar 2	106

Capítulo 5 - Apresentação e análise dos resultados.....	113
5.1 Habitação Unifamiliar 1	113
5.2 Habitação Unifamiliar 2	140
5.3 Análise aos casos em estudo.....	150
Capítulo 6 - Conclusões e Perspetivas Futuras.....	157
6.1 Conclusões	157
6.2 Perspetivas futuras	160
Referências Bibliográficas	161
Anexos	163
Anexo I	164
Anexo II	170
Anexo III	187
Anexo IV	191
Anexo V	198
Anexo VI	202
Anexo VII	207
Anexo VIII	224
Anexo IX	228
Anexo X	230
Anexo XI	232

Índice de figuras

Figura 1 – Efeito das alterações climáticas nos glaciares - Patagonia: 1928 vs 2004.....	6
Figura 2 – Fotografia tirada de um helicóptero mostra a poluição de Paris, França	7
Figura 3 – Efeito Estufa - Hexágono Quântico	7
Figura 4 – Impacto das alterações Climáticas	8
Figura 5 – Fontes não renováveis, fosseis ou convencionais	9
Figura 6 – Fontes renováveis (Guia prático da eficiência energ	10
Figura 7 – Consumo de energia primária em Portugal ente 2000-2004	13
Figura 8 – Metas para a instalação de energias renováveis em Portugal em 2010	13
Figura 9 – Características necessárias para ma boa eficiência energética dentro de um edifício	16
Figura 10 – Renovação de ar nos Edifícios	22
Figura 11 – Diferentes fases para aplicação do SCE	27
Figura 12 – Diferentes vista da habitação unifamiliar 1.....	34
Figura 13 – Planta da cave e planta do rés-do-chão da habitação unifamiliar 1	35
Figura 14 – Planta do andar e planta da cobertura da habitação unifamiliar 1.....	35
Figura 15 – Alçado Sul da habitação unifamiliar 1	36
Figura16 – Alçado Nascente da habitação unifamiliar 1.....	36
Figura 17 – Alçado Norte da habitação unifamiliar 1	36
Figura18 – Alçado Poente da habitação unifamiliar 1	36
Figura 19 – Corte a da habitação unifamiliar 1	36
Figura 20 – Corte b da habitação unifamiliar 1	36
Figura 21 – Corte c habitação unifamiliar 1	36
Figura 22 – Corte d habitação unifamiliar 1.....	36
Figura 23 – Plantas do edifício em estudo da habitação unifamiliar 2.....	70
Figura 24 – Alçado Principal	71
Figura 25 – Alçado Lateral Direito.....	71
Figura 26 – Alçado Posterior	71
Figura 27 – Alçado Lateral Esquerdo.....	71
Figura 28 – Corte A-B	71
Figura 29 – Corte C-D.....	71
Figura 30 – Ligação fachada /padeira.....	130

Figura 31 – Cota topográfica georreferenciada da habitação unifamiliar 1	164
Figura 32 – Delimitação da área útil e não útil do edifício da habitação unifamiliar 1	165
Figura 33 – Definição das áreas dos diferentes tipos de soluções construtivas de pavimentos e coberturas da habitação unifamiliar 1	167
Figura 34 – Delimitação do tipo de paredes utilizadas da habitação unifamiliar 1.....	168
Figura 35 – Indicação dos Envidraçados da habitação unifamiliar 1	169
Figura 36 – Indicação do A_i e do A_u para o cálculo do Tau	188
Na Figura 37 está representado as áreas do A_i e do A_u para o cálculo do Tau.....	189
Figura 38 – Indicação do A_i e do A_u para o cálculo do Tau.....	190
Figura 39 – Corte 1 para a habitação unifamiliar 1	198
Figura 40 – Pormenores construtivos do corte 1 para a habitação unifamiliar 1	199
Figura 41 – Corte 2 para a habitação unifamiliar 1	200
Figura 42 – Pormenores construtivos do corte 2 para a habitação unifamiliar 1	200
Figura 43 – Corte 3 para a habitação unifamiliar 1	201
Figura 44 – Pormenores construtivos do corte 3 para a habitação unifamiliar 1	201
Figura 45 – Cota topográfica georreferenciada da habitação unifamiliar 1	202
Figura 46 – Delimitação da área útil e não útil do edifício	203
Figura 47 – Definição das áreas dos diferentes tipos de soluções construtivas de pavimentos e coberturas	204
Figura 48 – Delimitação do tipo de paredes utilizadas.....	205
Figura 49 – Indicação dos Envidraçados	206
Figura 50 – Indicação do A_i e do A_u para o cálculo do Tau para a habitação unifamiliar 2	225
Figura 51 – Representação do pavimento do tipo Pav 2 para a habitação unifamiliar 2	226
Figura 52 – Indicação do A_i e do A_u para o cálculo do Tau para a habitação unifamiliar 2	227
Figura 53 – Corte A-B para a habitação unifamiliar 2	230
Figura 54 – Pormenores construtivos do corte para a habitação unifamiliar 2	231

Índice de tabelas

Tabela 1 – Características da Habitação Unifamiliar 1	33
Tabela 2 - Áreas das zonas em estudo da habitação unifamiliar 1	37
Tabela 3- Calculo do τ da Garagem Privada da habitação unifamiliar 1	38
Tabela 4- Calculo do τ do Desvão Sanitário da habitação unifamiliar 1.....	38
Tabela 5- Características das paredes estudadas para a habitação unifamiliar 1.....	40
Tabela 6- Características das coberturas estudadas para a habitação unifamiliar 1	48
Tabela 7- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.1 para habitação unifamiliar 1	52
Tabela 8- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 2.1 para habitação unifamiliar 1	53
Tabela 9- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 3.1 para habitação unifamiliar 1	53
Tabela 10- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.2 para habitação unifamiliar 1	54
Tabela 11- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 2.2 para habitação unifamiliar 1	55
Tabela 12- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 3.2 para habitação unifamiliar 1	55
Tabela 13- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.3	56
Tabela 14- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 2.3 para habitação unifamiliar 1	56
Tabela 15- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 3.3 para habitação unifamiliar 1	57
Tabela 16- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.4	58
Tabela 17- Pontes Térmicas Lineares da habitação unifamiliar 1	64
Tabela 18- Numero de Renovação por hora para a habitação unifamiliar 1	67
Tabela 19 – Características da Habitação Unifamiliar 2	69
Tabela 20- Áreas das zonas em estudo da habitação unifamiliar 2.....	72
Tabela 21- Calculo do τ da Garagem Privada da habitação unifamiliar 2	73
Tabela 22- Calculo do τ do Desvão Sanitário da habitação unifamiliar 2.....	73
Tabela 23- características das paredes estudadas para a habitação unifamiliar 2	74
Tabela 24- características das coberturas estudadas para a habitação unifamiliar 2.....	80

Tabela 25- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.1 para a habitação unifamiliar 2	86
Tabela 26- Pontes Térmicas Lineares.....	90
Tabela 27- Numero de Renovação por hora.....	93
Tabela 28- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1 ..	96
Tabela 29- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1 ..	97
Tabela 30- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1 ..	98
Tabela 31- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1 ..	99
Tabela 32- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1	100
Tabela 33- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1	101
Tabela 34- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1	102
Tabela 35- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1	103
Tabela 36- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1	104
Tabela 37- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1	105
Tabela 38- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2	107
Tabela 39- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2	108
Tabela 40- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2	109
Tabela 41- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2	110
Tabela 42- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2	111
Tabela 43- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo A da Habitação Unifamiliar 1	114
Tabela 44- Apresentação dos resultados do exemplo A da habitação unifamiliar 1	115
Tabela 45- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo B da Habitação Unifamiliar 1	116
Tabela 46- Apresentação dos resultados do exemplo B da habitação unifamiliar 1	117
Tabela 47- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo C da Habitação Unifamiliar 1	118
Tabela 48- Apresentação dos resultados do exemplo C da habitação unifamiliar 1	119
Tabela 49- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo D da Habitação Unifamiliar 1	120
Tabela 50- Apresentação dos resultados do exemplo D da habitação unifamiliar 1	121
Tabela 51- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo E da Habitação Unifamiliar 1	122

Tabela 52- Apresentação dos resultados do exemplo E da habitação unifamiliar 1	123
Tabela 53- Apresentação dos resultados do exemplo F da habitação unifamiliar 1.....	124
Tabela 54- Apresentação dos resultados do exemplo G da habitação unifamiliar 1	125
Tabela 55- Apresentação dos resultados do exemplo H da habitação unifamiliar 1	125
Tabela 56- Apresentação dos resultados do exemplo I da habitação unifamiliar 1	126
Tabela 57- Apresentação dos resultados do exemplo I com correção da habitação unifamiliar 1	127
Tabela 58- Apresentação dos resultados do exemplo J da habitação unifamiliar 1	128
Tabela 59- Apresentação dos resultados do exemplo K da habitação unifamiliar 1	128
Tabela 60- Apresentação dos resultados do exemplo L da habitação unifamiliar 1	129
Tabela 61- Apresentação dos resultados do exemplo L1 da habitação unifamiliar 1 ..	130
Tabela 62- Apresentação dos resultados do exemplo M da habitação unifamiliar 1 ...	131
Tabela 63- Apresentação dos resultados do exemplo N da habitação unifamiliar 1	132
Tabela 64- Apresentação dos resultados do exemplo O da habitação unifamiliar 1	133
Tabela 65- Apresentação dos resultados do exemplo P da habitação unifamiliar 1.....	134
Tabela 66- Apresentação dos resultados do exemplo Q da habitação unifamiliar 1	135
Tabela 67- Apresentação dos resultados do exemplo R da habitação unifamiliar 1	136
Tabela 68- Apresentação dos resultados do exemplo S da habitação unifamiliar 1.....	137
Tabela 69- Apresentação dos resultados do exemplo T da habitação unifamiliar 1	137
Tabela 70- Apresentação dos resultados do exemplo U da habitação unifamiliar 1	138
Tabela 71- Apresentação dos resultados do exemplo U+ corrigidos da habitação unifamiliar 1	138
Tabela 72- Apresentação dos resultados do exemplo V da habitação unifamiliar 1	139
Tabela 73- Apresentação dos resultados do exemplo W da habitação unifamiliar 1 ...	139
Tabela 74- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2	141
Tabela 75- Apresentação dos resultados do exemplo A da habitação unifamiliar 2....	141
Tabela 76- Apresentação dos resultados do exemplo B da habitação unifamiliar 2	142
Tabela 77- Apresentação dos resultados do exemplo C da habitação unifamiliar 2....	143
Tabela 78- Apresentação dos resultados do exemplo D da habitação unifamiliar 2....	143
Tabela 79- Apresentação dos resultados do exemplo E da habitação unifamiliar 2	144
Tabela 80- Apresentação dos resultados do exemplo F da habitação unifamiliar 2.....	144
Tabela 81- Apresentação dos resultados do exemplo G da habitação unifamiliar 2....	145
Tabela 82- Apresentação dos resultados do exemplo H da habitação unifamiliar 2....	145

Tabela 83- Apresentação dos resultados do exemplo I da habitação unifamiliar 2	146
Tabela 84- Apresentação dos resultados do exemplo J da habitação unifamiliar 2	147
Tabela 85- Apresentação dos resultados do exemplo K da habitação unifamiliar 2.....	147
Tabela 86- Apresentação dos resultados do exemplo L da habitação unifamiliar 2	148
Tabela 87- Apresentação dos resultados do exemplo M da habitação unifamiliar 2 ...	149
Tabela 88- Apresentação dos resultados do exemplo N da habitação unifamiliar 2.....	149
Tabela 89- Apresentação dos resultados do exemplo M, N, O e P da habitação unifamiliar 1	151
Tabela 90- Apresentação dos resultados do exemplo R, S, T e U da habitação unifamiliar 1	152
Tabela 91- Apresentação dos resultados do exemplo E, F e G da habitação unifamiliar 2	154
Tabela 92- Apresentação dos resultados do exemplo J, K, L e M da habitação unifamiliar 2	156
Tabela 93- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par1.1 da habitação unifamiliar 1	170
Tabela 94- Calculo do coeficiente de transmissão térmica Pt1.1 da habitação unifamiliar 1	171
Tabela 95- Calculo do coeficiente de transmissão térmica Par 2.1 da habitação unifamiliar 1	171
Tabela 96- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par1.1.1 da habitação unifamiliar 1	171
Tabela 97- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.1.1 da habitação unifamiliar 1	172
Tabela 98- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.1.1 da habitação unifamiliar 1	172
Tabela 99- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.2 da habitação unifamiliar 1	173
Tabela 100- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.2 da habitação unifamiliar 1	173
Tabela 101- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.2 da habitação unifamiliar 1	174

Tabela 102- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 2.2 da habitação unifamiliar 1	174
Tabela 103- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.3 da habitação unifamiliar 1	175
Tabela 104- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.3 da habitação unifamiliar 1	175
Tabela 105- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.3 da habitação unifamiliar 1	175
Tabela 106- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.4 da habitação unifamiliar 1	176
Tabela 107- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.4 da habitação unifamiliar 1	176
Tabela 108- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.4 da habitação unifamiliar 1	177
Tabela 109- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.5 da habitação unifamiliar 1	177
Tabela 110- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.5 da habitação unifamiliar 1	178
Tabela 111- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da porta exterior da habitação unifamiliar 1	178
Tabela 112- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.1 da habitação unifamiliar 1	178
Tabela 113- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.1 da habitação unifamiliar 1	179
Tabela 114- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.2 da habitação unifamiliar 1	179
Tabela 115- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para Cob 2 da habitação unifamiliar 1	180
Tabela 116- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.3 da habitação unifamiliar 1	180
Tabela 117- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.3 da habitação unifamiliar 1	180

Tabela 118- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.4 da habitação unifamiliar 1	181
Tabela 119- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.4 da habitação unifamiliar 1	181
Tabela 120- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 1 da habitação unifamiliar 1	181
Tabela 121- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 3 da habitação unifamiliar 1	182
Tabela 122- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 2 da habitação unifamiliar 1	182
Tabela 123- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 4.1 da habitação unifamiliar 1	183
Tabela 124- Calculo do coeficiente de transmissão térmica Da par 4.2 da habitação unifamiliar 1	183
Tabela 125- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 3 da habitação unifamiliar 1	184
Tabela 126- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 3.2 da habitação unifamiliar 1	184
Tabela 127- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pdiv da habitação unifamiliar 1	185
Tabela 128- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 4 da habitação unifamiliar 1	185
Tabela 129- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 5 da habitação unifamiliar 1	186
Tabela 130- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 6 da habitação unifamiliar 1	186
Tabela 131- Calculo do τ da Garagem Privada da garagem privada da habitação unifamiliar 1	187
Tabela 132- Calculo do τ do desvão sanitário da habitação unifamiliar 1	188
Tabela 133- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para habitação unifamiliar 1	192
Tabela 134- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para habitação unifamiliar 1	194

Tabela 135- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para habitação unifamiliar 1	196
Tabela 136- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para a habitação unifamiliar 1	197
Tabela 137- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.1 da habitação unifamiliar 2	207
Tabela 138- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.1 da habitação unifamiliar 2	208
Tabela 139- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.2 da habitação unifamiliar 2	208
Tabela 140- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.2 da habitação unifamiliar 2	209
Tabela 141- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.3 da habitação unifamiliar 2	209
Tabela 142- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.3 da habitação unifamiliar 2	210
Tabela 143- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.4 da habitação unifamiliar 2	210
Tabela 144- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.4 da habitação unifamiliar 2	211
Tabela 145- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.5 da habitação unifamiliar 2	211
Tabela 146- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.5 da habitação unifamiliar 2	212
Tabela 147- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.6 da habitação unifamiliar 2	212
Tabela 148- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.6 da habitação unifamiliar 2	213
Tabela 149- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.4 da habitação unifamiliar 2	213
Tabela 150- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.7 da habitação unifamiliar 2	213

Tabela 151- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para a porta da habitação unifamiliar 2	214
Tabela 152- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para a Cob 1.1 da habitação unifamiliar 2	214
Tabela 153- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.1 da habitação unifamiliar 2	214
Tabela 154- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 3.1 da habitação unifamiliar 2	215
Tabela 155- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.2 da habitação unifamiliar 2	215
Tabela 156- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.2 da habitação unifamiliar 2	216
Tabela 157- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 3.2 da habitação unifamiliar 2	216
Tabela 158- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.3 da habitação unifamiliar 1	216
Tabela 159- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.3 da habitação unifamiliar 2	217
Tabela 160- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 3.3 da habitação unifamiliar 2	217
Tabela 161- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.4 da habitação unifamiliar 2	218
Tabela 162- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.4 da habitação unifamiliar 2	218
Tabela 163- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 3.4 da habitação unifamiliar 2	218
Tabela 164- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da cob 1.5 da habitação unifamiliar 2	219
Tabela 165- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.5 da habitação unifamiliar 2	219
Tabela 166- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da cob 3.5 da habitação unifamiliar 2	220

Tabela 167- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 1 da habitação unifamiliar 2	220
Tabela 168- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para Par 3 da habitação unifamiliar 2	221
Tabela 169- Calculo do coeficiente de resistência térmico para Pav 2 da habitação unifamiliar 2	221
Tabela 170- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para a Pdiv 1 da habitação unifamiliar 2	222
Tabela 171- Calculo do coeficiente de transmissão térmica par Pav 3 da habitação unifamiliar 2	222
Tabela 172- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para Pav 4 da habitação unifamiliar 2	223
Tabela 173- Calculo do coeficiente de transmissão térmica par Pav 5 da habitação unifamiliar 2	223
Tabela 174- Calculo do τ da Garagem Privada para a habitação unifamiliar 2	224
Tabela 175- Calculo do τ do desvão sanitário para a habitação unifamiliar 2	226
Tabela 176- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para a habitação unifamiliar 2	229

Lista de abreviaturas, unidades e símbolos

ADENE – Agencia para a Energia

GEE - Gases de Efeito de Estufa;

COP13 - 13ª Conferência das Partes;

COP - Coeficiente de Desempenho, (coefficient of performance) é a denominação em língua inglesa correntemente adotada para designar a eficiência nominal de uma bomba de calor;

DGGE- Direção Geral de Energia e Geologia;

EPS - Poliestireno Expandido;

EU – União Europeia;

EUA – Estados Unidos da América;

ICB - Aglomerado de cortiça;

MW – Lã mineral

Ntc - Necessidades nominais globais de energia primária;

Nac - Necessidades nominais globais de águas quentes sanitárias;

Nic - Necessidades nominais globais de aquecimento;

Ni - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento;

Nvc - Necessidades nominais globais de arrefecimento;

Nv - Necessidades nominais globais energia útil para arrefecimento;

ONU - Organização das Nações Unidas;

PUR - Espuma de Poliuretano

RCCTE – Regulamento das Características de Comporto Térmico dos Edifícios;

U – Coeficiente de Transmissão Térmica

XPS - Poliestireno Extrudido

Capítulo 1 - Enquadramento

1.1. Introdução

Sempre que se utiliza o carro, liga o computador ou a televisão, quando se faz o jantar está-se a utilizar energia. Não é de estranhar, portanto, que a energia tenha uma tão grande importância para o Homem.

O acesso à energia é fundamental para o desenvolvimento das sociedades. No entanto, a maior parte da energia usada no mundo provém de combustíveis fósseis como o carvão, o gás ou o petróleo, cujas reservas têm vindo a diminuir. Adicionalmente, a utilização intensiva destes combustíveis fósseis aumenta a concentração de dióxido de carbono na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global do Planeta. É o chamado efeito de estufa. O estilo de vida atual pode estar ameaçado e o futuro comprometido se não forem encontradas novas soluções. Por esta razão, multiplicam-se os esforços na promoção da utilização eficiente da energia, e na aposta nas fontes de energia renováveis como o sol, o vento ou a água.

A temática da eficiência energética continua a ser um tema relevante, uma vez que a gestão dos recursos de energia é hoje um dos principais desafios que, a nível mundial, a sociedade moderna enfrenta. A maneira como a energia disponível é utilizada é uma questão chave neste processo, e por isso o aumento da eficiência energética das operações da Humanidade é imprescindível para se atingir os objetivos do novo modelo de desenvolvimento, tanto pela diminuição da intensidade energética global, como pelo aumento dos correspondentes resultados económicos. Quanto maior o consumo energético, maior será a degradação de várias matérias-primas o que leva a uma crise ambiental.

No sector da construção, um dos principais desafios é o assegurar as condições de conforto térmico no interior das habitações. O que, devido à falta de qualidade térmica da envolvente, leva ao aumento das potências dos equipamentos de climatização para se conseguir assegurar um nível de conforto térmico adequado, o que, consequentemente origina um aumento dos consumos energéticos.

O crescimento do consumo energético tem assim de ser travado.

Para se conseguir travar o crescimento dos consumos energéticos nas habitações, é necessário utilizar soluções construtivas projetadas de forma a tirar partido das

condições ambientais, e assim reduzir as necessidades de utilização de sistemas de aquecimento e arrefecimento, tentando-se assegurar as condições de conforto térmico.

A construção de um edifício tem de ser um processo elaborado de forma a ser possível assegurar um desempenho ambiental eficiente do edifício.

O projeto de um edifício é elaborado de acordo com as exigências regulamentares, garantindo todas as condições necessárias para uma melhor eficiência energética do edifício.

Com o objetivo de implementar soluções construtivas energeticamente eficientes, as exigências regulamentares vieram possibilitar uma maior exigência na sua elaboração, avaliando todos os elementos envolvidos por forma a obter a melhor eficiência energética.

Propõe-se com este trabalho efetuar um estudo paramétrico, usando a metodologia proposta pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) por forma a avaliar o impacto de diferentes soluções e equipamentos na obtenção da classificação energética e no conforto dos seus habitantes.

1.2. Objetivos

O objetivo do trabalho desenvolvido foi a avaliação do impacto das soluções construtivas dos elementos da envolvente e dos sistemas de climatização do edifício na sua classe energética.

Para atingir este objetivo foi realizada uma análise paramétrica do desempenho de dois edifícios de habitação unifamiliar com a implementação de um conjunto de soluções para a sua envolvente e equipamentos.

A determinação da classe energética foi realizada através da metodologia definida na regulamentação térmica Portuguesa.

O trabalho desenvolveu-se numa análise de duas habitações unifamiliares onde se analisaram os vários tipos de soluções construtivas por forma determinar a classe energética de cada habitação.

O trabalho proposto está dividido em três fases que se apresentam a seguir.

A primeira fase teve como objetivo elaborar diferentes soluções construtivas e tipo de equipamentos, a seleção das soluções adotadas teve como base as soluções mais correntes e mais utilizadas nas construções de edifícios. As soluções serão projetadas de forma a reduzir a energia consumida nos edifícios.

A segunda fase baseou-se na verificação do desempenho do edifício com a implementação de diferentes soluções construtivas nos diferentes elementos constituintes dos edifícios.

A terceira fase consistiu na análise dos resultados obtidos por forma a obter a classificação energética final, e analisar a forma mais eficiente para obter a classificação energética máxima e avaliar o conforto dos seus ocupantes.

O trabalho realizado teve como linhas orientadoras:

- 1 - Identificar diferentes soluções construtivas e diferentes tipos de equipamentos com o objetivo de verificar qual a solução que conduz às melhores condições de eficiência energética das habitações;
- 2 - Classificar os edifícios energeticamente de forma a determinar a classe energética dos edifícios selecionados como casos de estudo;
- 3 - Identificar a solução que conduz a menores consumos energéticos e à melhor classe energética.

1.3. Estruturada Dissertação

O primeiro capítulo da dissertação expõe a motivação que levou ao seu desenvolvimento, os objetivos e o respetivo enquadramento.

No segundo capítulo apresentam-se os problemas ambientais da atualidade. O desenvolvimento da sustentabilidade, as alterações climáticas e a eficiência energética nos edifícios tendo em conta o desempenho dos edifícios, a certificação energética e a regulamentação em vigor.

No terceiro capítulo apresenta-se a metodologia aplicada nos diferentes casos em estudo e a sua avaliação

O quarto capítulo baseia-se na aplicação do regulamento em vigor nos casos em estudo.

O quinto capítulo apresenta os resultados e análise dos resultados obtidos nos diferentes casos em estudo.

No sexto capítulo apresentam-se as conclusões do estudo realizado e as perspetivas futuras.

Capítulo 2 - Sustentabilidade das Construções

A sustentabilidade está relacionada com todas as questões que promovam o bem-estar das pessoas e salvaguardem o meio ambiente tanto agora como no futuro. Segundo o Relatório Brundtland (1987), sustentabilidade é: "*suprir as necessidades da geração presente sem afetar a possibilidade das gerações futuras suprirem as suas*".

Sustentabilidade é uma forma de pensamento sistémico, relacionado com a continuidade dos aspetos económicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana.

Propõe-se a ser um meio de configurar a civilização e atividade humanas, de tal forma que a sociedade, os seus membros e as suas economias possam preencher as suas necessidades e expressar o seu maior potencial no presente, e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade e os ecossistemas naturais, planeando e agindo de forma a atingir proficiência na manutenção indefinida desses ideais.

A sustentabilidade abrange vários níveis de organização, desde a vizinhança local até o planeta inteiro (Brundtland, 1987).

2.1 Desenvolvimento Sustentável

2.1.1 Alterações climáticas

Desde que existem humanos à face da Terra que estes têm afetado o meio ambiente à sua volta. Mas, no passado, os efeitos da caça ou atividades agrícolas foram basicamente locais. Este cenário alterou-se radicalmente com a Revolução Industrial, que começou cerca de 1750, e que teve uma particular intensificação nos séculos XIX e XX.

A Revolução Industrial teve lugar quando se iniciou a produção em massa de bens de consumo em grandes unidades industriais e com recurso a máquinas a carvão e, mais tarde, a petróleo, gás natural e eletricidade. Deste modo, a par do desenvolvimento da tecnologia moderna, a produção de bens de consumo ficou muito facilitada. Na época pré-industrial - isto é, antes da Revolução Industrial - não existiam comboios, carros, aviões, luz elétrica, fábricas, telefones ou televisores.

Quanto maior a produção e o consumo, maior são os efeitos no meio ambiente. Durante os últimos 50 anos, pela primeira vez na história, tem-se testemunhado sinais claros da

influência do Homem no ambiente de todo o planeta, originando problemas ambientais que não são apenas locais, mas também globais. Um dos problemas ambientais à escala global prende-se com as alterações climáticas induzidas pelo Homem, também conhecido por aquecimento global.

Na Figura 1 está evidenciado as alterações climáticas que alguns locais do planeta sofreram ao longo dos anos. Devido ao aquecimento global muitos glaciares viram o seu gelo desaparecer levando a um aumento do leito dos lagos, dos rios e dos oceanos.



Figura 1 – Efeito das alterações climáticas nos glaciares - Patagonia: 1928 vs 2004, (Greenpeace, Beltra, D. 2005)

As alterações climáticas induzidas pelo Homem são o resultado da emissão de gases de efeito de estufa para a atmosfera. Estas emissões têm diversas origens, incluindo as atividades industriais e agrícolas, que fornecem os mais variados bens de consumo, as centrais energéticas, que produzem eletricidade, os carros e os aviões, que permitem deslocações rápidas e confortáveis.

Na Figura 2, pode se observar a cidade de Paris onde se verifica uma grande densidade de neblina causada pela poluição diária produzida na cidade.



Figura 2 – Fotografia tirada de um helicóptero mostra a poluição de Paris, França (Boris Horvat/AFP 07-2010)

Os gases de efeito de estufa afetam o clima da Terra devido ao aumento do efeito de estufa. Este último processo tem causas naturais e está relacionado, por um lado, com a elevada transparência do vapor de água, CO_2 e outros gases da atmosfera terrestre à radiação solar e, por outro lado, com a sua baixa transparência à passagem da radiação emitida pela Terra, que de outra forma seria reenviada novamente para o espaço exterior (Figura 3). Sem este efeito de estufa natural a temperatura da superfície do globo seria de cerca de -18°C e a Terra estaria desabitada (Uemeai, 2008).

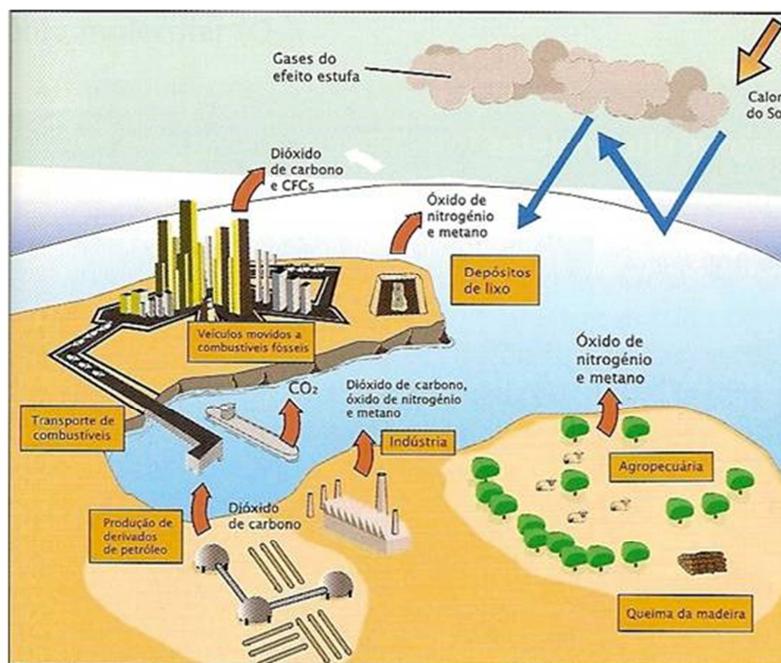


Figura 3 – Efeito Estufa - Hexágono Quântico (Uemeai 11-2008)

A emissão de gases de efeito de estufa em grandes quantidades leva a um aumento da sua concentração atmosférica, o que conduz a um efeito de estufa adicional, com mais

calor a ser retido pela atmosfera. Este efeito adicional leva a um incremento da temperatura do ar e a alterações no clima da Terra (Center for International Climate and Environmental Research – Oslo).

Com o aumento das exigências de conforto das populações, o consumo de energia, a nível mundial, obriga à utilização crescente dos recursos energéticos com sequência nefasta para o ambiente.

Na Figura 4 está evidenciado o impacto das alterações climáticas que estão a ocorrer no planeta, devido às intervenções do Homem.

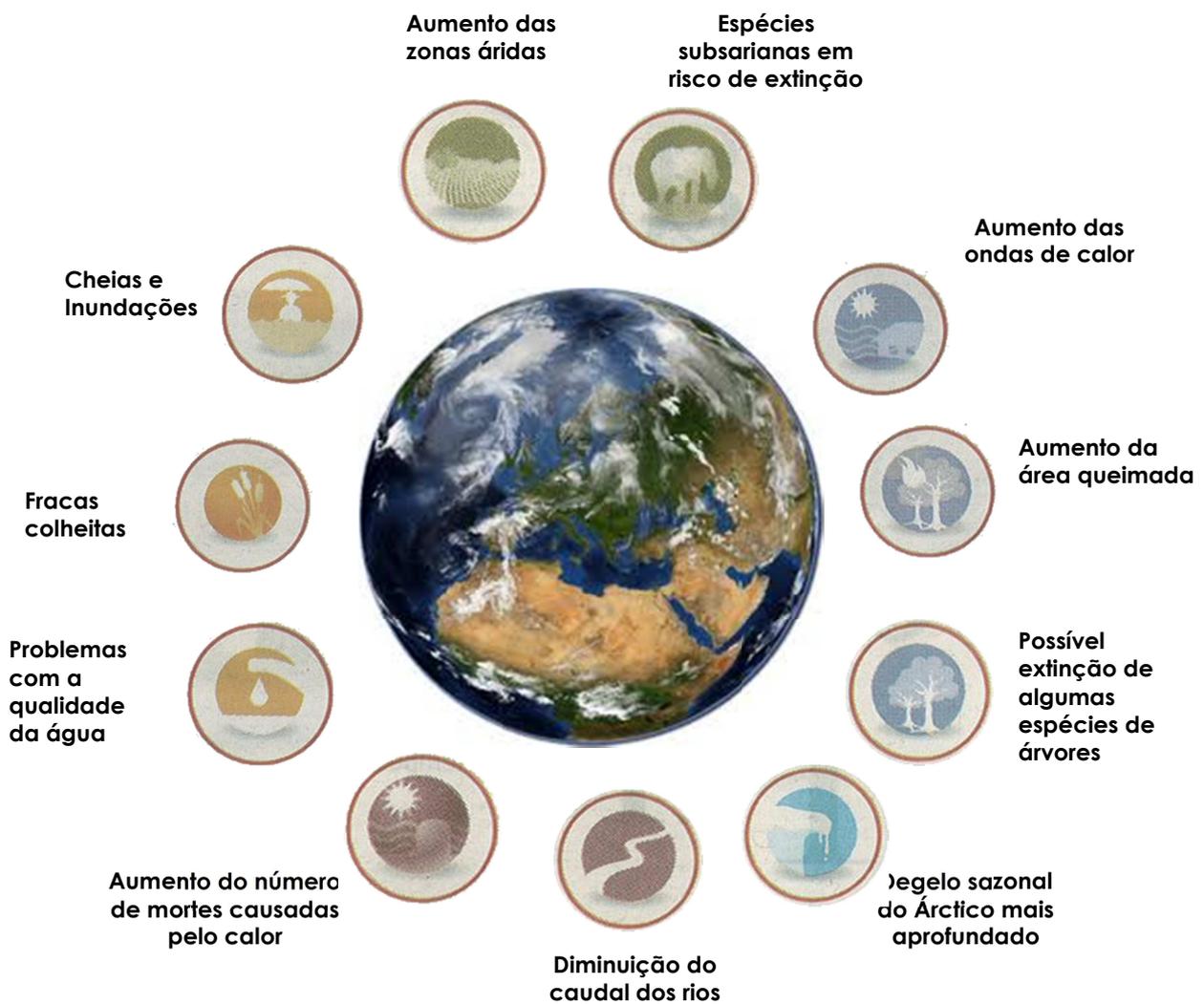


Figura 4 – Impacto das alterações Climáticas (Martin Parry, Inter governmental Panel Climate Change, 2009)

A necessidade de satisfazer as necessidades energéticas para assegurar o conforto da população em geral, leva a um aumento progressivo da exploração dos combustíveis

fósseis. Com o uso excessivo desses combustíveis, leva ao esgotamento das reservas a um ritmo muito acelerado, levando a um desequilíbrio natural.

Atualmente a maior parte da energia utilizada pela humanidade provém de combustíveis fósseis - Petróleo, carvão mineral, etc.

Na Figura 5 estão representadas as diferentes fontes de energia não renováveis, fósseis ou convencionais, tais como carvão, petróleo, gás natural e o urânio.

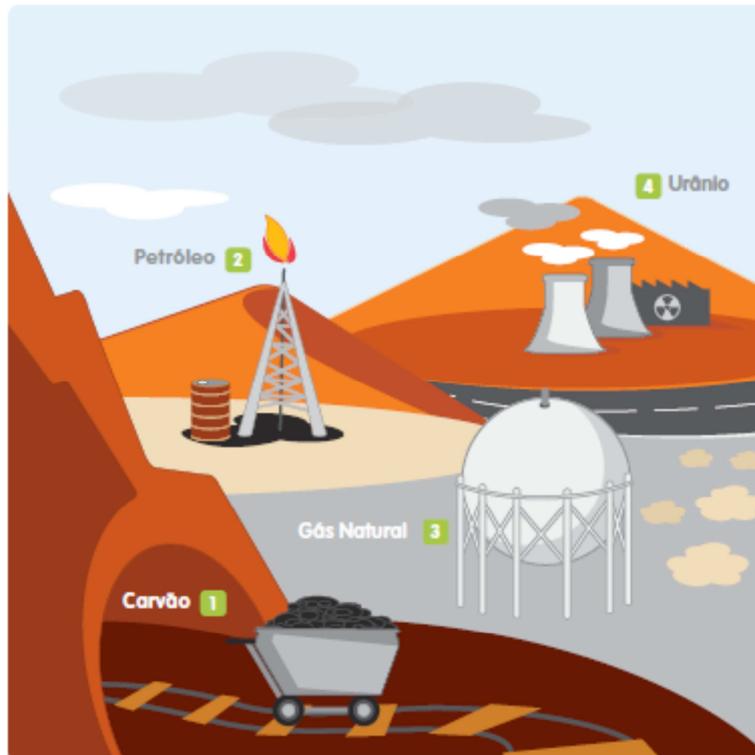


Figura 5 – Fontes não renováveis, fósseis ou convencionais (Guia prático da eficiência energética)

A vida moderna tem sido movida a custa de recursos esgotáveis que levaram milhões de anos para se formar. O uso desses combustíveis em larga escala tem mudado substancialmente a composição da atmosfera e o balanço térmico do Planeta provocando o aquecimento global, degelo nos polos, chuvas ácidas e poluição da atmosfera. As previsões dos efeitos decorrentes podem levar a um esgotamento desses recursos. Alternativas como a energia nuclear, que eram apontadas como solução definitiva, já mostraram que só podem piorar a situação.

Ao tentar encontrar melhores soluções ambientais, a população ver-se-á obrigada a adotar uma nova forma de vida.

As reservas conhecidas de petróleo devem durar apenas mais 75 anos; as de gás natural, um pouco mais de 100 anos; as reservas de carvão, aproximadamente 200 anos (JN

edição 6 de Dezembro de 2009). Com o fim das reservas das fontes não renováveis a população ver-se-á obrigada a encontrar novas soluções.

A utilização das energias renováveis em substituição dos combustíveis fósseis é uma direção viável e vantajosa. Pois, além de serem praticamente inesgotáveis, as energias renováveis podem apresentar impacto ambiental muito baixo ou quase nulo.

As energias renováveis disponíveis são a hídrica, eólica, solar, geotérmica e marés (Figura 6). As ondas e a biomassa podem ser uma alternativa viável á utilização das energias não renováveis (Guia prático da eficiência energética).

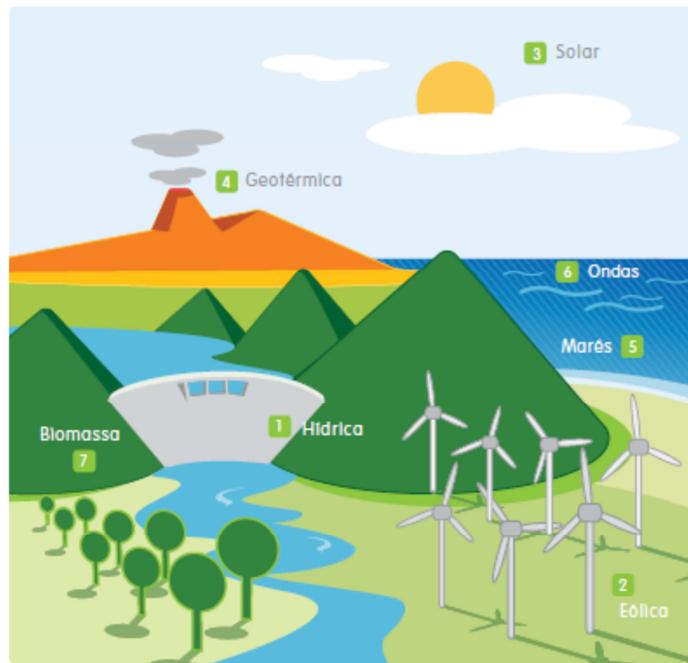


Figura 6 – Fontes renováveis (Guia prático da eficiência energética)

O desenvolvimento das tecnologias para o aproveitamento das energias renováveis poderá beneficiar comunidades rurais e regiões afastadas bem como a produção agrícola através da autonomia energética e conseqüente melhoria global da qualidade de vida dos habitantes.

Fontes de energia renováveis inesgotáveis podem vir a ser a resposta a curto e médio prazo, para uma redução da degradação do ambiente.

2.1.2 Principais passos para atingir a sustentabilidade

A população terá de adotar novas formas de viver por forma a tentar inverter a degradação do ambiente.

Entre várias medidas possíveis, ganha relevância a aposta de diversos países na redução das emissões de gases com efeito de estufa.

Os primeiros passos neste sentido foram dados em Maio de 1992, tendo sido criada a **Convenção Quadro da Organização das Nações Unidas (ONU)** sobre Alterações Climáticas, que entrou em vigor em Março de 1994 (JN edição 6 de Dezembro de 2009). A questão das alterações climáticas foi assumida pela ONU como fulcral para as gerações, a fim de impedir a “perigosa interferência” humana das concentrações de **Gases de Efeito de Estufa (GEE)**.

A conferência das nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, **Cimeira da Terra**, no Rio Junho de 1992 foi o ponto de partida para a sensibilização da opinião pública para as questões das alterações climáticas (JN edição 6 de Dezembro de 2009). O desenvolvimento sustentável entrou também no vocabulário dos decisores políticos. O **Protocolo de Quioto**, Dezembro de 1997, que vigorou de 2005 até 2012, estabeleceu metas de redução de emissões de 5,2% face aos valores de 1990 para os países industrializados, (JN edição 6 de Dezembro de 2009). Este protocolo integra mecanismos como o comércio de emissões, sua monitorização e fórmulas de adaptação através de ajudas as tecnologias limpas. As metas propostas não foram atingidas.

Na conferência sobre as Alterações Climáticas, que incluiu a 13^a Conferência das Partes (COP13) e o Encontro das Partes aderentes a Quioto, “**Rota do Bali**”, de Dezembro de 2007 os compromissos não foram quantificados, para evitar que um desacordo iminente não tivesse retorno (JN edição 6 de Dezembro de 2009).

De 7 a 18 de Dezembro de 2009, delegações de 192 países reuniram-se em **Copenhaga** para debater as alterações climáticas e o aquecimento global. Esta reunião teve como objetivo substituir o Protocolo de Quioto, que nunca chegou a ser aplicado por todos os intervenientes, e por outro de resolver as alterações climáticas a nível global e que fosse aplicada por todos os signatários. Teve como principal objetivo a celebração de um acordo internacional global que permitisse reduzir as emissões nos países desenvolvidos, limitar o aumento das emissões nos países em desenvolvimento e financiar as ações destinadas a mitigar os efeitos das alterações climáticas e os esforços de adaptação desenvolvidos pelos países pobres (JN edição 6 de Dezembro de 2009).

As metas de redução de gases com efeitos de estufa anunciadas para 2020 não foram vinculativas e em muitos casos não foram definidas.

A União Europeia (EU) comprometeu-se a uma redução dos GEE entre 20 e 30 % até 2020 (em comparação com os níveis de 1990).

Os EUA apresentaram uma proposta de redução dos GEE entre 14 e 17% até 2020, face aos níveis de 2005.

A proposta do Brasil foi de uma redução de emissões de 36% a 38% até 2020.

A China aceitou reduzir a intensidade carbónica (emissões por unidade de riqueza produzida) de 40% a 45%, até 2020 face aos níveis de 2005.

Em termos de financiamento o acordo estabeleceu ainda que os países ricos transfiram um montante de 30 mil milhões de dólares (21 mil milhões de euros) entre 2010 e 2012, e de cem mil milhões de dólares (setenta mil milhões de euros) a partir de 2012, até 2020, para financiar os países pobres e em desenvolvimento na mitigação das suas emissões e na adaptação aos efeitos do aquecimento global. Os EUA contribuirão com 3.600 milhões de dólares, a UE com 10.600 milhões e o Japão com 11 mil milhões de dólares.

Este documento previu ainda medidas de verificação e pretendeu limitar o aumento da temperatura global em 2°C (JDN edição 16 de Dezembro de 2009).

2.1.3 Principais passos para atingir a sustentabilidade em Portugal

Portugal produz apenas 15% da energia que consome, tornando-o num dos países mais dependentes da utilização de energias fósseis importadas.

Uma alternativa a esta situação é o aumento da eficiência no consumo de energia e o aproveitamento do potencial de energias renováveis, que em Portugal é assinalável, com destaque para a energia solar, eólica, hídrica e da biomassa.

Na Figura 7 está representado o consumo primário em Portugal entre 2000 e 2004 e na Figura 8 está representado as metas para a instalação de energias renováveis em Portugal em 2010

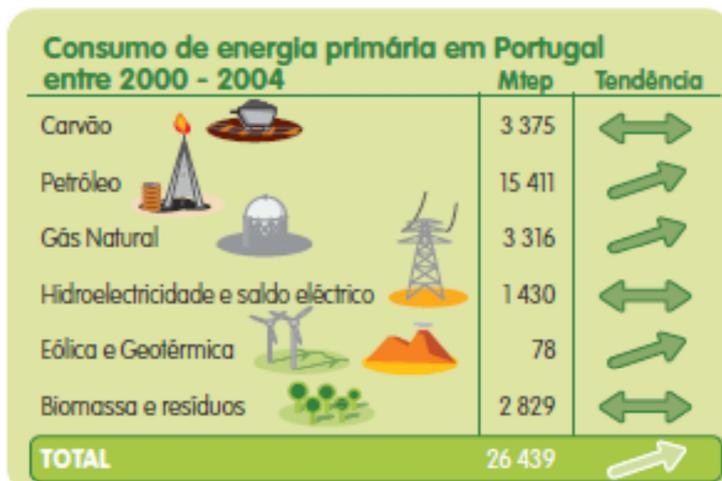


Figura 7 – Consumo de energia primária em Portugal ente 2000-2004 (DGGE, 2005)

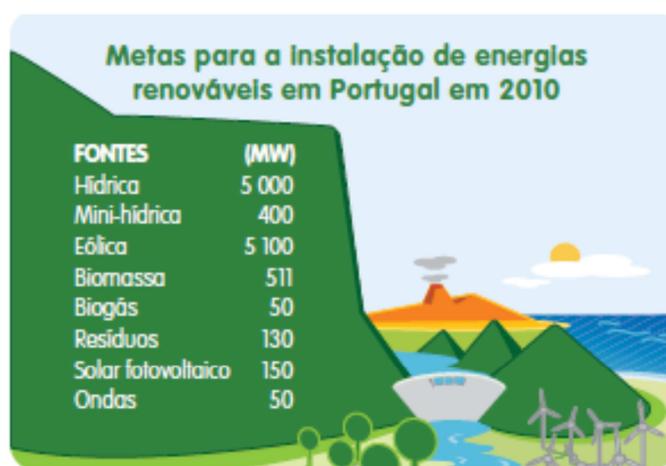


Figura 8 – Metas para a instalação de energias renováveis em Portugal em 2010 (RCM 169/2005)

2.2 Eficiência Energética dos Edifícios

“A utilização racional de energia, às vezes chamada simplesmente de eficiência energética, consiste em usar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético” (CEEE 2006).

2.2.1 Desempenho dos Edifícios

A ameaça de esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, a pressão dos resultados económicos e as preocupações ambientais, faz com que a população encare a eficiência energética como uma das soluções para equilibrar o modelo de consumo existente e para combater as alterações climáticas.

Os equipamentos utilizados nas habitações, nos escritórios, nos meios de transporte, na iluminação das vias públicas e mesmo nas centrais que produzem e distribuem a energia, quer ela seja eletricidade, gás natural ou outra, consomem de alguma forma uma fonte de energia.

A utilização excessiva das fontes de energia de origem fóssil, como o petróleo (que representa 37% do consumo), o carvão (27%), o gás natural e o urânio, contribuem significativamente para a libertação de dióxido de carbono para a atmosfera trazendo consequências nefastas para o Planeta, como as chuvas ácidas, o aquecimento global e a redução da camada de ozono (Eficiência Energética nos edifícios residenciais).

Edifícios, processos industriais e de transporte energeticamente eficientes poderiam reduzir as necessidades energéticas do mundo em 2050 para um terço, sendo essencial o controlo das emissões globais de gases com efeito de estufa, de acordo com a Agência Internacional de Energia, (AIE).

A adoção de soluções ou medidas energéticas eficientes em edifícios pode passar, por exemplo, por colocar um isolamento térmico de modo a reduzir os consumos energéticos para aquecimento e arrefecimento, mantendo a mesma temperatura ambiente, instalar lâmpadas economizadoras (fluorescentes, LED), em vez de lâmpadas incandescentes para atingir o mesmo nível de iluminação.

A utilização das energias renováveis como fonte de energia para suprir as necessidades energéticas, quer de climatização como o aquecimento de águas quentes sanitárias e de piscinas é uma das formas mais eficientes de reduzir o consumo de energia de origem fóssil. Em Portugal, a instalação de painéis solares térmicos na cobertura dos edifícios pode representar uma redução de 60% no consumo de energia para aquecimento de águas sanitárias (TTERRA, 2008).

Aprender a utilizar de forma responsável energia disponível é garantir um futuro melhor para as gerações futuras.

Assim, a eficiência energética e a utilização de fontes de energia renovável são os "dois pilares" da política energética sustentável (DGGE, 2011).

2.2.2 Crescimento Energético nos Edifícios

“Os edifícios são responsáveis pelo menos por 40% da energia utilizada na maioria dos países” (WBCSD, 2011). *O cenário absoluto está a crescer fortemente, como é exemplo o desenvolvimento rápido de construção em países como a China e a Índia* (Projeto EEE, 2011). É essencial agir agora, pois os edifícios podem dar um grande contributo para a diminuição das alterações climáticas e utilização energética. *“Um edifício tem um longo ciclo de vida, logo o seu efeito sobre o ambiente é um longo e continuo problema a considerar”* (ONG, China, 2011).

O progresso pode começar imediatamente, pois existe atualmente o conhecimento e a tecnologia para reduzir a utilização de energia nos edifícios, enquanto ao mesmo tempo se melhoram os níveis de conforto. As barreiras de comportamento, organizacionais e financeiras colocam-se no caminho da ação imediata e três abordagens podem ajudar a ultrapassá-las: apoio à interdependência, valorização da energia e a transformação de comportamentos.

Em Portugal, os edifícios são responsáveis pelo consumo de cerca de 30% do consumo total de energia primária do país e 62% dos consumos de eletricidade. Os edifícios habitacionais, um conjunto de cerca de 3,3 milhões de edifícios, contribuíram com cerca de 17% do consumo primário, representando cerca de 29% dos consumos de eletricidade (TAGS, 2012).

Um edifício tem consumos energéticos muito significativos. Este fato verifica-se sobretudo ao nível das frações, mas o consumo das zonas comuns, que representa cerca de 27% do consumo total do edifício, também é relevante. Este valor varia consoante os níveis de equipamentos existentes (TAGS, 2012).

Os consumos de energia no interior das frações distribuem-se aproximadamente da seguinte forma: cozinha e águas quentes sanitárias: 50%; aquecimento e arrefecimento: 25%; iluminação e eletrodomésticos: 25%. Como se constata, os custos para as águas quentes sanitárias e sua produção tem um valor elevado no consumo. Numa ótica de eficiência energética, esta produção pode ser alterada para uma fonte de energia renovável. Contudo, na maioria dos edifícios, esta instalação é difícil o que diminui a sua rentabilidade.

As condições de conforto proporcionadas por um edifício de habitação dependem de uma série de fatores que incluem as características de construção do edifício e dos sistemas de aquecimento e arrefecimento utilizados. Estes fatores estão também relacionados de forma direta com os custos de operação do edifício. Assim, é essencial proceder a uma avaliação correta destas características para avaliar as linhas de ação que podem conduzir a uma melhoria significativa do ambiente interior da habitação e a menores custos na utilização de energia.

A avaliação das características construtivas e dos sistemas de aquecimento e arrefecimento é especialmente importante quando se compra um edifício de habitação novo. É fundamental que, para além do aspeto agradável da habitação e do seu custo de aquisição, também sejam tidos em consideração os requisitos de eficiência energética.

Deve-se ter em conta vários fatores na construção de uma habitação: a orientação e captação de energia solar e as características da envolvente exterior tais como o isolamento nos edifícios, as coberturas, os pavimentos, os envidraçados, as janelas, cor dos revestimentos, a ventilação, o aquecimento e arrefecimento, a produção das águas quentes sanitárias e as energias renováveis entre outros.

Na Figura 9 estão representadas as características necessárias para uma boa eficiência energética de um edifício habitacional.

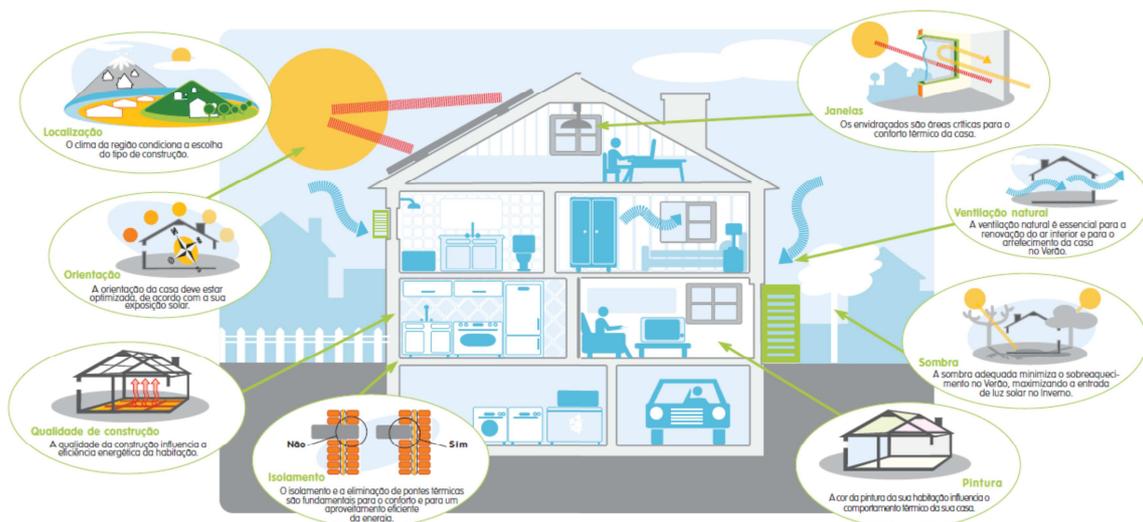


Figura 9 – Características necessárias para uma boa eficiência energética dentro de um edifício (Guia Prático da Eficiência Energética, 2008)

Orientação e captação de energia solar

A localização do edifício é muito importante no que respeita às necessidades térmicas do espaço interior. A captação eficaz de energia solar constitui um fator essencial a ter em consideração na fase de execução do projeto.

A capacidade que um edifício tem de captar a radiação solar nos períodos em que existe uma maior necessidade de energia (isto é, no Inverno) e de ter a menor superfície possível exposta à luz do Sol quando existe a necessidade de dissipar o calor (isto é, no Verão) determina o grau de conforto oferecido aos ocupantes e os consequentes gastos de energia. Sendo essas condições opostas, dá-se muitas vezes o caso de os edifícios serem muito eficientes no Inverno mas pouco eficientes no Verão, ou vice-versa. Existem, no entanto, alguns tipos de edifícios que têm boas prestações tanto no Inverno como no Verão. O controlo dos ganhos solares pode ser realizado através da correta utilização de sistemas de sombreamento.

Consoante o clima local ou os diferentes objetivos específicos, pode optar-se por privilegiar uma condição ou a outra. No caso de uma casa situada num clima muito frio como exemplo o norte da Europa, o Verão não será um problema tão grande e poder-se-á concentrar quase exclusivamente na eficiência durante o Inverno. Por outro lado, no caso de um edifício situado num clima muito quente como o Sul da Europa, o objetivo consistirá em reduzir a irradiação durante o Verão.

Em Portugal para se conseguir obter a melhor eficiência de energia solar é necessário ter em atenção às irradiações provenientes do Verão e no Inverno pois está presentes as duas condições meteorológicas.

Na construção de uma habitação a exposição solar a Este e Oeste deve ser reduzida. Estas duas orientações são irradiadas principalmente durante o Verão e a entrada de radiação é difícil de controlar, uma vez que se faz quase perpendicularmente às janelas. Para aumentar os ganhos solares e diminuir as perdas através dos envidraçados no Inverno é aconselhável reduzir as janelas orientadas para o Norte e aumentar as que estão orientadas para o Sul, desta forma diminuem-se as perdas pelos envidraçados a Norte e aumenta-se os ganhos pelos o que estão a Sul.

O lado Norte do edifício deve ser reservado a instalações sanitárias, arrumos, ou outras divisões que necessitem de poucas aberturas (ou mesmo nenhuma) para o exterior. O Norte é considerado como desfavorável porque não tem ganhos.

Nas zonas mediterrâneas verifica-se uma necessidade dupla, arrefecimento no verão e aquecimento no inverno.

Com um sistema simples de proteção das janelas é possível conseguir melhores condições climatéricas dentro das habitações. As proteções das janelas têm uma importância vital ao nível da eficiência energética de um edifício devido ao controlo da radiação solar. Estas proteções têm como objetivo controlar a entrada da luz solar e bloquear a luz direta do Sol durante o Verão enquanto permitem a penetração da luz do Sol durante o Inverno. Existem atualmente vários tipos de proteções que se adaptam às necessidades de cada edifício.

A proteção solar deverá ser projetada e adequada, consoante os requisitos de Verão e de Inverno existentes no local a projetar o edifício.

Características da envolvente exterior

Na construção de um edifício o tipo de materiais com que se constrói a fachada também influencia as condições de conforto no seu interior. As características principais a ter em conta, no que diz respeito aos ganhos e perdas de energia, são a inércia térmica do material e a sua capacidade de isolamento térmico.

A inércia térmica de um edifício é a sua capacidade de contrariar as variações de temperatura no seu interior. Isto acontece devido à sua capacidade de acumular calor nos elementos construtivos. A velocidade de absorção e a quantidade de calor absorvida determina a inércia térmica dum edifício.

A inércia térmica influencia o comportamento térmico do edifício tanto de Inverno, ao determinar a capacidade de utilização dos ganhos solares, como de Verão ao influenciar a capacidade do edifício absorver a energia disponível e evitar os picos de temperatura.

A inércia térmica é uma característica das próprias matérias pesadas e densas como por exemplo, os tijolos maciços, o betão e a pedra. As paredes com uma estrutura pesada têm uma elevada capacidade térmica, funcionando como reservatórios de calor e amortecedores térmicos, ou seja, reduzem e contrariam os picos de temperatura interior, algo que uma estrutura isolante, mais leve, não consegue fazer.

No Verão, a mesma capacidade para absorver o calor mantém o ambiente interior mais fresco: como se pode constatar quando se entra numa casa antiga com paredes espessas em pedra, capazes de transmitir uma sensação de bem-estar.

A quantidade de calor necessária para manter uma habitação à temperatura de conforto depende também, em larga escala, do seu nível de isolamento térmico que previne a transferência de calor por condução entre o interior e o exterior de um edifício. Um edifício mal isolado acarreta maiores custos com o aquecimento, pois consome mais energia: no Inverno arrefece rapidamente, podendo ocorrer condensações no seu interior, e no Verão aquece mais e num espaço de tempo mais curto.

Por estas razões é essencial diminuir as perdas e os ganhos de calor utilizando técnicas de isolamento térmico adequadas nos edifícios. Pequenas intervenções de melhoria no isolamento de edifícios podem conduzir a economias energéticas elevadas, evitando custos desnecessários no aquecimento e o arrefecimento de espaços.

Isolamento nos edifícios

Um bom isolamento da envolvente e uma correta aplicação proporciona poupanças ao nível dos custos de aquecimento e arrefecimento, ou seja, permite poupar energia durante a sua utilização.

Existem vários tipos de materiais e técnicas de isolamento. A escolha depende do clima da zona (ou seja, do grau de isolamento que se pretende alcançar) e de quaisquer restrições de construção da área visada.

Os materiais de isolamento térmico são geralmente materiais porosos e de baixa densidade como o Poliestireno Expandido (EPS), o Poliestireno Extrudido (XPS), a Espuma de Poliuretano (PUR), o Aglomerado de cortiça (ICB), a lã mineral (MW), etc.. Consoante o Edifício a projetar, são utilizados materiais soltos ou sob a forma de espuma, placas compactas, tapetes ou placas.

O isolamento térmico deverá ser aplicado em todas as partes da envolvente, paredes (incluindo zonas de pilares e vigas), coberturas e pavimentos. A ligação entre os diferentes elementos do edifício deverá ser bem isolada, evitando o aparecimento de pontes térmicas, isto é, áreas em que o calor é dissipado em maior quantidade do que no resto do edifício (zonas com materiais com menor resistência térmica).

O isolamento poderá ser aplicado de diferentes maneiras, em função das exigências do edifício, poderá ser aplicado pelo exterior, sendo esta a aplicação mais eficaz, pelo interior, ou na caixa-de-ar de elementos duplos.

Paredes

A Transmissão de energia entre o exterior e o interior é preponderante no desempenho energético do edifício seja qual for o sistema de climatização.

As paredes exteriores são os elementos com maior relevância pela transmissão de energia entre o exterior o interior.

Existem vários tipos de soluções construtivas entre as quais, as paredes duplas com isolamento, preenchendo total ou parcialmente a caixa-de-ar, parede simples com isolamento térmico pelo exterior ou pelo interior, aplicado com revestimento aderido ou com fachada ventilada, revestimento independente contínuo ou descontínuo com fixação de suportes pontuais.

O isolamento poderá ser aplicado pelo exterior, através da colocação de placas de isolamento ou aplicação de uma espuma nas paredes exteriores. Esta forma de isolar as paredes exteriores proporciona grandes vantagens em termos de capacidade de aquecimento do edifício.

Outros métodos de aplicação do isolamento poderão ser pelo interior ou dentro da caixa-de-ar sendo estes métodos menos eficazes que a aplicação pelo exterior, pois não conseguem eliminar as pontes térmicas.

Coberturas

As coberturas são as superfícies da envolvente que mais contribuem para as perdas de calor num edifício. O isolamento térmico de uma cobertura é considerado uma intervenção de eficiência energética prioritária, face aos benefícios imediato em termos da diminuição das necessidades energéticas, por se tratar de uma das medidas mais simples e menos dispendiosa.

Existem vários tipos de coberturas entre as quais, cobertura inclinada com isolamento na vertente (desvão habitado sob cobertura), ou com isolamento térmico descontínuo ou isolamento na esteira (painéis sanduiche). Cobertura em terraço, com isolamento com proteção leve (autoprotégida), ou com isolamento com proteção pesada (seixo, lajeta etc.). Cobertura invertida com isolamento sobre impermeabilização.

Pavimentos

A intervenção ao nível dos pavimentos é fundamental quando estão em contacto direto com o exterior, solo ou com espaços interiores não aquecidos. Existem vários tipos de pavimentos, com isolamento aplicado pelo interior, em contacto com o solo, ou em contato com espaços interiores não aquecidos.

Envidraçados

As superfícies envidraçadas desempenham um papel muito importante no domínio da eficiência energética do edifício. A superfície do vidro possibilita a entrada de calor (através da radiação solar) mas por outro lado permite uma maior dissipação do mesmo, em especial quando não são construídas e montadas de forma apropriada.

A seleção do tipo de envidraçados deve ser feita com o intuito de reduzir as infiltrações de ar não-controladas, aumentar a captação de ganhos solares no Inverno, reforçar a proteção da radiação solar durante o Verão e melhorar as condições de ventilação natural.

Os fatores mais importantes no isolamento térmico de um envidraçado são a área de superfície envidraçada, o tipo de vidro, o tipo de proteção solar a ser utilizado e o tipo de caixilharia.

Elementos de sombreamento

Como as janelas proporcionam uma relação mais direta com o exterior, é importante dotá-las de um elemento de proteção pelo exterior, elemento este que permite ao utilizador controlar as trocas energéticas com o exterior, tornando a relação mais ou menos direta. Assim, as janelas orientadas a Nascente, Sul e Poente devem ser munidas de sistemas de sombreamento exterior.

Como as janelas proporcionam uma relação direta com o exterior, é importante dotá-las de um elemento exterior, elemento este que permite ao utilizador controlar as trocas energéticas com o exterior. Assim, as janelas orientadas a Nascente, Sul e Poente devem ser munidas de sistemas de sombreamento exterior.

Existe, no mercado, uma grande variedade de elementos de proteção que são aplicados pelo exterior de vãos envidraçados, para reduzirem ou controlarem a incidência da radiação solar: palas, beirados, toldos, portados, venezianas, persianas, estores de

enrolar, estores metálicos orientáveis, mas nem todos estes sistemas salvaguardam os aspetos qualitativos ou estéticos pretendidos.

Ventilação

A ventilação natural ou mecânica adequada contribui para a otimização do conforto térmico e da qualidade do ar interior das habitações levando a uma maior eficiência energética e uma melhor qualidade de vida. A constante renovação do ar, a uma taxa adequada, leva a diminuição da humidade dentro dos edifícios e da concentração de poluentes nocivos para a saúde.

A ventilação dos espaços acontece, por consequência, de dois processos espontâneos, nos quais o movimento do ar resulta do seu impulso natural para manter o equilíbrio entre a temperatura e pressão.

De modo a assegurar um caudal adequado e constante pode usar-se a ventilação mecânica, de preferência com permutação de calor para reduzir os consumos energéticos.

Na Figura 10 está representado a forma de renovação de ar nos edifícios .

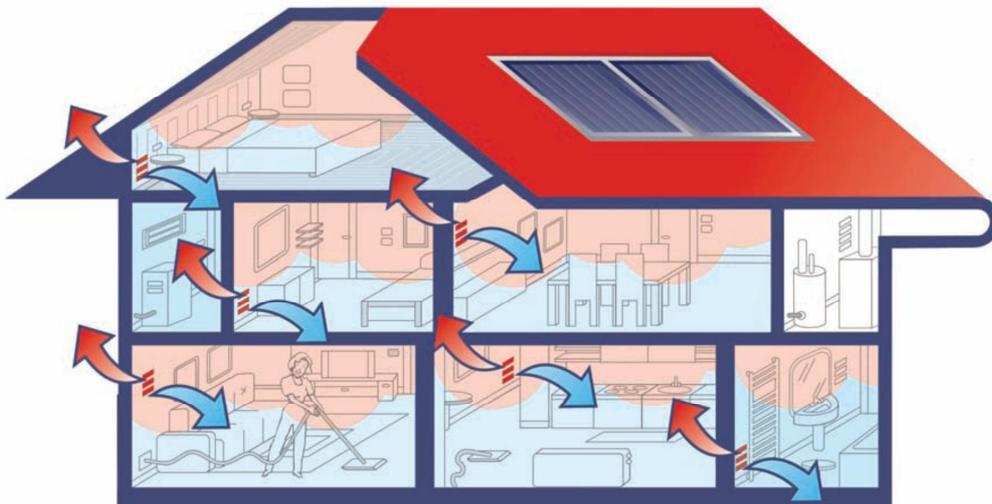


Figura 10 – Renovação de ar nos Edifícios (Eficiência Energética nos edifícios residenciais)

Climatização

Os sistemas de aquecimento e arrefecimento desempenham um papel essencial no edifício habitacional e são os que têm maior impacto no conforto térmico. São, ao mesmo tempo, responsáveis por uma parte significativa da fatura energética da habitação e pelas emissões de gases poluentes para a atmosfera, daí que a sua eficiência energética seja fundamental.

A eficiência energética de um sistema de aquecimento e/ou arrefecimento num edifício atinge o nível mais elevado, quanto menor for o consumo de energia para manter as condições de calor o mais estáveis possíveis, proporcionando assim o bem-estar das pessoas.

As necessidades de aquecimento de uma habitação são inconstantes, tanto ao longo do ano, como ao longo do dia, pois existem oscilações de temperatura diária não sendo necessária a mesma em todas as divisões de uma habitação. Naquelas que se utilizem de dia (zona de dia), a temperatura deverá ser maior do que nos quartos (zona de noite). Há igualmente espaços, como a cozinha, que têm as suas próprias fontes de calor e que requerem menos aquecimento. Por isso, é muito importante dispor de um sistema de regulação de aquecimento que adapte as temperaturas da habitação às necessidades

Produção de águas quentes sanitárias

Na maior parte dos casos, a água quente para uso doméstico (águas quentes sanitárias, AQS) é obtida com o recurso a um esquentador a gás ou a um termoacumulador elétrico mas, quando existem unidades de aquecimento central, é habitual que elas também produzam água quente.

O aquecimento de água é um processo no qual é consumida uma grande quantidade de energia, pelo que a seleção e utilização eficiente destes sistemas apresenta um grande impacto no consumo de energia.

No aquecimento de águas quentes sanitárias, a medida mais eficiente para poupar energia reside na minimização racional dos consumos de água quente. Uma forma de reduzir os consumos de água passa pela instalação de sistemas redutores de caudal, como os chuveiros economizadores e os filtros arejadores. Estes sistemas proporcionam um conforto de utilização semelhante ao de um chuveiro ou torneira normal, mas com cerca de metade do caudal de água.

Outra forma de reduzir os consumos energéticos para a produção de AQS é a instalação de coletores solares térmicos.

Em Portugal, desde Julho de 2006, todos os edifícios novos devem ser projetados de acordo com o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (Decreto-Lei 80/2006). Neste Regulamento prevê-se a utilização de painéis solares térmicos sempre que o edifício apresentar boas condições de captação de

radiação solar (boa exposição solar). Os painéis solares são a tecnologia mais difundida de aquecimento de águas com fontes de energia renováveis. Os painéis solares também podem contribuir para o apoio da climatização ambiente.

2.3 Certificação energética nos edifícios

A Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da Europa, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios, estabelece a implementação nos Estados-Membros, de um sistema de certificação que permita informar os cidadãos sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da sua construção, reabilitação, venda ou arrendamento.

O Certificado Energético do Edifício descreve a situação efetiva de desempenho energético de um edifício e inclui o cálculo dos consumos de energia previstos (de acordo com as metodologias dos regulamentos) devendo, ainda ser exposto de forma clara, para efeitos de divulgação ao público. Desta forma, a certificação energética permite aos futuros utentes obter informação sobre os consumos de energia, o que poderá constituir um critério adicional na escolha do imóvel.

De acordo com a transposição para a legislação portuguesa, este certificado é obrigatório: para obter licenças de utilização em edifícios novos; quando sejam efetuadas obras de reabilitação de valor superior a 25% do valor do edifício; e no aluguer ou venda de edifícios existentes, sejam de habitação ou de serviços. Nestes casos, o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar dos Edifícios (SCE).

Nos edifícios já existentes, a certificação energética destina-se a proporcionar informação sobre as medidas de melhoria de desempenho, com viabilidade económica, que o proprietário pode implementar para reduzir as suas despesas energéticas e, simultaneamente melhorar a eficiência energética do edifício.

Nos edifícios novos e nos que foram sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, a certificação energética permite comprovar a correta aplicação da regulamentação térmica em vigor, nomeadamente a obrigatoriedade de instalar sistemas de energias renováveis de elevada eficiência energética.

O processo de certificação envolve a atuação de um perito qualificado (PQ), o qual terá que verificar a conformidade regulamentar do edifício no âmbito do regulamento, classificá-lo de acordo com o seu desempenho energético, com base numa escala de A+ (melhor desempenho) a G (pior desempenho), e eventualmente propor medidas de melhoria.

Em resultado da sua análise o perito pode emitir:

- Declaração de conformidade regulamentar (DCR), necessária para a obtenção do pedido de licença de construção;
- Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (CE), necessário para a obtenção do pedido de licença de utilização ou, no caso de edifícios existentes, para venda ou aluguer do imóvel.

O certificado terá um prazo de validade máximo de 10 anos, exceto para os edifícios de serviços com mais de 1000 m², para os quais a revisão será feita em intervalos de tempo mais curtos.

O registo dos certificados na ADENE (Agencia para a Energia) está sujeito ao pagamento de uma taxa, a fixar anualmente por portaria.

Para além do aspeto informativo, muito útil para todos os futuros compradores de habitações novas ou usadas, a aplicação do certificado energético tem ainda outra vantagem: a verificação de que as condições estipuladas em projeto são realmente cumpridas. Isto acontece porque, para a emissão do certificado, é necessário que seja feita uma vistoria ao edifício por um perito qualificado. Nesta vistoria são contemplados vários aspetos, desde o desempenho energético até à verificação da qualidade do ar interior e, nos casos dos edifícios com instalações de climatização, será efetuada uma inspeção e a verificação dos procedimentos previstos para manutenção.

Atualmente está em vigor um novo RCCTE Decreto-Lei 118/2013 publicado em Agosto de 2013. Após um processo de revisão e passados 7 anos da aplicação do Decreto-Lei 80/2006, procedeu-se á sua revisão e avaliação da sua aplicação, com o objetivo de melhorar a sua aplicação de forma a responder a todas a necessidades da construção dos edifícios de habitação em Portugal.

2.4 Regulamentação Térmica RCCTE

Ao longo de mais de 10 anos de aplicação da primeira regulamentação térmica, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) Decreto-Lei n.º 40/90, muito mudou ao nível da edificação.

O RCCTE de 2006 foi o primeiro instrumento legal que, em Portugal, impôs requisitos ao projeto de novos edifícios e de grandes remodelações por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia, quer no Inverno, quer no Verão.

Em paralelo, o RCCTE de 1990 e de 2006 visava também garantir a minimização de efeitos patológicos na construção derivados das condensações superficiais e no interior dos elementos da envolvente.

Ao longo dos anos verifica-se que o RCCTE constituiu um marco significativo na melhoria da qualidade da construção em Portugal, havendo hoje uma prática generalizada de aplicação de isolamento térmico nos edifícios, incluindo nas zonas de clima mais ameno.

A versão do RCCTE de 2006 impôs limites aos consumos energéticos dos edifícios. Impôs uma maior exigência de formação profissional dos técnicos que possa ser responsável pela comprovação dos requisitos deste regulamento, por forma a aumentar a sua competência e dar mais credibilidade e sucesso à satisfação dos objetivos pretendidos com o diploma.

Âmbito de aplicação e estrutura do RCCTE (2006)

A Diretiva Europeia EPBD 2002 foi transposta para a legislação nacional através do Decreto-Lei 78/2006 (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios - SCE), Decreto-Lei 79/2006 (RSECE) e do Decreto-Lei 80/2006 (RCCTE).

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios - SCE - conjuntamente com o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios - RSECE - e com o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios - RCCTE - constituem os pilares da política nacional no que se refere ao desempenho energético dos edifícios. A aplicação destes

regulamentos visa minimizar o consumo energético dos edifícios, através de medidas de racionalização energética e de incentivo à utilização de fontes de energia com menor impacto ambiental.

Estes três regulamentos têm como objetivos certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios, identificar as alterações e melhorias necessárias nos edifícios e sistemas energéticos (caldeiras e equipamentos de ar condicionado), no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior e à utilização de sistemas de energia renovável.

O principal objetivo do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar dos Edifícios (SCE) é, melhorar o desempenho energético dos edifícios e contribuir para a construção de edifícios menos consumidores de energia. É através deste sistema que se definem os mecanismos que um promotor (entidade que pretende construir o edifício) deve seguir.

Na Figura 11 está representado as diferentes fases para a SCE.



Figura 11 – Diferentes fases para aplicação do SCE (Fonte ADENE, 2010)

Os edifícios a que se aplica o RCCTE são:

- Edifícios de habitação;
- Edifícios de serviços com área útil inferior a 1000 m² e sem sistemas mecânicos de climatização ou com sistemas de climatização de potência inferior a 25 kW;

- Grandes intervenções de remodelação ou de alteração na envolvente, situação em que o custo seja superior a 25% do valor do edifício, calculado com base num valor de referência por metro quadrado, definido anualmente em portaria, ou nas instalações de preparação de águas quentes sanitárias das duas tipologias de edifícios referidos nos pontos anteriores;
- Ampliações de edifícios existentes, exclusivamente na nova área construída.

As exceções estão previstas no n.º 9 do artigo 2º do texto regulamentar e incluem edifícios ou frações autónomas destinadas a serviços, edifícios utilizados como locais de culto ou para fins industriais bem como infraestruturas militares.

O Regulamento aplica-se a cada fração autónoma de um edifício, ou seja, a cada uma das partes de um edifício que:

- Seja dotada de contador individual de consumo de energia;
- Esteja separada do resto do edifício por uma barreira física contínua e cujo direito de propriedade ou fruição seja transmissível autonomamente.

Quando um grupo de edifícios tiver um único contador de energia, o RCCTE aplica-se a cada um dos edifícios separadamente. Nos edifícios com uma única fração autónoma mas constituídos por corpos distintos (parte do edifício com identidade própria significativa, comunicando com o resto do edifício através de ligações restritas), o regulamento aplica-se a cada corpo.

Dentro de cada fração autónoma, corpo do edifício ou zona de ampliação as exigências regulamentares aplicam-se aos espaços úteis interiores para os quais se requerem condições interiores de conforto. Esses espaços serão completamente delimitados por elementos construtivos, nomeadamente paredes, pavimento, coberturas, envidraçados e portas que compõem a:

- Envolvente exterior, quando definem a fronteira entre o espaço útil interior e o ambiente exterior;
- Envolvente interior, quando definem a fronteira entre o espaço útil interior e outros espaços interiores não climatizados (espaços anexos “não úteis”), tais como garagens, armazéns, lavandarias, caixas de escadas, outras frações não habitacionais (comércio e serviços) etc.

A verificação regulamentar exige:

a) Licenciamento - Licença de construção:

- Demonstração do cumprimento do RCCTE e termo de responsabilidade do Projetista;
- Declaração de conformidade regulamentar subscrita por um Perito Qualificado no âmbito do SCE.

b) Conclusão da obra - Licença de Utilização/Certificação:

- Termo de responsabilidade do técnico responsável pela direção técnica declarando o cumprimento do projeto;
- Declaração de conformidade regulamentar subscrita por um Perito Qualificado no âmbito do SCE.

c) Certificação de edifícios existentes:

- Quando o edifício for objeto de operação de venda, locação ou arrendamento, isto no caso de edifícios existentes que ainda não tenham sido objeto de certificação ou edifícios cuja validade do certificado (10 anos) tenha expirado. O limite de validade de 10 anos pode ser menor quando o edifício (ou fração) for sujeito a uma intervenção ou reabilitação significativa, em que o edifício fica sujeito a nova demonstração do cumprimento do RCCTE.

Para a aplicação do RCCTE foram desenvolvidos diversas aplicações para a verificação regulamentar. A solução mais simples é a utilização de folhas de cálculo em Excel onde as diversas células são preenchidas através de uma avaliação rigorosa do edifício em estudo por parte do projetista.

Existem também aplicações informáticas. A implementação de programas de cálculo computacional permite tornar mais expedita a aplicação regulamentar. As aplicações informáticas mais conhecidas são comercializadas pela CYPE - Top Informática e a do LNEG.

O trabalho apresentado baseia-se no estudo de diversas simulações que se efetuou através de uma folha de cálculo do Excel, por forma a comparar diversos resultados obtidos de diversas soluções aplicadas no mesmo edifício.

Capítulo 3 - Metodologia

O estudo do presente trabalho baseia-se na apresentação de diversas simulações efetuadas através de uma folha de cálculo do Excel onde se aplica as exigências regulamentares (RCCTE), por forma a comparar diversos resultados obtidos de diversas soluções aplicadas no mesmo edifício.

O trabalho desenvolvido consistiu na avaliação do impacto das soluções construtivas dos elementos da envolvente e dos sistemas de climatização do edifício na sua classe energética.

No decurso do trabalho foi realizada uma análise paramétrica do desempenho de dois casos de estudo, dois edifícios de habitação unifamiliar, com a implementação de um conjunto de soluções para a sua envolvente e equipamentos.

A determinação da classe energética foi realizada através da metodologia definida na regulamentação térmica Portuguesa.

O primeiro caso em estudo analisado foi uma habitação unifamiliar de tipologia T3 localizada na freguesia de Vinhós, concelho de Fafe (Habitação 1). O segundo caso de estudo estudado foi uma habitação unifamiliar de tipologia T3 localizada freguesia de Souto São Salvador, concelho de Guimarães (Habitação 2).

Os casos de estudo selecionados foram habitações construídas após a implantação do RCCTE de 2006, sendo a análise efetuada em fase de projeto.

A seleção das diferentes soluções construtivas para a envolvente e dos sistemas de climatização aplicadas em cada caso em estudo baseou-se na seleção de materiais e equipamentos que influenciam a classificação energética.

Deverá ser instalado um sistema coletor solar térmico para aquecimento de água quente sanitária. A área do coletor deverá ser da ordem de 1m^2 por ocupante nominal do edifício para um coletor padrão com as seguintes características:

- Rendimento óptico = 69%
- Coeficientes de perdas térmicas $a_1 = 7,500\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $a_2 = ,014\text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- Área de abertura = $1,0\text{ m}^2$

Poderá ser utilizada uma área menor de coletores do que a exigida pelo RCCTE desde que a solução alternativa proposta capte, numa base anual, a energia equivalente ou superior à captada pelo coletor padrão.

Os sistemas deverão ser certificados de acordo com as normas e legislação em vigor, instalados por instaladores acreditados pela Direção Geral de Energias e Geologia DGGE e, cumulativamente, garantir a manutenção do sistema em funcionamento eficiente durante um período mínimo de 6 anos após a instalação.

3.1 Avaliação dos casos de estudo

Neste trabalho estudaram-se duas habitações unifamiliares com desempenho idêntico, habitação unifamiliar 1 apresenta uma arquitetura moderna com grandes áreas envidraçadas, habitação unifamiliar 2 apresenta uma arquitetura moderna com uma estrutura equivalente à habitação 1. Para a escolha das habitações teve-se em consideração a sua arquitetura, por forma a se poder aplicar facilmente os diferentes tipos de soluções construtivas sobre o mesmo elemento e cumprir todas as exigências regulamentares, e para se poder proceder ao estudo paramétrico das diferentes soluções construtivas e avaliar o impacto sobre a classe energética.

A seleção destas habitações unifamiliares baseou-se no fato de serem habitações com uma arquitetura semelhante e serem um exemplo da construção moderna que se constrói atualmente em Portugal.

As habitações unifamiliares devem demonstrar a satisfação de um conjunto de características mínimas. As características mínimas de referência devem respeitar os seguintes parâmetros:

- Coeficiente de transmissão térmica dos elementos das envolventes;
- Área e fator solar dos vãos envidraçados;
- Inercia térmica interior;
- Proteção solar dos envidraçados.

HABITAÇÃO 1

A habitação 1, a edificar na freguesia de Vinhós no concelho de Fafe, distrito de Braga, insere-se na zona climática I2-V2, a uma altitude de cerca de 412m (Anexo 1), sendo a fachada principal orientada a sul.

A habitação 1 é uma habitação unifamiliar do tipo T3, constituída por um piso parcialmente enterrado, onde se localiza a garagem e os arrumos, e dois pisos elevados destinados a habitação.

No rés-do-chão localiza-se a sala, a cozinha, instalação sanitária e lavandaria, no piso 1 localizam-se os quartos (dois quartos e uma suite) e uma instalação sanitária.

As envolventes exteriores serão realizadas com recurso a paredes duplas com isolamento garantindo ao edifício uma inércia térmica forte.

Em todas as situações foram consideradas pontes térmicas planas associadas a pilares, vigas e a caixa de estores.

Na Tabela 1 apresentam-se as diversas características da habitação unifamiliar 1.

Tabela 1 – Características da Habitação Unifamiliar 1

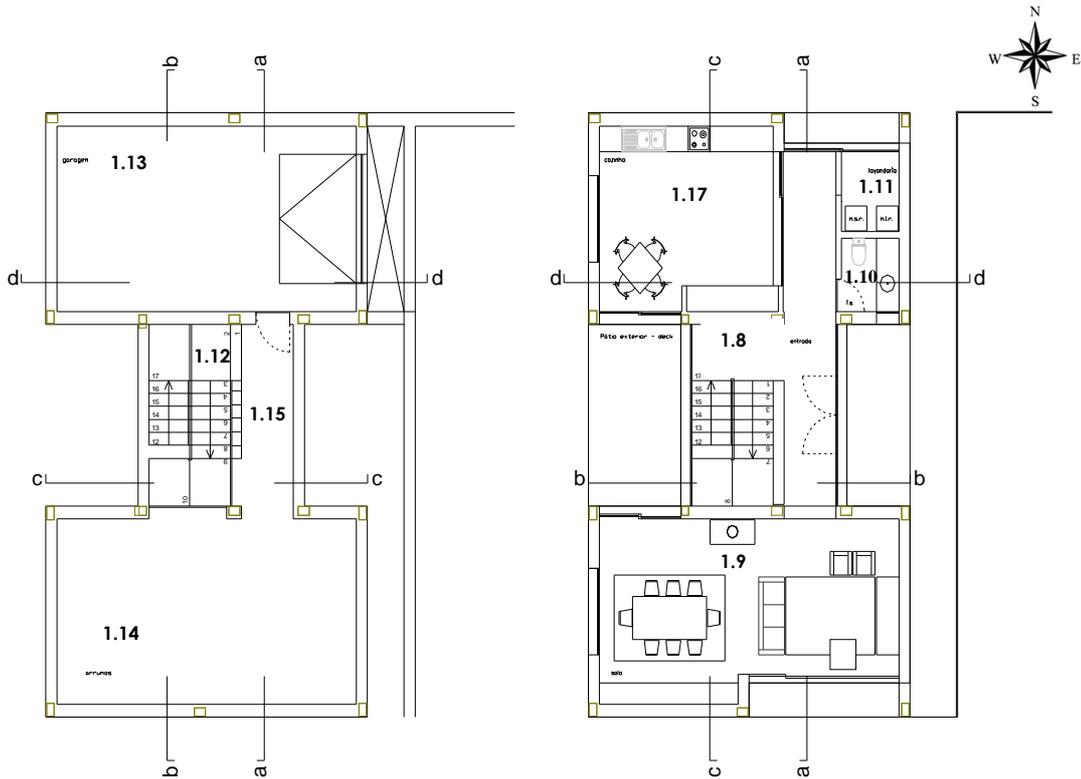
	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR 1
Localização	Vinhós, Fafe
Zona Climática	I2-V2
Altitude	412 m
Tipologia	T3
Orientação da fachada Principal	Sul
Área Útil	217,25m ²
Pé direito medio	2,60m
Área dos Envidraçados exteriores	101,55m ² (43% área exterior)
Área das paredes exteriores	133,6m ² (57% área exterior)

Na Figura 12 está representado diferentes vistas da habitação unifamiliar 1.



Figura 12 – Diferentes vista da habitação unifamiliar 1

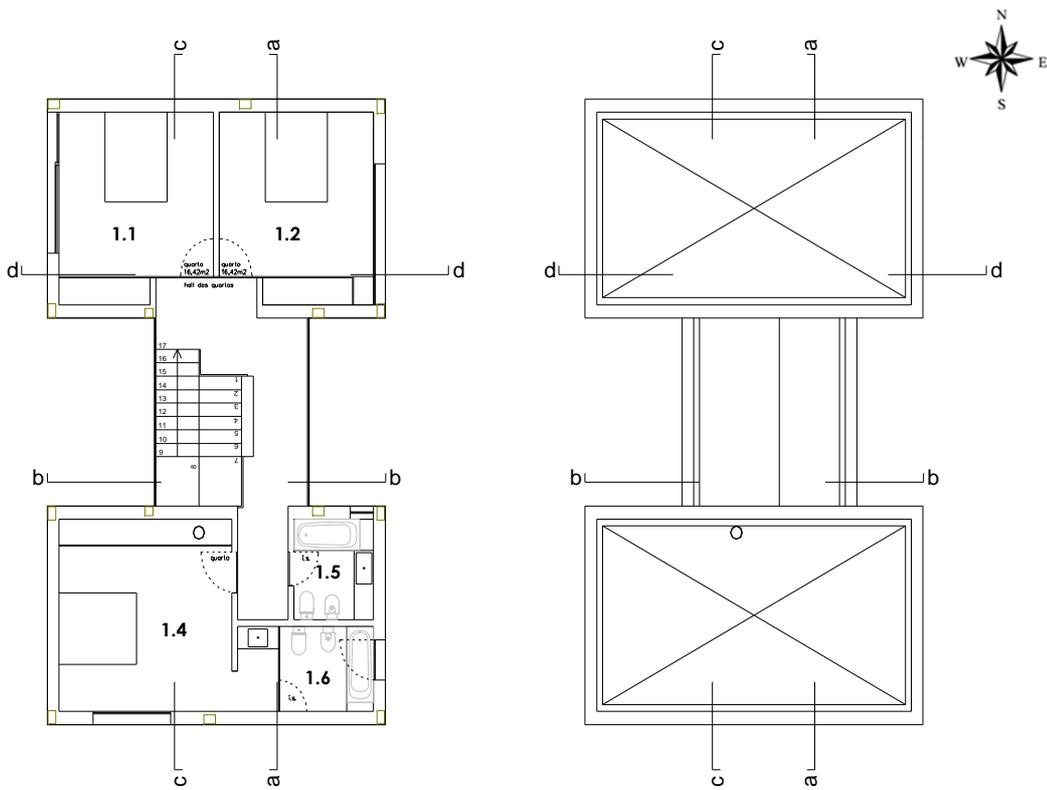
Nas Figuras 13 a 21 apresentam as plantas dos três pisos do edifício. São também apresentados os principais cortes, assim como os alçados Noroeste, Sudeste, Nordeste e Sudoeste do edifício.



planta da cave 104m²

planta de rés-do-chão 98m²

Figura 13 – Planta da cave e planta do rés-do-chão da habitação unifamiliar 1



planta do andar 102m²

planta de cobertura

Figura 14 – Planta do andar e planta da cobertura da habitação unifamiliar 1

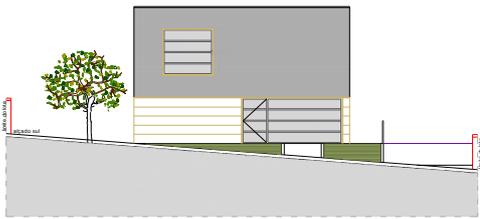


Figura 15 – Alçado Sul da habitação unifamiliar 1

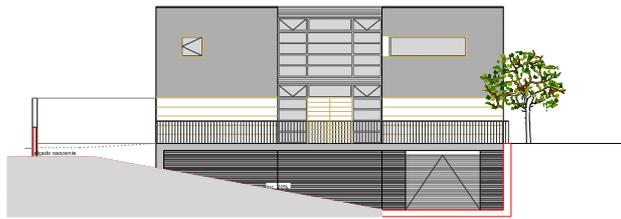


Figura 16 – Alçado Nascente da habitação unifamiliar 1

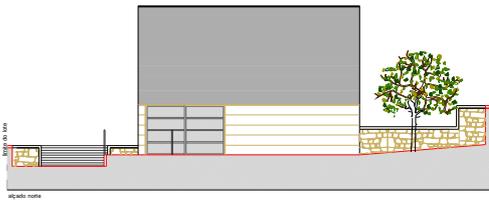


Figura 17 – Alçado Norte da habitação unifamiliar 1

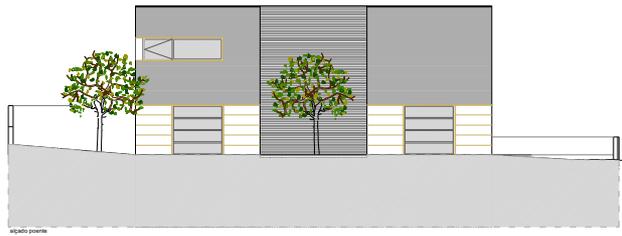


Figura 18 – Alçado Poente da habitação unifamiliar 1

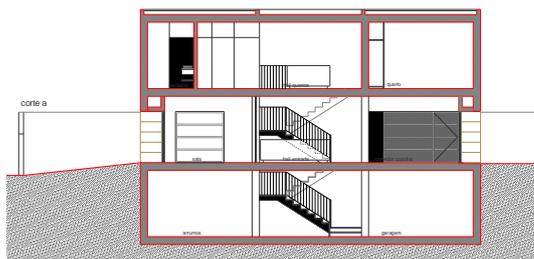


Figura 19 – Corte a da habitação unifamiliar 1

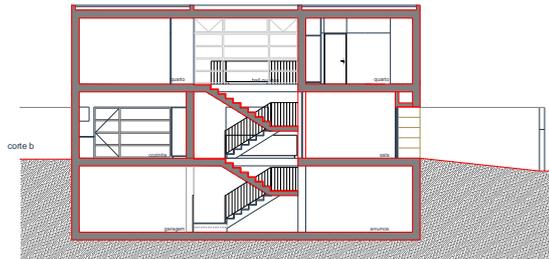


Figura 20 – Corte b da habitação unifamiliar 1

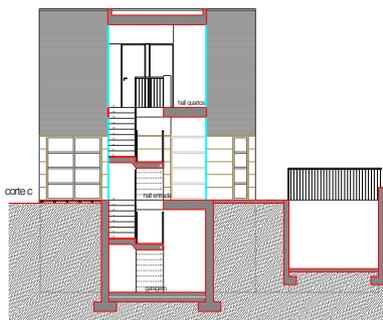


Figura 21 – Corte c habitação unifamiliar 1

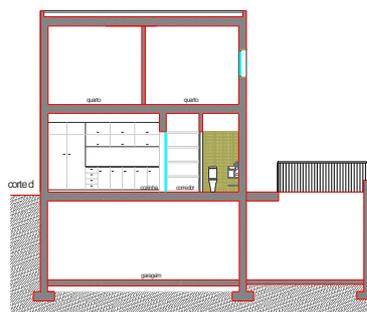


Figura 22 – Corte d habitação unifamiliar 1

Área útil e pé direito da habitação unifamiliar 1

Na Tabela 2 apresentam-se as diversas zonas do edifício com as suas respetivas áreas.

Tabela 2 - Áreas das zonas em estudo da habitação unifamiliar 1

	ZONA	ÁREA (m ²)
1.1	Quarto	16,42
1.2	Quarto	16,42
1.3	Hall dos Quartos	14,33
1.4	Suite	21,20
1.5	Instalação Sanitária	4,61
1.6	Instalação Sanitária	4,55
1.7	Cozinha	20,69
1.8	Hall de entrada	14,81
1.9	Sala	31,79
1.10	Instalação Sanitária	2,73
1.11	Lavandaria	2,87
1.12	Escadas	12,00
1.13	Garagem	34,83
1.14	Arrumos	34,83
1.15	Hall da cave	9,50

De acordo com o apresentado na Tabela 2, a área útil de pavimento é de 217,25 m², não sendo contabilizado neste total a área dos espaços não úteis (garagem). O pé direito médio considerado é de 2,60 m, em todos os pisos.

No **Anexo I** estão representadas, nas plantas cave, rés-do-chão e andar, as zonas que fazem parte da área útil e da área não útil.

Coefficientes de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos habitação unifamiliar 1

As perdas térmicas das paredes que separam o espaço útil do espaço não útil são calculadas em função do coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos (τ).

A determinação do valor de τ é feita a partir da Tabela IV.1 do RCCTE, em função do tipo de espaço não útil e da relação entre as áreas dos elementos que separam os dois espaços se a dos elementos que separam o espaço não útil do exterior. A lavandaria e os arrumos são considerados como espaços uteis, sendo espaços climatizados. Os arrumos estão em contato direto com o vão das escadas, sendo estas abertas dando acesso direto aos arrumos. Neste caso particular a lavandaria dispõe de um dispositivo de climatização, logo é considerado como um espaço útil. A lavandaria encontra-se em contato direto com o hall de entrada sendo considerado como um espaço útil.

Consideraram-se como espaços não úteis a garagem privada e o desvão sanitário como uma solução adotada.

Na Tabela 3 e na Tabela 4 apresenta-se um quadro resumo com os valores considerados no cálculo do coeficiente τ para cada espaço não útil.

Tabela 3- Cálculo do τ da Garagem Privada da habitação unifamiliar 1

Espaço não útil	Medição dos elementos da envolvente interior		Ai	Au	Ai/Au	τ
	Par 3	10,14				
Garagem Privada	Pav 1	31,45	41,59	14,82	2,81	0,50

Tabela 4- Cálculo do τ do Desvão Sanitário da habitação unifamiliar 1

Espaço não útil	Medição dos elementos da envolvente interior		Ai	Au	Ai/Au	τ
	Pav 1	58,48				
Desvão Sanitário	Pav 1	58,48	58,48	-	>>10	0,40

No **Anexo III** estão representadas as áreas respetivas de Ai e Au.

Envolvente Exterior

Para a habitação unifamiliar em estudo optou-se por selecionar diferentes soluções construtivas. As soluções construtivas adotadas foram selecionadas por forma a analisar o impacto das soluções construtivas na classe energética e comparar os diferentes resultados obtidos.

Todas as soluções elaboradas para o estudo das habitações foram selecionadas conforme as soluções mais correntes e mais utilizadas nas habitações unifamiliares modernas que se constrói atualmente em Portugal.

a. Paredes

Neste estudo foram estudadas 2 tipos de paredes, paredes duplas e paredes simples, com espessuras diferentes e com isolamento aplicado de diversas formas e espessuras.

No que diz respeito às pontes térmicas planas, o RCCTE impõe que, os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficial, U , das heterogeneidades opacas inseridas na zona corrente da envolvente (pilares, vigas e caixas de estore) não excedam os valores máximos admissíveis de U para os elementos opacos nem o dobro do valor de U dos elementos verticais ou horizontais em zona corrente.

Na Tabela 5 estão representadas as características das paredes estudadas.

Tabela 5- Características das paredes estudadas para a habitação unifamiliar 1

Solução	Solução	Tipo de isolamento	Espessura de isolamento (m)	U (W/m ² °C)
1	Par 1.1	XPS	0,06	0,38
	Pt 1.1	XPS	0,03	0,72
	Par 2.1	XPS	0,03	0,72
1.1	Par 1.1.1	XPS	0,10	0,27
	PT 1.1.1	XPS	0,07	0,41
	Par 2.1.1	XPS	0,07	0,41
2	Par 1.2	MW	0,04	0,46
	Pt 1.2	MW	0,04	0,57
	Par 2.2	MW	0,04	0,57
	Pt 2.2	PUR	0,03	0,91
3	Par 1.3	EPS	0,05	0,53
	Pt 1.3	EPS	0,05	0,65
	Par 2.3	EPS	0,05	0,65
4	Par 1.4	XPS	0,20	0,16
	Pt 1.4	XPS	0,17	0,19
	Par 2.4	XPS	0,17	0,19
5	Par 1.5	XPS	0,50	0,07
	Pt 1.5	XPS	0,47	0,08
	Par 2.5	XPS	0,47	0,08

Soluções 1 -

Parede exterior – Par 1.1 (parede do tipo 1 correspondente à solução 1): paredes duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 15cm de espessura, caixa-de-ar com 8cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 6cm de espessura) encostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e face exterior com 2cm de argamassa de cimento (U = 0,38 W/m².°C).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.1.

Ponte térmica plana – Pt 1.1 (*ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 1*): A ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1.1 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 3cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,72 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.1.

Parede exterior – Par2.1 (*parede do tipo 2 correspondente à solução 1*): parede duplas constituídas por um pano de betão armado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 3cm de espessura totalmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 3cm de espessura) encostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,72 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.1.

Soluções 1.1

Parede exterior – Par 1.1.1 (*parede exterior do tipo 1 correspondente à solução 1.1*): paredes duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 15cm de espessura, caixa-de-ar com 12cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 10cm de espessura) encostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,27 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.1.1.

Ponte térmica plana – Pt 1.1.1 (*ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 1.1*): ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1.1.1 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 7cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,41 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.1.1.

Parede exterior – Par 2.1.1 (*parede exterior do tipo 2 correspondente à solução 1.1*): paredes duplas constituídas por um pano de betão armado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 3cm de espessura totalmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 7cm de espessura) encostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,41 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.1.1.

Soluções 2

A solução do tipo 2 é idêntica À solução tipo 1, sendo neste caso utilizada lã mineral (MW) na caixa-de-ar.

Parede exterior – Par 1.2 (*parede do tipo 1 correspondente à solução 2*): paredes duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 15cm de espessura, caixa-de-ar com 8cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 6cm de espessura) encostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com

11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,46 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.2.

Ponte térmica plana – Pt 1.2 (*ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 2*): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1.2 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior caixa-de-ar com 8cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70 kg/m^3 , com 6cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,57 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.2.

Ao considerar persianas exteriores considerou-se ponte térmica da caixa de estore, está solução só foi considerada quando se considerou persianas exteriores.

Parede exterior – Par 2.2 (*parede do tipo 2 correspondente à solução 2*): As paredes serão duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 6cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70 kg/m^3 , com 4cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocadas em ambas as faces com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,57 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.2.

Ponte térmica plana – Pt 2.2 (*ponte térmica plana do tipo 2 correspondente à solução 2*): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1.2 devido à caixa de estore será corrigida com isolamento térmico (poliuretano projetado, PUR, com 3cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 7cm de

espessura, rebocada no interior com argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 0,91 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 2.2

Soluções 3

Para a solução do tipo 3 optou-se por uma solução com isolamento térmico pelo exterior e com bloco térmico pelo interior. Solução bastante utilizada em habitações com um perfil moderno.

Parede exterior – Par 1.3 (parede do tipo 1 correspondente à solução 3): paredes simples constituídas por alvenaria de blocos de betão leve de agregados de argila expandida do tipo "Bloco Térmico BT20" com 20cm de espessura. Pelo exterior será aplicado isolamento térmico do tipo "Hot Skin" também da com 5cm de espessura, rebocada na face interior com 2cm de argamassa de cimento e o exterior com 1cm de espessura ($U = 0,53 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.3.

Ponte térmica plana – Pt 1.3 (ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 3): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1,3 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo exterior com isolamento térmico do tipo "Hot Skin" da "Maxit" com 5cm de espessura, rebocada na face interior com 2cm de argamassa de cimento e o exterior com 1cm de espessura ($U = 0,65 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.3.

Parede exterior – Par 2.3 (parede do tipo 2 correspondente à solução 3): paredes simples constituídas elemento de betão armado com 20cm de espessura. Pelo exterior será aplicado isolamento térmico do tipo "Hot Skin" também da "Maxit" com 5cm de

espessura, rebocada na face interior com 2cm de argamassa de cimento e o exterior com 1cm de espessura ($U = 0,65 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.3.

Soluções 4

Para a solução do tipo 4 optou-se por uma solução com isolamento térmico na caixa-de-ar de elevada espessura.

Parede exterior – Par 1.4 (parede do tipo 1 correspondente à solução 4): paredes duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 15cm de espessura, caixa-de-ar com 22cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m^3 , com 20cm de espessura) encostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.4.

Ponte térmica plana – Pt 1.4 (ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 4): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1.4 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m^3 , com 17cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,19 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.4.

Parede exterior – Par 2.4 (parede do tipo 2 correspondente à solução 4): paredes duplas constituídas por elemento de betão armado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 17cm de espessura totalmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno

expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 17cm de espessura) encostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,19 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.4.

Soluções 5

Para a solução do tipo 5 optou-se por uma solução com isolamento térmico na caixa-de-ar de espessura superior à solução 4.

Parede exterior – Par 1.5 (parede do tipo 1 correspondente à solução 5): paredes duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 15cm de espessura, caixa-de-ar com 52cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 50cm de espessura) encostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,07 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.5.

Ponte térmica plana – Pt 1.5 (ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 5): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1.5 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 47cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,08 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.5.

Parede exterior – Par 2.5 (*parede do tipo 2 correspondente à solução 5*): paredes serão duplas constituídas por elemento de betão armado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 47cm de espessura totalmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 47cm de espessura) encostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,08 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.5.

Solução Geral

A solução geral representa as soluções de diferentes tipos elementos da habitação que serão aplicadas em todos os tipos de combinações de soluções.

Porta exterior – A porta exterior é constituída por duas chapas de alumínio com 2mm de espessura, com enchimento em poliuretano injetado com 18mm de espessura ($U = 1,61 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a porta exterior.

b. Coberturas

Na Tabela 6 está representado as características das coberturas estudadas.

Tabela 6- Características das coberturas estudadas para a habitação unifamiliar 1

Solução	Solução	Tipo de isolamento	Espessura de isolamento (m)	U (W/m ² °C)
1	Cob 1.1	XPS	0,10	0,31
	Cob 2.1	XPS	0,03	0,58
2	Cob 1.2	XPS	0,08	0,37
	Cob 2.2	XPS	0,02	0,68
3	Cob 1.3	MW	0,10	0,33
	Cob 2.3	MW	0,03	0,60
4	Cob 1.4	XPS	0,30	0,12
	Cob 2.4	XPS	0,06	0,39

Soluções 1

A solução do tipo 1 é uma solução para cobertura plana com uma laje do tipo aligeirada e isolamento térmico na parte superior da laje.

Cobertura exterior – Cob 1.1 (cobertura do tipo 1 correspondente à solução 1): cobertura constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 10cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira (U = 0,31 W/m².°C). No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura exterior Cob 1.1.

Cobertura exterior – Cob 2.1 (cobertura do tipo 2 correspondente à solução 1): cobertura constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos), estucada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura, sobre a qual será aplicado isolamento térmico (poliestireno

expandido extrudido, XPS, 30 kg/m^3 , com 3cm de espessura), seguido de uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento ($U = 0,58 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura exterior Cob 2.1.

Soluções 2

Na cobertura plana aplica-se uma solução do tipo 2 equivalente à solução de tipo 1, sendo utilizadas menores espessuras de isolamento térmico.

Cobertura exterior – Cob 1.2 (cobertura do tipo 1 correspondente à solução 2): A cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m^3 , com 8cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira ($U = 0,37 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura exterior Cob 1.2.

Cobertura exterior – Cob 2.2 (cobertura do tipo 2 correspondente à solução 2): A cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos), estucada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura, sobre a qual será aplicado isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m^3 , com 2cm de espessura), seguido de uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento ($U = 0,68 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura exterior Cob 2.2.

Soluções 3

Para a solução do tipo 3 optou-se por alterar o tipo de isolamento a utilizar, nas soluções anteriores 1 e 2 utilizou-se o XPS, nesta solução optou-se pela utilização de lã e rocha (MW).

Cobertura exterior – Cob 1.3 (cobertura do tipo 1 correspondente à solução 3): A cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70kg/m^3 , com 10cm de espessura), e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira ($U = 0,33 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura exterior Cob 1.3.

Cobertura exterior – Cob 2.3 (cobertura do tipo 2 correspondente à solução 3): A cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos), estucada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura, sobre a qual será aplicado isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70kg/m^3 , com 3cm de espessura), seguido de uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento ($U = 0,60 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura exterior Cob 2.3.

Soluções 4

Para a solução do tipo 4 optou-se por um elevado aumento do isolamento térmico relativamente à solução 1, XPS com 30cm de espessura.

Cobertura exterior – Cob 1.4 (*cobertura do tipo 1 correspondente à solução 4*): A cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 30cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira ($U = 0,12 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura exterior Cob 1.4.

Cobertura exterior – Cob 2.4 (*cobertura do tipo 2 correspondente à solução 4*): A cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos), estucada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura, sobre a qual será aplicado isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 6cm de espessura), seguido de uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento ($U = 0,39 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura exterior Cob 2.4.

c. Pavimentos

Foi apenas definida uma solução para os pavimentos porque estes têm uma menor influencia a nível do estudo paramétrico em análise.

Pavimentos sobre o exterior – Pav 1 (*pavimento sobre o exterior do tipo 1 correspondente à solução 4*): O pavimento será constituído por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos) rebocada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura, sobre a qual será

aplicado isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30kg/m³, com 3cm de espessura), seguido de uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento ($U = 0,55 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento exterior Pav 1.

d. Envidraçados

Soluções 1

Para a solução do tipo 1 optou-se por um envidraçado duplo 4-12-5 incolor.

Envidraçados – Env 1.1 (*Envidraçado do tipo 1 correspondente à solução 1*); (V1, V5, V6, V7, V8, V10, V11, V12, V13, V14, V16 e V17): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo incolor compostos de um vidro exterior de 4mm de espessura, de uma câmara de 12mm de ar e de um vidro interior de 5mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e sem rotura térmica, com permeabilidade ao ar elevada, com proteção solar constituída por lâminas exteriores metálicas orientáveis de cor média.

Na Tabela 7 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 1.1, no Anexo IV apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 7- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.1 para habitação unifamiliar 1

Envidraçados Env 1.1	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	3,22	0,75	0,09	0,63	0,29

Envidraçados – Env 2.1 (*Envidraçado do tipo2 correspondente à solução 1*); (V9): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo incolor compostos de um vidro exterior de 4mm de espessura, de uma câmara de 12mm de ar e de um vidro interior de 5mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e sem rotura

térmica, com proteção solar constituída por lâminas metálicas exteriores fixas de cor média.

Na Tabela 8 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 2.1, no Anexo IV apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 8- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 2.1 para habitação unifamiliar 1

Envidraçados Env 2.1	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	3,22	0,75	0,09	0,08	0,29

Envidraçados – Env 3.1 (Envidraçado do tipo 3 correspondente à solução 1); (V2, V3, V4 e, V15): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo incolor, compostos de um vidro exterior colorido na massa de 4mm de espessura, de uma câmara de 12mm de ar e de um vidro interior incolor de 5mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e com rotura térmica, sem qualquer proteção solar.

Na Tabela 9 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 3.1, no Anexo IV apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 9- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 3.1 para habitação unifamiliar 1

Envidraçados Env 3.1	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	3,22	0,55	0,55	0,55	0,55

Para melhor compreensão da quantificação dos ganhos solares pelos envidraçados apresenta-se, no **Anexo IV**, um quadro resumo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento utilizados tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento.

Soluções 2

Para a solução do tipo 1 optou-se por um envidraçado duplo 4-10-6 incolor.

Envidraçados – Env 1.2 (*Envidraçado do tipo 1 correspondente à solução 2*); *Env 1* (V1, V5, V6, V7, V8, V10, V11, V12, V13, V14, V16 e V17): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo “CLIMAPLUS 4S” da “Saint GobainGlass” e deverão ser compostos de um vidro exterior “SGG PLANISTAR” de 4mm de espessura, de uma câmara de 10mm de ar, de uma dupla selagem de estanquicidade e de um vidro interior “SGG PLANILUX” de 6mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e com rotura térmica, com proteção solar constituída por lâminas exteriores metálicas orientáveis de cor média.

Na Tabela 10 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 1.2, no Anexo IV apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 10- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.2 para habitação unifamiliar 1

Envidraçados Env 1.2	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	1,98	0,42	0,05	0,35	0,16

Envidraçados – Env 2.2: (*Envidraçado do tipo 2 correspondente à solução 2*); (V9): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo “CLIMAPLUS 4S” da “Saint GobainGlass” e deverão ser compostos de um vidro exterior “SGG PLANISTAR” de 4mm de espessura, de uma câmara de 10mm de ar, de uma dupla selagem de estanquicidade e de um vidro interior “SGG PLANILUX” de 6mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e sem rotura térmica, com proteção solar constituída por lâminas metálicas exteriores fixas de cor média.

Na Tabela 11 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 2.2, no Anexo IV apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 11- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 2.2 para habitação unifamiliar 1

Envidraçados Env 2.2	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	1,98	0,42	0,05	0,04	0,16

Envidraçados – Env 3.2 (*Envidraçado do tipo 3 correspondente à solução 2*); (V2, V3, V4 e, V15): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo “CLIMAPLUS 4S” da “Saint GobainGlass” e deverão ser compostos de um vidro exterior “SGG PLANISTAR” de 4mm de espessura, de uma câmara de 10mm de ar, de uma dupla selagem de estanquicidade e de um vidro interior “SGG PLANILUX” de 6mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e com rotura térmica, sem qualquer proteção solar.

Na Tabela 12 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 3.2, no **Anexo IV** apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 12- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 3.2 para habitação unifamiliar 1

Envidraçados Env 3.2	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	1,98	0,42	0,42	0,42	0,42

Para melhor compreensão da quantificação dos ganhos solares pelos envidraçados apresenta-se, no **Anexo IV**, um quadro resumo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento utilizados tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento.

Soluções 3

Para a solução do tipo 1 optou-se por um envidraçado laminado 44-12-5.

Envidraçados – Env 1.3 (*Envidraçado do tipo 1 correspondente à solução 3*); Env 1 (V1, V5, V6, V7, V8, V10, V11, V12, V13, V14, V16 e V17): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo “CLIMAPLUS 4S” da “Saint GobainGlass” e deverão ser compostos de um vidro exterior “SGG PLANISTAR” de 6mm de

espessura, de uma câmara de 16mm de ar, de uma dupla selagem de estanquicidade e de um vidro interior “SGG STADIP SILENCE 44,1” de 4+4mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e com rotura térmica, com proteção solar constituída por lâminas exteriores metálicas orientáveis de cor média. Na Tabela 13 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 1.3, no **Anexo IV** apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 13- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.3

Envidraçados Env 1.3	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	1,64	0,41	0,05	0,34	0,16

Envidraçados – Env 2.3 (Envidraçado do tipo 2 correspondente à solução 3); (V9): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo “CLIMAPLUS 4S” da “Saint GobainGlass” e deverão ser compostos de um vidro exterior “SGG PLANISTAR” de 4mm de espessura, de uma câmara de 10mm de ar, de uma dupla selagem de estanquicidade e de um vidro interior “SGG PLANILUX” de 6mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e sem rotura térmica, com proteção solar constituída por lâminas metálicas exteriores fixas de cor média.

Na Tabela 14 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 2.3, no **Anexo IV** apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 14- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 2.3 para habitação unifamiliar 1

Envidraçados Env 2.3	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	1,64	0,41	0,05	0,04	0,15

Envidraçados – Env 3.3 (Envidraçado do tipo 3 correspondente à solução 3); (V2, V3, V4 e, V15): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo “CLIMAPLUS 4S” da “Saint GobainGlass” e deverão ser compostos de um vidro exterior “SGG PLANISTAR” de 4mm de espessura, de uma câmara de 10mm de ar, de uma dupla

selagem de estanquicidade e de um vidro interior “SGG PLANILUX” de 6mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e com rotura térmica, sem qualquer proteção solar.

Na Tabela 15 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 3.3, no Anexo IV apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 15- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 3.3 para habitação unifamiliar 1

Envidraçados Env 3.3	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	1,64	0,41	0,41	0,41	0,41

Para melhor compreensão da quantificação dos ganhos solares pelos envidraçados apresenta-se, no **Anexo IV**, um quadro resumo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento utilizados tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento.

Soluções 4

Para a solução do tipo 4 optou-se por um envidraçado laminado 4-10-6.

Considerou-se persianas exteriores em todos envidraçados

Envidraçados – Env.1.4 (Envidraçado do tipo 1 correspondente à solução 4); (V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14, V15, V16 e V17): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo “CLIMAPLUS 4S” da “Saint GobainGlass” e deverão ser compostos de um vidro exterior “SGG PLANISTAR” de 4mm de espessura, de uma câmara de 10mm de ar, de uma dupla selagem de estanquicidade e de um vidro interior “SGG PLANILUX” de 6mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e com rotura térmica, com proteção solar constituída por persianas exteriores de réguas metálicas também de cor escura.

Na Tabela 16 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 3.3, no Anexo IV apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 16- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.4

Envidraçados Env 1.4	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
	1,98	0,42	0,09	0,35	0,19

Para melhor compreensão da quantificação dos ganhos solares pelos envidraçados apresenta-se, no **Anexo IV**, um quadro resumo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento utilizados tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento.

Envolvente Interior da habitação unifamiliar 1

Considera-se como envolvente interior a fronteira de separação entre a fração autónoma de ambientes normalmente não climatizados (espaços anexos «não úteis»).

Consideraram-se como espaços não úteis a garagem privada e o desvão sanitário.

Os elementos que fazem parte da envolvente interior são as paredes que separam a garagem privada dos arrumos e o pavimento que separa a garagem com o piso 01, e o pavimento que separa os arrumos do desvão sanitário.

a. Paredes

Soluções Geral:

A solução geral representa as soluções de diferentes tipos elementos da habitação que serão aplicadas em todos os tipos de soluções.

Parede interior – Par 3 (parede do tipo 3 aplicado em todas as combinações de soluções): As paredes serão simples constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura e rebocadas em ambas as faces com argamassa de cimento com espessura de 2cm ($U = 1,78 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede interior Par 3.

b. Pavimentos

Soluções Geral:

Definiu-se uma solução que representa as soluções de diferentes tipos elementos da habitação que serão aplicadas em todos os tipos de combinações de soluções.

***Pavimento interior – Pav 2** (pavimento do tipo 2 aplicado em todas as combinações de soluções):* O pavimento será constituído por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos) estucada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura, sobre a qual será aplicado isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30kg/m³, com 3cm de espessura), seguido de uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento ($U = 0,51 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento interior Pav 2.

Envolvente em Contacto com o Solo

a. Paredes

Soluções 1:

Para a solução do tipo 1 optou-se por uma solução sem isolamento térmico.

***Parede em contacto com o solo – Par 4.1** (parede do tipo 4 correspondente à solução 1):* As paredes serão simples constituídas por elemento em betão armado com 20cm de espessura, seguida de gesso cartonado de 12,5mm. Pelo exterior será aplicada a impermeabilização adequada ($U = 3,70 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede em contato com o solo Par 4.1.

Soluções 2:

Para a solução do tipo 2 optou-se pela colocação de isolamento térmico em lã de rocha com 4cm de espessura.

Parede em contacto com o solo – Par 4.2 (parede do tipo 4 correspondente à solução 2): As paredes serão simples constituídas por elemento em betão armado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com estrutura metálica de 48mm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70 kg/m³, com 4cm de espessura), seguida de gesso cartonado de 12,5mm. Pelo exterior será aplicada a impermeabilização adequada ($U = 0,79 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede em contato com o solo Par 4.2.

b. Pavimento em contacto com o solo

Soluções 1:

Para a solução do tipo 1 optou-se por uma solução sem isolamento térmico.

Pavimento em contacto com o solo – Pav 3.1 (pavimento do tipo 3 correspondente à solução 1): O pavimento será constituído por uma camada de brita com 15cm de espessura, seguida de laje de betão com 20cm de espessura sobre a qual será aplicada uma camada de betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura. Sobre esta camada será colocado uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento.

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento em contato com o solo Pav 3.1.

Soluções 2:

Para a solução do tipo 2 optou-se pela colocação de isolamento térmico XPS com 3cm de espessura.

Pavimento em contacto com o solo – Pav 3.2 (*pavimento do tipo 3 correspondente à solução 2*): O pavimento será constituído por uma camada de brita com 15cm de espessura, seguida de laje de betão com 20cm de espessura sobre a qual será aplicada uma camada de betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura. Sobre esta camada será colocado isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30kg/m³, com 3cm de espessura) e lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento.

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento em contato com o solo Pav 3.2.

Soluções 3:

Para a solução do tipo 3 considerou-se pavimento sobre desvão sanitário e utilizou-se a mesma solução do Pav 2.

Pavimento interior – Pav 2 (*pavimento do tipo 2 aplicado em todas as combinações de soluções*): O pavimento será constituído por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos) estucada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura, sobre a qual será aplicado isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30kg/m³, com 3cm de espessura), seguido de uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento ($U = 0,51 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

Na Tabela 51 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento Pav 2.

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento em contato com o solo Pav 2.

Elementos interiores à fração

a. Paredes

Soluções Geral:

Paredes divisórias da fração – Pdiv 1 (parede divisória do tipo 1): As paredes serão simples constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura e rebocadas em ambas as faces com argamassa de cimento com 2cm de espessura.

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede divisória Pdiv 1.

b. Pavimentos

Soluções Geral:

Pavimento interior da fração – Pav 4 (pavimento do tipo 4): O pavimento será constituído por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 23cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos) estucadas na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 11cm de espessura, sobre a qual será aplicada uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento.

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede pavimento Pav 4.

Pavimento interior da fração – Pav 5 (pavimento do tipo 5): O pavimento será constituído por laje em betão armado com 23cm de espessura estucadas na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento

em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 11cm de espessura, sobre a qual será aplicada uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento.

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede pavimento Pav 5.

Pavimento interior da fração – Pav 6 (pavimento do tipo 6): O pavimento será constituído por laje de betão armado com 15cm de espessura, estucada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de forma em argamassa de cimento com 3cm de espessura que servirá de suporte ao material de revestimento.

No **Anexo II** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede pavimento Pav 6.

Pontes térmicas Lineares

A correção das pontes térmicas deverá ser efetuada em toda a envolvente exterior e realizada de acordo com a pormenorização apresentada no Anexo IV.

Assim, no **Anexo V**, para cada uma das soluções construtivas, são apresentados os seguintes pormenores construtivos:

- Ligação da fachada com os pavimentos sobre locais não úteis ou exteriores;
- Ligação da fachada com os pavimentos intermédios;
- Ligação da fachada com cobertura em terraço.

Paralelamente poderão ainda ser estudadas as pontes térmicas nas ligações entre paredes e pilares.

Na Tabela 17 são apresentados diferentes pontes térmicas lineares, relativamente a fachada com pavimentos térreos, com pavimentos intermédios, pavimentos sobre locais não aquecidos, com cobertura inclinada, com varanda, com padieira ou peitoril, ou com duas paredes verticais.

Tabela 17- Pontes Térmicas Lineares da habitação unifamiliar 1

Ligações entre:	Ψ (W/m.$^{\circ}$C)	Referência
Fachada com Pavimentos Téreos $e_p=0,15$ $Z=0,1$ sem isolamento	0,45 $0,45 \times 1,50 = 0,68$	RCCTE, Tabela IV.3 - Ar
Fachada com Pavimentos Intermédios $e_p \Rightarrow 0,35$ $e_m \Rightarrow 0,30$	0,30	RCCTE, Tabela IV.3 - Cr
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos $e_p \Rightarrow 0,33$	0,78	RCCTE, Tabela IV.3 – Br.1
Fachada com Cobertura inclinada ou terraço $e_p \Rightarrow 0,25$	0,70	RCCTE, Tabela IV.3 – Dr
Fachada com Varanda $e_p \Rightarrow 0,35$ $e_m \Rightarrow 0,30$	0,45	RCCTE, Tabela IV.3 – Er
Fachada com padieira ou peitoril Não existe contacto da caixilharia com o isolamento térmico	0,20	RCCTE, Tabela IV.3
Ligação entre 2 paredes verticais $e_m \Rightarrow 0,22$	0,20	RCCTE, Tabela IV.3 – Fr

Aquecimento das águas sanitárias

A tipologia do edifício é T3 pelo que se consideram 4 ocupantes para o mesmo. Considera-se ainda que a utilização do edifício é permanente.

As redes de distribuição de água quente internas à fração deverão ser isoladas com isolamento térmico com 13mm de espessura.

Para o edifício em questão, um coletor padrão com área de $4m^2$, segundo o programa SOLTERM do LNEG, permite uma contribuição de 1504 kWh.

Soluções 1:

De forma a garantir uma contribuição semelhante ou superior a esta propõe-se a colocação de dois coletores planos do tipo CPC Ao Sol com área unitária de $2,0\text{m}^2$ perfazendo um total de $4,0\text{m}^2$, instalados com uma inclinação de 31° orientados a Sul, com apoio realizado por um esquentador a gás estanque com eficiência de 86% e depósito com permutador com 200l de capacidade, capazes de fornecer 1842 kWh.

Para o cálculo da eficiência energética da habitação unifamiliar 1, as características do equipamento de apoio retiraram-se das fichas técnicas do fornecedor, em que para o esquentador a gás utilizou-se como eficiência de conversão do sistema de AQS, η igual a $0,86\text{kgep/kWh}$ e para o valor do fator de conversão para os combustíveis gasosos utilizou-se F_{pu} igual a $0,086\text{kgep/kWh}$.

Soluções 2:

De forma a garantir uma contribuição semelhante ou superior a esta propõe-se a colocação de dois coletores planos do tipo CPC Ao Sol com área unitária de $2,0\text{m}^2$ perfazendo um total de $4,0\text{m}^2$, instalados com uma inclinação de 31° orientados a Sul, com apoio realizado por um termoacumulador elétrico com 50mm a 100mm de isolamento térmico capazes de fornecer 1842 kWh.

Para o cálculo da eficiência energética da habitação unifamiliar 1, as características do equipamento de apoio adotadas para a solução 2 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para o termoacumulador elétrico com 50mm a 100mm de isolamento térmico utilizou-se como eficiência de conversão do sistema de AQS, η igual a $0,9\text{kgep/kWh}$ e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pu} igual a $0,29\text{kgep/kWh}$.

Soluções 3:

De forma a garantir uma contribuição semelhante ou superior a esta propõe-se a colocação de dois coletores planos do tipo CPC Ao Sol com área unitária de $2,0\text{m}^2$ perfazendo um total de $4,0\text{m}^2$, instalados com uma inclinação de 31° orientados a Sul, com apoio realizado por uma caldeira a gás, capazes de fornecer 1842 kWh.

Para o cálculo da eficiência energética da habitação unifamiliar 1, as características do equipamento de apoio adotadas para a solução 3 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para a caldeira a gás utilizou-se como eficiência de conversão

do sistema de AQS, η_a igual a 0,87 kgep/kWh e para o valor do fator de conversão para combustíveis gasosos utilizou-se F_{pu} igual a 0,086 kgep/kWh.

Soluções 4:

De forma a garantir uma contribuição semelhante ou superior a esta propõe-se a colocação de dois coletores planos do tipo CPC Ao Sol com área unitária de 2,0 m² perfazendo um total de 4,0 m², instalados com uma inclinação de 31° orientados a Sul, com apoio realizado por uma Bomba de Calor do tipo Heliotherm água/água, capazes de fornecer 1842 kWh.

Para o cálculo da eficiência energética da habitação unifamiliar 1, as características do equipamento de apoio retiraram-se das fichas técnicas do fornecedor, em que para a bomba de calor tipo Heliotherm água/água utilizou-se como eficiência de conversão do sistema de AQS, η_a igual a 5 kgep/kWh e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pu} igual a 0,29 kgep/kWh.

Sistema de Climatização

Soluções 1:

Adotou-se para a solução 1 um sistema de aquecimento obtido pela resistência elétrica, em que para efeitos do cálculo de Ntc (Necessidades Globais Anuais Nominais) o Coeficiente de Desempenho toma o valor de 1 e para o sistema de arrefecimento uma máquina frigorífica com eficiência (COP) 3 (Coeficiente de Desempenho de 3), para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pui} e F_{puv} igual a 0,29 kgep/kWh. As características do sistema têm uma potência instalada inferior a 25 kW.

Soluções 2:

O aquecimento e arrefecimento do edifício serão realizados através de ar condicionado. As características do equipamento adotado para a solução 2 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de aquecimento, η_i é igual a 3, para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de arrefecimento, η_v igual a 3, e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pui} e F_{puv} igual a 0,29 kgep/kWh.

Soluções 3:

O aquecimento do edifício será realizado através de uma caldeira a gás.

Para o sistema de arrefecimento ambiente considerou-se, para efeitos do cálculo de Ntc, que o sistema de arrefecimento é uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3.

As características do equipamento adotado para a solução 3 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de aquecimento, η_i é igual a 0,87, para o valor do fator de conversão para combustíveis gasosos utilizou-se F_{pui} igual a 0,086 kgep/kWh, para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de arrefecimento, η_v igual a 3, e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{puv} igual a 0,29 kgep/kWh.

Soluções 4:

O aquecimento e arrefecimento do edifício serão realizados através de uma bomba de calor do tipo Heliotherm água/água. As características do sistema de climatização terá uma (COP)>5 com potência instalada inferior a 25 kW.

As características do equipamento adotado para a solução 4 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de aquecimento, η_i é igual a 5, para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de arrefecimento, η_v igual a 3, e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pui} e F_{puv} igual a 0,29 kgep/kWh.

Ventilação nas casas de banho

Na Tabela 18 são apresentados os valores de Rph (numero de renovação por ar) para as soluções 1 e 2

Tabela 18- Numero de Renovação por hora para a habitação unifamiliar 1

Solução adotada		Rph Número de renovação por hora
Solução 1	Ventilação Natural	0,95
Solução 2	Ventilação Mecânica	0,60

Soluções 1:

A ventilação utilizada será a ventilação natural.

Soluções 2:

As casas de banho deverão ser permanentemente ventiladas utilizando-se para o efeito um ventilador axial com uma capacidade de extração de $150\text{m}^3/\text{h}$ e potência de 20W em conjunto com um regulador de velocidade do tipo “RPW” que permitirá a redução do caudal para 75% do inicial.

Não está prevista a colocação de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído.

Dever-se-á colocar aberturas autorreguláveis e silenciadores de atravessamento de parede do tipo “STM” da “France-air” em todas as divisões importantes (quartos e salas). Nos quartos dever-se-á garantir um caudal de insuflação de $22\text{ m}^3/\text{h}$ e nas salas de $30\text{ m}^3/\text{h}$.

Em alternativa, poderão ser colocadas grelhas instaladas nas caixilharias desses mesmos compartimentos, do tipo “Isola” da “France-air”.

HABITAÇÃO 2

A habitação unifamiliar 2 destina-se a uma habitação unifamiliar, é de tipologia T3. Será edificado na freguesia de Souto São Salvador no concelho de Guimarães, distrito de Braga. Insere-se, portanto, na zona climática I2-V2, a uma altitude de cerca de 160m (Anexo VI), sendo a fachada principal orientada a Este.

O edifício é constituído por dois pisos. No rés-do-chão localiza-se a garagem privada, os arrumos, a sala, a cozinha, um quarto e uma instalação sanitária. No primeiro andar localizam-se dois quartos e duas instalações sanitárias.

A envolvente exterior será realizada a recurso a paredes duplas com isolamento garantindo ao edifício uma inércia térmica forte.

Na Tabela 19 apresentam-se as diversas características da habitação unifamiliar 2.

Tabela 19 – Características da Habitação Unifamiliar 2

	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR 2
Localização	Souto São Salvador, Guimarães
Zona Climática	I2-V2
Altitude	160 m
Tipologia	T3
Orientação da fachada Principal	Este
Área Útil	197,52m ²
Pé direito medio	2,85m
Área dos Envidraçados exteriores	60,00m ² (17% área exterior)
Área das paredes exteriores	297,00m ² (83% área exterior)

As Figuras 23 a 29 apresentam as plantas dos três pisos do edifício, os principais cortes, os alçados Noroeste, Sudeste, Nordeste e Sudoeste.

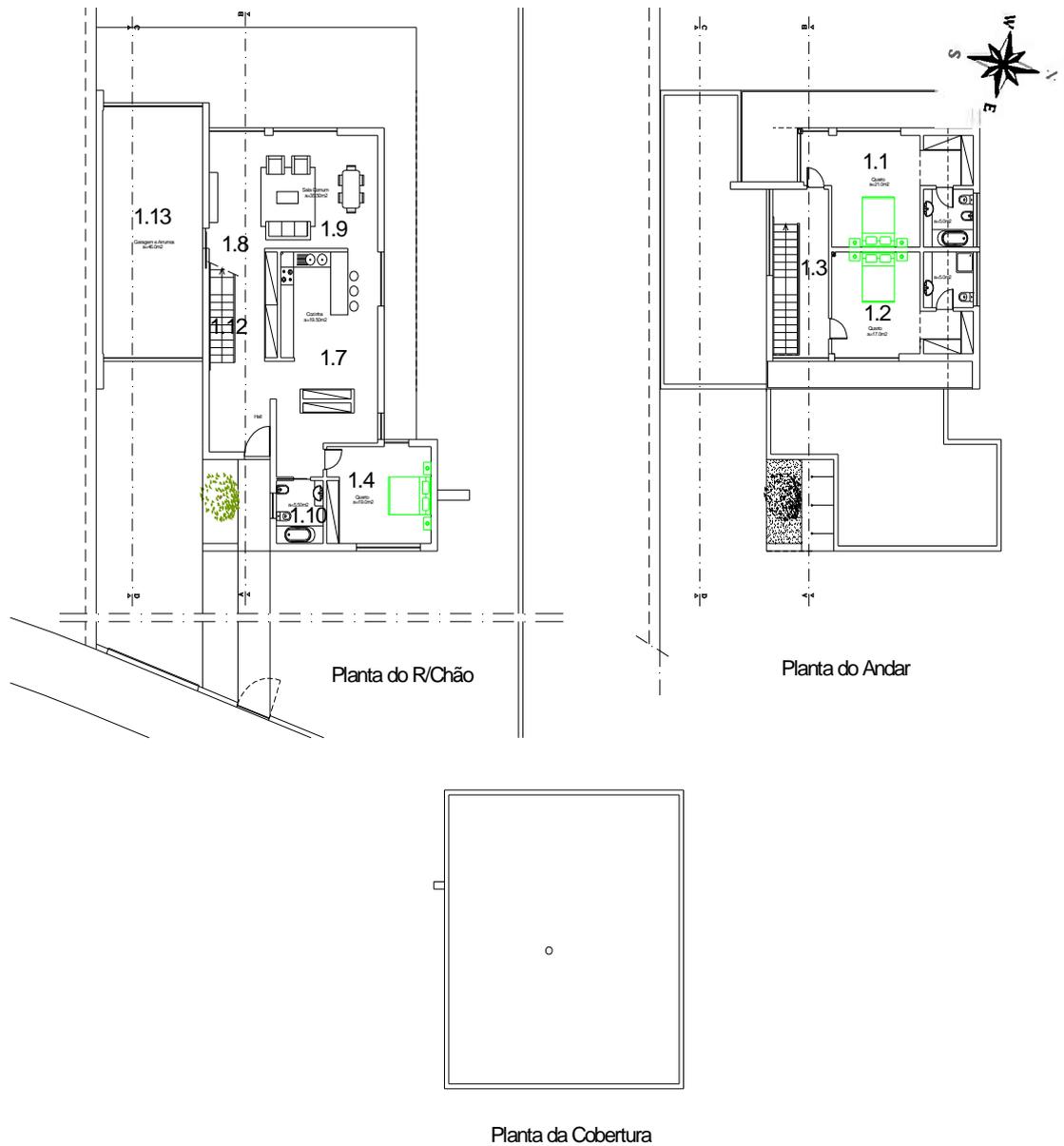


Figura 23 – Plantas do edifício em estudo da habitação unifamiliar 2

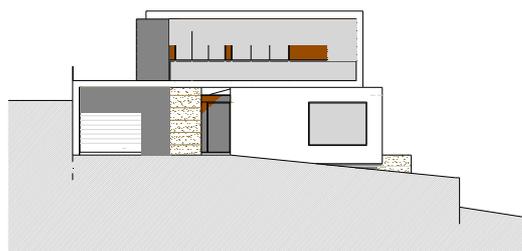


Figura 24 – Alçado Principal

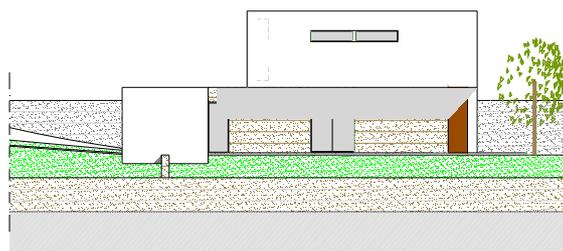


Figura 25 – Alçado Lateral Direito



Figura 26 – Alçado Posterior

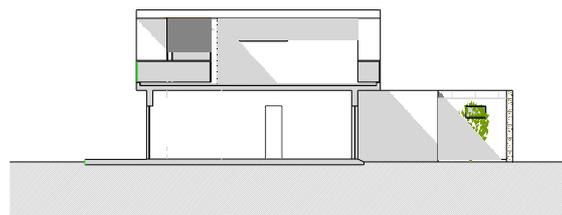


Figura 27 – Alçado Lateral Esquerdo

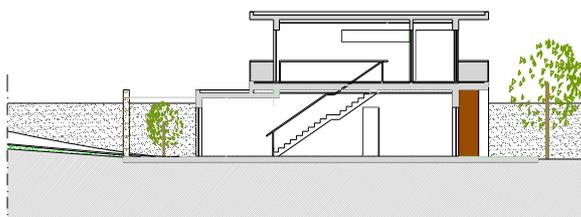


Figura 28 – Corte A-B

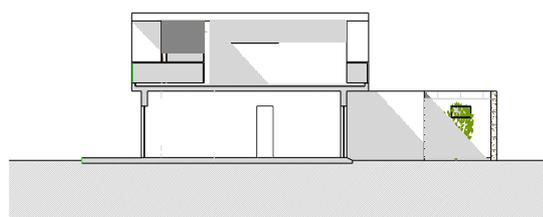


Figura 29 – Corte C-D

Área útil e pé direito da habitação unifamiliar 2

A Tabela 20 apresenta as zonas do edifício com as suas respetivas áreas.

Tabela 20- Áreas das zonas em estudo da habitação unifamiliar 2

	ZONA	ÁREA m ²
1.1	Quarto	19,00
1.2	Quarto	17,00
1.3	Hall dos Quartos	10,80
1.4	Suite	21,00
1.5	Instalação Sanitária	5,00
1.6	Instalação Sanitária	5,00
1.7	Cozinha	19,50
1.8	Hall de entrada	10,12
1.9	Sala	35,50
1.10	Instalação Sanitária	5,50
1.11	Lavandaria	2,87
1.12	Escadas	12,50
1.13	Garagem/Arrumos	46,00

De acordo com o apresentado na Tabela 20, a área útil de pavimento é de 197,52 m², não sendo contabilizado neste total a área dos espaços não úteis (garagem). O pé direito médio é de 2,85 m.

No **Anexo VI** estão representadas as delimitações das zonas pertencentes à área útil e à área não útil nas plantas cave, rés-do-chão e andar.

Coefficientes de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos

As perdas térmicas das paredes que separam o espaço útil do espaço não útil são calculadas em função do coeficiente τ (coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos).

Consideraram-se como espaços não úteis a garagem privada e o desvão sanitário. Para melhor compreensão das perdas observadas pela envolvente interior apresenta-se, de seguida, um quadro resumo com os valores considerados no cálculo do coeficiente τ para cada espaço não útil.

Na Tabela 21 e na Tabela 22 apresenta-se um quadro resumo com os valores considerados no cálculo do coeficiente τ para cada espaço não útil.

Tabela 21- Calculo do τ da Garagem Privada da habitação unifamiliar 2

Espaço não útil	Medição dos elementos da envolvente interior		Ai	Au	Ai/Au	τ
	Par 2	24,80				
Garagem Privada	Par 2	24,80	24,80	56,15	0,44	0,80

Tabela 22- Calculo do τ do Desvão Sanitário da habitação unifamiliar 2

Espaço não útil	Medição dos elementos da envolvente interior		Ai	Au	Ai/Au	τ
	Pav 2	122,54				
Desvão Sanitário	Pav 2	122,54	122,54	-	>>10	0,40

No **Anexo VIII** estão representadas as áreas respetivas a Ai e Au.

Envolvente Exterior

Para a habitação unifamiliar em estudo foram selecionadas diferentes soluções construtivas, que se apresentam de seguida.

a. Paredes

Na Tabela 23 representa-se as características das soluções estudadas.

Tabela 23- características das paredes estudadas para a habitação unifamiliar 2

Solução	Solução	Tipo de isolamento	Espessura de isolamento (m)	U (W/m ² °C)
1	Par 1.1	XPS	0,04	0,45
	Pt 1.1	XPS	0,04	0,56
2	Par 1.2	MW	0,04	0,46
	Pt 1.2	MW	0,04	0,59
3	Par 1.3	EPS	0,05	0,53
	Pt 1.3	EPS	0,05	0,65
4	Par 1.4	XPS	0,20	0,15
	Pt 1.4	XPS	0,17	0,16
5	Par 1.5	XPS	0,50	0,07
	Pt 1.5	XPS	0,50	0,07
6	Par 1.6	XPS	0,02	0,52
	Pt 1.6	XPS	0,02	0,80
7	Par 1.7	XPS	-	1,40
	Pt 1.7	XPS	-	3,33

Soluções 1

Para a solução do tipo 1 selecionou-se uma solução de parede dupla com isolamento XPS inserido na caixa-de-ar.

Parede exterior – Par 1.1 (parede do tipo 1 correspondente à solução 1): As paredes serão duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 6cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 4cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 9cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura. (U = 0,45 W/m².°C).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.1.

Ponte térmica plana – Pt 1.1 (*ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 1*): A ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com caixa-de-ar com 6cm de espessura, parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 4cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 9cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 0,72 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.1.

Soluções 2

A solução do tipo 2 é idêntica à solução de tipo 1, sendo utilizada lã mineral (MW), inserida na caixa-de-ar como isolamento térmico.

Parede exterior – Par 1.2 (*parede do tipo 1 correspondente à solução 2*): As paredes serão duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 6cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70 kg/m³, com 4cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 9cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 0,46 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.2.

Ponte térmica plana – Pt 1.2 (*ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 2*): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com caixa-de-ar com 6cm de espessura, parcialmente preenchida com isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70 kg/m³, com 4cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 9cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 0,59 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.2.

Soluções 3

Para a solução do tipo 3 optou-se por uma solução de parede simples com isolamento pelo exterior e bloco térmico.

Parede exterior – Par 1.3 (*parede do tipo 1 correspondente à solução 3*): as paredes serão simples constituídas por alvenaria de blocos de betão leve de agregados de argila expandida do tipo "Bloco Térmico BT20" da "Maxit" com 20cm de espessura. Pelo exterior será aplicado isolamento térmico do tipo "Hot Skin" também da "Maxit" com 5cm de espessura, rebocada na face interior com 2cm de argamassa de cimento e o exterior será com 1cm de espessura ($U = 0,53 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.3.

Ponte térmica plana – Pt 1.3 (*ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 3*): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1,3 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo exterior com isolamento térmico do tipo "Hot Skin" da "Maxit" com 5cm de espessura, rebocada na face interior com 2cm de argamassa de cimento e o exterior será com 1cm de espessura ($U = 0,65 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.3.

Soluções 4

Para a solução do tipo 4 optou-se por uma solução com isolamento térmico na caixa-de-ar de elevada espessura.

Parede exterior – Par 1.4 (*parede do tipo 1 correspondente à solução 4*): as paredes serão duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 6cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m^3 , com 20cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 9cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 0,15 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.4.

Ponte térmica plana – Pt 1.4 (*ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 4*): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com caixa-de-ar com 6cm de espessura, parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 17cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 9cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.4.

Soluções 5

Para a solução do tipo 5 optou-se por uma solução com isolamento térmico na caixa-de-ar de espessura superior à solução 4.

Parede exterior – Par 1.5 (*parede do tipo 1 correspondente à solução 5*): as paredes serão duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 6cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 50cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 9cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 0,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.5.

Ponte térmica plana – Pt 1.5 (*ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 5*): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1.5 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 47cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm

de espessura, rebocada na face interior e exterior com 2cm de argamassa de cimento ($U = 0,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.5.

Soluções 6

Para a solução do tipo 6 optou-se por uma solução com diminuição do isolamento térmico com 3cm.

Parede exterior – Par 1.6 (parede do tipo 1 correspondente à solução 6): as paredes serão duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 6cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m^3 , com 3cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 9cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 0,52 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.6.

Ponte térmica plana – Pt 1.6 (ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 6): A ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com caixa-de-ar com 6cm de espessura, parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m^3 , com 2cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 9cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 0,80 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.6.

Soluções 7

Para a solução do tipo 7 optou-se por uma solução sem isolamento térmico.

Parede exterior – Par 1.7 (*parede do tipo 1 correspondente à solução 7*): as paredes serão simples constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 20cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 1,40 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.7.

Ponte térmica plana – Pt 1.7 (*ponte térmica plana do tipo 1 correspondente à solução 7*): a ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura. O revestimento interior e exterior será em argamassa de cimento com 2cm de espessura ($U = 3,32 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.7

Nota: A Pt 1.7 não cumpre os requisitos mínimos do coeficiente de transmissão térmica.

Solução Geral

Porta Exterior - *A porta exterior será em madeira densa com 3cm de espessura* ($U = 3,33 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a porta exterior.

b. Coberturas

Na Tabela 24 está representado as características das coberturas estudadas.

Tabela 24- características das coberturas estudadas para a habitação unifamiliar 2

Solução	Solução	Tipo de isolamento	Espessura de isolamento (m)	U (W/m ² °C)
1	Cob 1.1	XPS	0,04	0,63
	Cob 2.1	XPS	0,06	0,51
	Cob 3.1	XPS	0,03	0,62
2	Cob 1.2	XPS	0,02	0,96
	Cob 2.2	XPS	0,02	1,13
	Cob 3.2	XPS	0,02	0,74
3	Cob 1.3	MW	0,06	0,50
	Cob 2.3	MW	0,06	0,54
	Cob 3.3	MW	0,03	0,64
4	Cob 1.4	XPS	0,30	0,12
	Cob 2.4	XPS	0,30	0,12
	Cob 3.4	XPS	0,30	0,11
5	Cob 1.5	XPS	0,50	0,07
	Cob 2.5	XPS	0,50	0,07
	Cob 3.5	XPS	0,50	0,07

Soluções 1

A solução do tipo 1 é constituída por uma laje do tipo aligeirada com isolamento térmico na parte superior.

Cobertura exterior – Cob 1.1 (cobertura do tipo 1 correspondente à solução 1): a cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 4cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira (U = 0,63 W/m².°C). No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.1.

Cobertura exterior – Cob 2.1 (cobertura do tipo 2 correspondente à solução 1): a cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 4cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira. ($U = 0,51 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.1.

Cobertura exterior – Cob 3.1 (cobertura do tipo 3 correspondente à solução 1): A cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada um espaço de ar seguido de uma laje em betão armado com 24cm de espessura e camada de forma em argamassa de cimento com 12cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 3cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira ($U = 0,62 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.1.

Soluções 2

A solução do tipo 2 é idêntica à solução do tipo 1, mas com menor espessura de isolamento térmico.

Cobertura exterior – Cob 1.2 (cobertura do tipo 1 correspondente à solução 2): a cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 2cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira ($U = 0,96 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.2.

Cobertura exterior – Cob 2.2 (cobertura do tipo 2 correspondente à solução 2): a cobertura será constituída por laje em betão armado com 22cm de espessura estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 2cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira ($U = 0,96 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.2.

Cobertura exterior – Cob 3.2 (cobertura do tipo 3 correspondente à solução 2): a cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada um espaço de ar seguido de uma laje em betão armado com 24cm de espessura e camada de forma em argamassa de cimento com 12cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 2cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira ($U = 0,74 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.2.

Soluções 3

A solução do tipo 3 é idêntica às soluções 1 e 2, sendo o material de isolamento térmico utilizado a lã e rocha (MW).

Cobertura exterior – Cob 1.3 (cobertura do tipo 1 correspondente à solução 3): a cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70kg/m³, com 6cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira. ($U = 0,50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.3.

Cobertura exterior – Cob 2.3 (cobertura do tipo 2 correspondente à solução 3): a cobertura será constituída por laje em betão armado com 22cm de espessura estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70kg/m³, com 6cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira. ($U = 0,54 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.3.

Cobertura exterior – Cob 3.3 (cobertura do tipo 3 correspondente à solução 3): a cobertura será constituída por laje em betão armado com 22cm de espessura estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (lã de rocha, MW, 70kg/m³, com 6cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira ($U = 0,64 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.3.

Soluções 4

A solução do tipo 4 é idêntica à solução do tipo 1, mas com maior espessura de isolamento térmico.

Cobertura exterior – Cob 1.4 (cobertura do tipo 1 correspondente à solução 4): a cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 30cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira. ($U = 0,12 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.4.

Cobertura exterior – Cob 2.4 (cobertura do tipo 2 correspondente à solução 4): a cobertura será constituída por laje em betão armado com 22cm de espessura estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 30cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira. ($U = 0,12 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.4.

Cobertura exterior – Cob 3.4 (cobertura do tipo 3 correspondente à solução 4): a cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada um espaço de ar seguido de uma laje em betão armado com 24cm de espessura e camada de forma em argamassa de cimento com 12cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 30cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira. ($U = 0,11 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.4.

Soluções 5

A solução do tipo 5 é idêntica à solução do tipo 1, mas com maior espessura de isolamento térmico que a solução do tipo 4.

Cobertura exterior – Cob 1.5 (cobertura do tipo 1 correspondente à solução 5): a cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de

isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 50cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira. ($U = 0,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.5.

Cobertura exterior – Cob 2.5 (cobertura do tipo 2 correspondente à solução 5): a cobertura será constituída por laje em betão armado com 22cm de espessura estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada uma camada de forma em argamassa de cimento com 8cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 50cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira. ($U = 0,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.5.

Cobertura exterior – Cob 3.5 (cobertura do tipo 3 correspondente à solução 5): a cobertura será constituída por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 22cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 2 fiadas de furos) estucada na sua face interior com 2cm de espessura. Sobre a laje será aplicada um espaço de ar seguido de uma laje em betão armado com 24cm de espessura e camada de forma em argamassa de cimento com 12cm de espessura seguida de isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 50cm de espessura) e impermeabilização pelo exterior com proteção ligeira. ($U = 0,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.5.

c. Pavimentos

Foi apenas definida uma solução para os pavimentos porque estes têm uma menor influencia a nível do estudo paramétrico em análise.

Pavimentos sobre o exterior – Pav 1 (pavimento sobre o exterior do tipo 1 correspondente à solução 4): o pavimento será constituído por laje em betão armado com 24cm de espessura rebocada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a

laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura, sobre a qual será aplicado isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30kg/m³, com 3cm de espessura), seguido de uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento ($U = 0,55 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento Pav 1.

d. Envidraçados

Soluções 1

Para a solução do tipo 1 optou-se por um envidraçado duplo 4-10-5 incolor.

Envidraçados – Env 1.1 (*Envidraçado do tipo 1* (V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14 e V15): os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo “CLIMAPLUS 4S” da “Saint Gobain Glass” e deverão ser compostos de um vidro exterior “SGG PLANISTAR” de 4mm de espessura, de uma câmara de 10mm de ar, de uma dupla selagem de estanquicidade e de um vidro interior “SGG PLANILUX” de 6mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e com rotura térmica, com proteção solar constituída por lâminas exteriores metálicas também de cor escura.

Na Tabela 25 está representado os resultados obtidos dos cálculos para o envidraçado 1.1, no **Anexo VII** apresenta-se o procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Tabela 25- Resultados obtidos para o Calculo do Envidraçado 1.1 para a habitação unifamiliar 2

Envidraçados	U (W/m ² °C)	$g_{\perp v}$	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp inv}$	$g_{\perp ver}$
Env 1.1	1,98	0,42	0,05	0,35	0,16

Envolvente interior

Considera-se como envolvente interior a fronteira de separação entre a fração autónoma de ambientes normalmente não climatizados (espaços anexos «não úteis»).

Consideraram-se como espaços não úteis a garagem privada.

Os elementos que fazem parte da envolvente interior são as paredes que separam a garagem privada da sala e da cozinha.

a. Paredes

Soluções Geral:

Parede interior – Par 2 (parede do tipo 2 aplicado em todas as combinações de soluções): As paredes serão simples constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 15cm de espessura e rebocadas em ambas as faces com argamassa de cimento com espessura de 2cm. ($U = 1,47 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede interior Par 2.

b. Pavimentos

Solução Geral:

Definiu-se uma solução que representa as soluções de diferentes tipos elementos da habitação que serão aplicadas em todos os tipos de combinações de soluções.

Pavimento interior – Pav 2 (pavimento do tipo 2 aplicado em todas as combinações de soluções): O pavimento será constituído por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 24cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos). Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 8cm de espessura, sobre a qual será aplicado isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30kg/m^3 , com 3cm de espessura), seguido de uma lajeta de inércia com 4cm de espessura em betão

armado com fibras de vidro do tipo SEM-FIL da Saint Gobain que servirá de suporte ao material de revestimento. ($U = 0,52 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento Pav 2.

Elementos interiores à fração

a. Paredes

Soluções Geral:

Paredes divisórias da fração – Pdiv 1 (parede divisória do tipo 1): As paredes serão simples constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura e rebocadas em ambas as faces com argamassa de cimento com 2cm de espessura.

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para as paredes divisorias Pdiv1.

b. Pavimentos

Soluções Geral:

Pavimento interior da fração – Pav3 (pavimento do tipo 3): o pavimento será constituído por laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com 24cm de espessura (base dos blocos superior a 30 cm e 3 fiadas de furos) estucadas na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 15cm de espessura, que servirá de suporte ao material de revestimento.

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento Pav 3.

Pavimento interior da fração – Pav4 (pavimento do tipo 4): o pavimento será constituído por laje em betão armado com 24cm de espessura estucadas na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de enchimento

em betão leve auto nivelado do tipo Betnível da Contraven com 15cm de espessura, que servirá de suporte ao material de revestimento.

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento Pav 4.

Pavimento interior da fração – Pav5 (pavimento do tipo 5): o pavimento será constituído por laje de betão armado com 15cm de espessura, estucada na sua face inferior com 2cm de espessura. Sobre a laje será colocada uma camada de forma em argamassa de cimento com 3cm de espessura que servirá de suporte ao material de revestimento.

No **Anexo VII** está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento Pav 5.

Pontes térmicas Lineares

A correção das pontes térmicas deverá ser efetuada em toda a envolvente exterior e realizada de acordo com a pormenorização apresentada Anexo VII.

Assim, no **Anexo VII**, para cada uma das soluções construtivas, são apresentados os seguintes pormenores construtivos:

- Ligação da fachada com os pavimentos sobre locais não úteis ou exteriores;
- Ligação da fachada com os pavimentos intermédios;
- Ligação da fachada com cobertura em terraço.

Na Tabela 26 são apresentados diferentes pontes térmicas lineares, relativamente a fachada com ‘pavimentos térreos, com pavimentos intermédios, pavimentos sobre locais não aquecidos, com cobertura inclinada, com varanda, com padieira ou peitoril, ou com duas paredes verticais.

Tabela 26- Pontes Térmicas Lineares

Ligações entre:	Ψ(W/m.°C)	Referência
Fachada com Pavimentos Térreos $e_p=0,15$ $Z=0,1$ sem isolamento	0,45 $0,45 \times 1,50 = 0,68$	RCCTE, Tabela IV.3 - Ar
Fachada com Pavimentos Intermédios $e_p=>0,35$ $e_m=>0,30$	0,30	RCCTE, Tabela IV.3 - Cr
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos $e_p=>0,33$	0,78	RCCTE, Tabela IV.3 – Br.1
Fachada com Cobertura inclinada ou terraço $e_p=>0,25$	0,70	RCCTE, Tabela IV.3 – Dr
Fachada com Varanda $e_p=>0,35$ $e_m=>0,30$	0,45	RCCTE, Tabela IV.3 – Er
Fachada com padieira ou peitoril Não existe contacto da caixilharia com o isolamento térmico	0,20	RCCTE, Tabela IV.3
Ligação entre 2 paredes verticais $e_m=>0,22$	0,20	RCCTE, Tabela IV.3 – Fr

Aquecimento das águas sanitárias

A tipologia do edifício é T3 pelo que se consideram 4 ocupantes para o mesmo. Considera-se ainda que a utilização do edifício é permanente.

As redes de distribuição de água quente internas à fração deverão ser isoladas com isolamento térmico com 13mm de espessura.

Para o edifício em questão, um coletor padrão com área de 4m^2 , segundo o programa SOLTERM do LNEG, permite uma contribuição de 1458 kWh.

Soluções 1:

De forma a garantir uma contribuição semelhante ou superior a esta propõe-se a colocação de dois coletores planos do tipo CPC Ao Sol com área unitária de $2,0\text{m}^2$ perfazendo um total de $4,0\text{m}^2$, instalados com uma inclinação de 31° orientados a Sul, com apoio realizado por um esquentador a gás estanque da gama Sensor Plus do tipo

“WTD 11” da “Vulcano” com eficiência de 86% e depósito com permutador com 200l de capacidade, capazes de fornecer 1790 kWh.

Para o cálculo da eficiência energética da habitação unifamiliar 2, as características do equipamento de apoio retiraram-se das fichas técnicas do fornecedor, em que para o esquentador a gás utilizou-se como eficiência de conversão do sistema de AQS, η igual a 0,86 kgep/kWh e para o valor do fator de conversão para os combustíveis gasosos utilizou-se F_{pu} igual a 0,086 kgep/kWh.

Soluções 2:

De forma a garantir uma contribuição semelhante ou superior a esta propõe-se a colocação de dois coletores planos do tipo CPC Ao Sol com área unitária de 2,0m² perfazendo um total de 4,0m², instalados com uma inclinação de 31° orientado a Sul, com apoio realizado por um termoacumulador elétrico com 50mm a 100mm de isolamento capazes de fornecer 1790 kWh.

Para o cálculo da eficiência energética da habitação unifamiliar 2, as características do equipamento de apoio adotadas para a solução 2 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para o termoacumulador elétrico com 50mm a 100mm de isolamento térmico utilizou-se como eficiência de conversão do sistema de AQS, η igual a 0,9 kgep/kWh e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pu} igual a 0,29 kgep/kWh.

Soluções 3:

De forma a garantir uma contribuição semelhante ou superior a esta propõe-se a colocação de dois coletores planos do tipo CPC Ao Sol com área unitária de 2,0m² perfazendo um total de 4,0m², instalados com uma inclinação de 31° orientados a Sul, com apoio realizado por uma caldeira a gás com eficiência de 87% e depósito com permutador com 200l de capacidade, capazes de fornecer 1790 kWh.

Para o cálculo da eficiência energética da habitação unifamiliar 2, as características do equipamento de apoio adotadas para a solução 3 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para a caldeira a gás utilizou-se como eficiência de conversão do sistema de AQS, η igual a 0,87 kgep/kWh e para o valor do fator de conversão para combustíveis gasosos utilizou-se F_{pu} igual a 0,086 kgep/kWh.

Soluções 4:

De forma a garantir uma contribuição semelhante ou superior a esta propõe-se a colocação de dois coletores planos do tipo CPC Ao Sol com área unitária de 2,0 m² perfazendo um total de 4,0 m², instalados com uma inclinação de 31° orientados a Sul, com apoio realizado por uma Bomba de Calor do tipo Heliotherm água/água, capazes de fornecer 1790 kWh.

Para o cálculo da eficiência energética da habitação unifamiliar 2, as características do equipamento de apoio retiraram-se das fichas técnicas do fornecedor, em que para a bomba de calor tipo Heliotherm água/água utilizou-se como eficiência de conversão do sistema de AQS, η igual a 5 kgep/kWh e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pu} igual a 0,29 kgep/kWh.

Sistema de Climatização

Soluções 1:

Adotou-se para a solução 1 um sistema de aquecimento obtido pela resistência elétrica, em que para efeitos do cálculo de Ntc (Necessidades Globais Anuais Nominais) o Coeficiente de Desempenho toma o valor de 1 e para o sistema de arrefecimento uma máquina frigorífica com eficiência (COP) 3 (Coeficiente de Desempenho de 3), para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pui} e F_{puv} igual a 0,29 kgep/kWh. As características do sistema têm uma potência instalada inferior a 25 kW.

Soluções 2:

O aquecimento e arrefecimento do edifício serão realizados através de ar condicionado. As características do equipamento adotado para a solução 2 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de aquecimento, η_i é igual a 3, para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de arrefecimento, η_v igual a 3, e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pui} e F_{puv} igual a 0,29 kgep/kWh.

Soluções 3:

O aquecimento do edifício será realizado através de uma caldeira a gás.

Para o sistema de arrefecimento ambiente considerou-se, para efeitos do cálculo de N_{tc} , que o sistema de arrefecimento é uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3. As características do equipamento adotado para a solução 3 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de aquecimento, η_i é igual a 0,87, para o valor do fator de conversão para combustíveis gasosos utilizou-se F_{pui} igual a 0,086 kgep/kWh, para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de arrefecimento, η_v igual a 3, e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{puv} igual a 0,29 kgep/kWh.

Soluções 4:

O aquecimento e arrefecimento do edifício serão realizados através de uma bomba de calor do tipo Heliotherm água/água. As características do sistema de climatização terá uma (COP)>5 com potência instalada inferior a 25 kW.

As características do equipamento adotado para a solução 4 foram as eficiências nominais regulamentares, em que para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de aquecimento, η_i é igual a 5, para a eficiência nominal do equipamento utilizado para o sistema de arrefecimento, η_v igual a 3, e para o valor do fator de conversão para equipamentos elétricos utilizou-se F_{pui} e F_{puv} igual a 0,29 kgep/kWh.

Ventilação nas casas de banho

Na Tabela 27 são apresentados os valores de Rph (numero de renovação por ar) para as soluções 1 e 2

Tabela 27- Numero de Renovação por hora

Solução adotada		Rph Número de renovação por hora
Solução 1	Ventilação Natural	0.95
Solução 2	Ventilação Mecânica	0,60

Soluções 1:

A ventilação utilizada será a ventilação natural.

Soluções 2:

As casas de banho deverão ser permanentemente ventiladas utilizando-se para o efeito um ventilador axial com uma capacidade de extração de $150\text{m}^3/\text{h}$ e potência de 20W em conjunto com um regulador de velocidade do tipo “RPW” que permitirá a redução do caudal para 75% do inicial.

Não está prevista a colocação de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído.

Dever-se-á colocar aberturas autorreguláveis e silenciadores de atravessamento de parede do tipo “STM” da “France-air” em todas as divisões importantes (quartos e salas). Nos quartos dever-se-á garantir um caudal de insuflação de $22\text{ m}^3/\text{h}$ e nas salas de $30\text{ m}^3/\text{h}$.

Em alternativa, poderão ser colocadas grelhas instaladas nas caixilharias desses mesmos compartimentos, do tipo “Isola” da “France-air”.

Capítulo 4 - Estudo dos parâmetros dos casos em estudo

O trabalho desenvolve-se numa análise de duas habitações unifamiliares onde se analisaram os vários tipos de soluções construtivas por forma determinar a classificação energética de cada habitação e avaliar o impacto das soluções construtivas dos elementos da envolvente e dos sistemas de climatização do edifício na sua classe energética.

Para atingir este objetivo foi realizada uma análise paramétrica do desempenho de dois edifícios de habitação unifamiliar com a implementação de um conjunto de soluções para a sua envolvente e equipamentos.

A determinação da classe energética foi realizada através da metodologia definida na regulamentação térmica Portuguesa.

No **Anexo IX e X** apresenta-se o cálculo referente ao exemplo A da Habitação Unifamiliar 1 e da Habitação Unifamiliar 2.

4.2 Combinação das Soluções Construtivas das Habitações Unifamiliares

4.2.1 Habitação Unifamiliar 1

Na Tabela 28 estão representados os exemplos A, B, e C elaborados para as diferentes combinações de soluções. Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no Capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 28- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo A	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 1
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 1
Exemplo B	Envolvente Exterior	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 2
	AQS	Solução 2
	Climatização	Solução 2
	Ventilação	Solução 2
Exemplo C	Envolvente Exterior	Solução 3
	Envolvente Interior	Solução 3
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 3
	AQS	Solução 3
	Climatização	Solução 3
	Ventilação	Solução 2

No exemplo A, B e C aplicaram-se as soluções 1, 2 e 3 relativamente a cada envolvente exterior, interior, em contacto com o solo, AQS, Climatização e ventilação. Estes exemplos são um exemplo de base para em seguida proceder a diversas modificações por forma a variar os resultados e avaliar as modificações. Para cada exemplo são avaliados os resultados obtidos avaliando os parâmetros $N_{ic} < N_i$, $N_{vc} < N_v$, $N_{ac} < N_a$ e $N_{tc} < N_t$. Estes parâmetros são obtidos na aplicação das exigências regulamentares (RCCTE), através do cálculo efetuado através das folhas de cálculo Excel.

Na Tabela 29 estão representados os exemplos D, E, e F elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no Capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 29- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo D	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (Paredes)	Solução 1.1
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 1
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 1
Exemplo E	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 1
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
Exemplo F	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 1
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2

No exemplo D aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se a solução das paredes exteriores passando a utilizar a solução 1.1, está solução tem o objetivo de aumentar a espessura de isolamento sobre as paredes.

No exemplo E aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada.

No exemplo F aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplicam todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada e o tipo de vidro.

Na Tabela 30 estão representados os exemplos G, H e I elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no Capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 30- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo G	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 1
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 2
	Ventilação	Solução 2
Exemplo H	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 1
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 3
	Climatização	Solução 3
	Ventilação	Solução 2
Exemplo I	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 1
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 4
	Climatização	Solução 4
	Ventilação	Solução 2

No exemplo G aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada, tipo de vidro para a solução 2 e alterou-se o tipo de climatização para a solução 2.

No exemplo H aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada, tipo de vidro e alterou-se o tipo de climatização para a solução 3.

No exemplo I aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada, tipo de vidro solução 2 e alterou-se o tipo de climatização para a solução 4.

Na Tabela 31 estão representados os exemplos J e K elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 31- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo J	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo (Parede)	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmica linear	Solução 1
Exemplo K	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo (Parede)	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo (Pavimento)	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmica linear	Solução 1

No exemplo J aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada, tipo de vidro solução 2 e alterou-se a solução das paredes em contato com o solo para a solução 2.

No exemplo k aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada, tipo de vidro solução 2 e alterou-se a solução das paredes e pavimento em contato com o solo para a solução 2.

Na Tabela 32 estão representados os exemplos L, L1 e M elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 32- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo L	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmica linear	$\psi = 0$ peitoril/padieira
Exemplo L1	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro) (persianas exteriores)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmica linear	$\psi = 0$ peitoril/padieira

No exemplo L aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada, tipo de solução das paredes e pavimento em contacto com o solo para a solução 2, também se alterou a ponte térmica linear para zero.

No exemplo L1 aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada, tipo de solução das paredes e pavimento em contacto com o solo para a solução 2, também se alterou a ponte térmica linear para zero, neste exemplo alterou-se o tipo de sombreamento.

Na Tabela 33 estão representados os exemplos M e N elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 33- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo M	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo (Parede)	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo (Pavimento)	Solução 3
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmica linear	$\psi = 0$ peitoril/padieira
Exemplo N	Envolvente Exterior	Solução 4
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo (Parede)	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo (Pavimento)	Solução 3
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmica linear	$\psi = 0$ peitoril/padieira

No exemplo M aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada, tipo de solução das paredes e pavimento em contacto com o solo para a solução 2 e solução 3, também se alterou a ponte térmica linear para zero.

No exemplo N aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o elemento exterior para a solução 4, o tipo de ventilação utilizada para tipo 2, tipo de solução das paredes e pavimento em contacto com o solo para a solução 2 e solução 3, também se alterou a ponte térmica linear para zero

Na Tabela 34 estão representados os exemplos O e P elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 34- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo O	Envolvente Exterior	Solução 5
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo (Parede)	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo (Pavimento)	Solução 3
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmicas lineares	$\psi= 0$ peitoril/padieira
Exemplo P	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo (Parede)	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo (Pavimento)	Solução 3
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 2
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmicas lineares	$\psi= 0$ peitoril/padieira

No exemplo O aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o elemento exterior para a solução 5, o tipo de ventilação utilizada para tipo 2, tipo de solução das paredes e pavimento em contato com o solo para a solução 2 e solução 3, também se alterou a ponte térmica linear para zero.

No exemplo P aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada para tipo 2, tipo de solução das paredes e pavimento em contato com o solo para a solução 2 e solução 3, também se alterou a ponte térmica linear para zero e alterou-se o tipo de climatização para a solução 2.

Na Tabela 35 estão representados os exemplos Q e R elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 35- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo Q	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 1
	Envolvente em contacto com o solo (Parede)	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo (Pavimento)	Solução 3
	Envolvente Interior á fração	Solução 1
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 3
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmicas linear	$\psi=0$ peitoril/padieira
Exemplo R	Envolvente Exterior	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 2
	AQS	Solução 2
	Climatização	Solução 2
	Ventilação	Solução 2
		Alteração de uma ponte térmicas lineares

No exemplo Q aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se o tipo de ventilação utilizada para tipo 2, tipo de solução das paredes e pavimento em contacto com o solo para a solução 2 e solução 3, também se alterou a ponte térmica linear para zero e alterou-se o tipo de climatização para a solução 3

No exemplo R aplicou-se a mesma solução do Exemplo B onde se aplica todas as soluções 2, alterou-se a ponte térmica linear para zero.

Na Tabela 36 estão representados os exemplos S, T e U elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 36- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo S	Envolvente Exterior	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 2
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 2
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmicas lineares	$\psi=0$ peitoril/padieira
Exemplo T	Envolvente Exterior	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 2
	AQS	Solução 3
	Climatização	Solução 3
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmicas lineares	$\psi=0$ peitoril/padieira
Exemplo U	Envolvente Exterior	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 2
	AQS	Solução 4
	Climatização	Solução 4
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmicas lineares	$\psi=0$ peitoril/padieira

No exemplo S aplicou-se a mesma solução do Exemplo B onde se aplica todas as soluções 2, neste exemplo modificou-se o AQS para a solução 1

No exemplo T aplicou-se a mesma solução do Exemplo B onde se aplica todas as soluções 2, neste exemplo modificou-se o tipo de climatização e AQS para a solução 3.

No exemplo U aplicou-se a mesma solução do Exemplo B onde se aplica todas as soluções 2, neste exemplo modificou-se o tipo de climatização e AQS para a solução 4.

Na Tabela 37 estão representados os exemplos V e W elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 37- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo V	Envolvente Exterior	Solução 2
	Envolvente Exterior (vidro)	Solução 4
	Envolvente Interior	Solução 2
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 2
	AQS	Solução 2
	Climatização	Solução 2
	Ventilação	Solução 2
	Alteração de uma ponte térmicas lineares	$\psi=0$ peitoril/padieira
Exemplo W	Envolvente Exterior	Solução 3
	Envolvente Interior	Solução 3
	Envolvente em contacto com o solo	Solução 2
	Envolvente Interior á fração	Solução 3
	AQS (CPC ao SOL)	Solução 2
	Climatização	Solução 2
	Ventilação	Solução 2

No exemplo V aplicou-se a mesma solução do Exemplo B onde se aplica todas as soluções 2, neste exemplo modificou-se o tipo de vidro para a solução 4

No exemplo W aplicou-se a mesma solução do Exemplo B onde se aplica todas as soluções 2, neste exemplo modificou-se o tipo de envolvente exterior interior e interior á fração para a solução 3.

4.2.2 Habitação Unifamiliar 2

No estudo paramétrico para a habitação unifamiliar 2 elaborou-se combinações com as soluções construtivas descritas no capítulo 3.

Na Tabela 38 estão representados os exemplos A, B e C elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizou-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

No exemplo A, B, C e D aplicaram-se as soluções 1, 2, 3 e 4 relativamente a cada envolvente exterior, interior, AQS, Climatização e ventilação. Estes exemplos são um exemplo de base para em seguida proceder a diversas modificações por forma a variar os resultados e avaliar as modificações.

A cada exemplo é avaliado os resultados obtidos avaliando os parâmetros $N_{ic} < N_i$, $N_{vc} < N_v$, $N_{ac} < N_a$ e $N_{tc} < N_t$. Estes parâmetros são obtidos na aplicação das exigências regulamentares (RCCTE), através do cálculo efetuado através das folhas de cálculo Excel. Nesta Habitação focou-se o estudo no que é mais relevante à alteração dos parâmetros em estudo, sendo considerado para os elementos que menos interferem na obtenção da classificação energética uma solução geral que é aplicada a todos os exemplos em estudo.

Tabela 38- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2

Habitação Unifamiliar 2		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo A	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 1
Exemplo B	Envolvente Exterior	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 2
	Climatização	Solução 2
	Ventilação	Solução 2
Exemplo C	Envolvente Exterior	Solução 3
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 3
	Climatização	Solução 3
	Ventilação	Solução 2

Na Tabela 39 estão representados os exemplos D E e F elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 39- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2

Habitação Unifamiliar 2		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo D	Envolvente Exterior	Solução 4
	Envolvente Interior	Solução 4
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 4
	Climatização	Solução 4
	Ventilação	Solução 2
Exemplo E	Envolvente Exterior	Solução 2
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
Exemplo F	Envolvente Exterior	Solução 3
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
Exemplo G	Envolvente Exterior	Solução 4
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2

No exemplo E aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplicam todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 2, está solução tem o objetivo de modificar o tipo de isolamento utilizado, passando da solução 1 (XPS) passando a usar (MW).

No exemplo F aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 3, esta solução tem o objetivo de modificar o tipo de isolamento utilizado, passando da solução 1 (XPS) passando a usar (EPS).

Na Tabela 40 estão representados os exemplos G H e I elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 40- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2

Habitação Unifamiliar 2		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo G	Envolvente Exterior	Solução 4
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
Exemplo H	Envolvente Exterior	Solução 5
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2
Exemplo I	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 2
	Climatização	Solução 2
	Ventilação	Solução 2

No exemplo G aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 4, esta solução tem o objetivo de modificar a espessura de isolamento. No exemplo H aplicou-se a mesma solução do Exemplo A onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 5, esta solução tem o objetivo de modificar a espessura de isolamento. No exemplo I aplicou-se a mesma solução do Exemplo B onde se aplica todas as soluções 2, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 1.

Na Tabela 41 estão representados os exemplos J e K elaborados para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 41- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2

Habitação Unifamiliar 2		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo J	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 3
	Climatização	Solução 3
	Ventilação	Solução 2
Exemplo K	Envolvente Exterior	Solução 1
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 4
	Climatização	Solução 4
	Ventilação	Solução 2

No exemplo J aplicou-se a mesma solução do Exemplo C onde se aplica todas as soluções 3, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 1.

No exemplo K aplicou-se a mesma solução do Exemplo D onde se aplica todas as soluções 4, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 1

Na Tabela 42 estão representados o exemplo L, M e N elaborado para as diferentes combinações de soluções.

Nos exemplos utilizaram-se as diferentes soluções descritas no capítulo 2.5 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 42- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2

Habitação Unifamiliar 2		
Exemplos	Envolvente	Combinações
Exemplo L	Envolvente Exterior	Solução 6
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 4
	Climatização	Solução 4
	Ventilação	Solução 2
Exemplo M	Envolvente Exterior	Solução 7
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 4
	Climatização	Solução 4
	Ventilação	Solução 2
Exemplo N	Envolvente Exterior	Solução 6
	Envolvente Interior	Solução geral
	Envolvente em contacto com o solo	Solução geral
	Envolvente Interior á fração	Solução geral
	AQS	Solução 1
	Climatização	Solução 1
	Ventilação	Solução 2

No exemplo L aplicou-se a mesma solução do Exemplo D onde se aplica todas as soluções 4, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 6.

No exemplo M aplicou-se a mesma solução do Exemplo D onde se aplica todas as soluções 4, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 7.

No exemplo N aplicou-se a mesma solução do Exemplo D onde se aplica todas as soluções 1, neste exemplo modificou-se a solução da envolvente exteriores passando a utilizar a solução 6

Capítulo 5 - Apresentação e análise dos resultados

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos através da análise paramétrica realizada e a avaliação do impacto das soluções construtivas dos elementos da envolvente e dos sistemas de climatização do edifício na sua classe energética.

De seguida serão apresentadas tabelas com os resultados obtidos de todas as combinações consideradas para os diferentes casos em estudo.

5.1 Habitação Unifamiliar 1

Na Habitação unifamiliar 1 considerou-se um conjunto de 24 combinações diferentes para as soluções construtivas da sua envolvente e para os equipamentos, onde se aplicou as soluções apresentadas no Capítulo 3, por forma a analisar os parâmetros de desempenho do edifício unifamiliar 1.

Em seguida são apresentados e analisados todas as combinações em estudo.

Exemplo A

Na Tabela 43 está representado as soluções utilizadas no Exemplo A da Habitação Unifamiliar 1. No exemplo A utilizou-se as soluções 1 descritas no Capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 43- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo A da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1				
Exemplo	Envolvente	Solução Utilizada	Tipo de solução	
Exemplo A	Envolvente exterior	Solução 1	Paredes	Par 1.1 Pt1.1 Par 2.1
			Coberturas	Cob 1.1 Cob 2.1
			Pavimentos	Pav 1.1 Pav 2.1 Pav 3.1
			Envidraçados	Env 1.1 Env 2.1 Env 3.1
	Envolvente interior	Solução Geral	Paredes	Par 3
			Pavimentos	Pav 2
	Envolvente em contato com o solo	Solução 1	Paredes	Par 4.1
			Pavimentos	Pav 3.1
	Elementos interiores á fração	Solução Geral	Paredes	Pdiv 1
			Pavimentos	Pav 4 Pav 5 Pav 6
	Aguas Quentes Sanitárias	Solução 1		
	Climatização	Solução 1		
	Ventilação	Solução 1		

Na Tabela 44 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo A, combinação das soluções 1.

Tabela 44- Apresentação dos resultados do exemplo A da habitação unifamiliar 1

Exemplo A	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	144,82	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	1,29	-
<i>Nvc</i>	4,54	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,88	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	4,92	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	KO				

Pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, e necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

Observando a tabela verifica-se que as necessidades nominais de aquecimento (*Nic*) são maiores que as necessidades nominais de aquecimento máximas (*Ni*), e as necessidades nominais de primarias (*Ntc*) são maiores que as necessidades nominais de primarias máximas (*Nt*), o que se pode concluir que existe uma elevada perda a nível pontes térmicas lineares, a nível das paredes e a nível dos envidraçados, sendo necessário melhorar a solução para se reduzir as perdas.

Exemplo B

Na Tabela 45 está representado as soluções utilizadas no Exemplo B da Habitação Unifamiliar 1. No exemplo B utilizou-se as soluções descritas no Capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 45- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo B da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1				
Exemplo	Envolvente	Solução Utilizada	Tipo de solução	
Exemplo B	Envolvente exterior	Solução 2	Paredes	Par 1.2 Pt1.2 Par 2.2
			Coberturas	Cob 1.2 Cob 2.2
			Pavimentos	Pav 1.2 Pav 2.2 Pav 3.2
			Envidraçados	Env 1.2 Env 2.2 Env 3.2
	Envolvente interior	Solução Geral	Paredes	Par 3
			Pavimentos	Pav 2
	Envolvente em contato com o solo	Solução 2	Paredes	Par 4.2
			Pavimentos	Pav 3.2
	Elementos interiores á fração	Solução Geral	Paredes	Pdiv 1
			Pavimentos	Pav 4 Pav 5 Pav 6
	Aguas Quentes Sanitárias	Solução 2		
	Climatização	Solução 2		
	Ventilação	Solução 2		

Na Tabela 46 apresenta-se os resultados obtidos do Exemplo B, combinação das soluções 2.

Tabela 46- Apresentação dos resultados do exemplo B da habitação unifamiliar 1

Exemplo B	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	115,56	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc/Nt</i>	0,85	-
<i>Nvc</i>	7,91	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,15	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	3,23	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, cumprindo todos os outros valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados obtidos verifica-se que ao alterar as soluções utilizadas conseguiu-se melhorar as necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

Comparativamente com o exemplo A alterou-se o tipo de isolamento utilizado relativamente às paredes, neste exemplo optou-se por utilizar isolamento do tipo lã de rocha (MW) com a mesma espessura do exemplo A, para as coberturas e alterou-se a espessura de isolamento utilizado optando por uma diminuição de isolamento de 2cm e alterou-se os equipamentos utilizados.

Neste exemplo aplicou-se todas as soluções seleccionadas para a solução 2 descritas no capítulo 3, de forma a verificar os resultados obtidos na utilização das soluções 2.

Exemplo C

Na Tabela 47 estão representados as soluções utilizadas no Exemplo C da Habitação Unifamiliar 1. No exemplo C utilizaram-se as soluções descritas no Capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contacto com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 47- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo C da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1				
Exemplo	Envolvente	Solução Utilizada	Tipo de solução	
Exemplo C	Envolvente exterior	Solução 3	Paredes	Par 1.3 Pt1.1.3 Par 2.1.1
			Coberturas	Cob 1.3 Cob 2.3
			Pavimentos	Pav 1.3 Pav 2.3 Pav 3.3
			Envidraçados	Env 1.3 Env 2.3 Env 3.3
	Envolvente interior	Solução Geral	Paredes	Par 3
			Pavimentos	Pav 2
	Envolvente em contato com o solo	Solução 3	Paredes	Par 4.3
			Pavimentos	Pav 3.3
	Elementos interiores á fração	Solução Geral	Paredes	Pdiv 1
			Pavimentos	Pav 4 Pav 5 Pav 6
	Aguas Quentes Sanitárias	Solução 3		
	Climatização	Solução 3		
	Ventilação	Solução 2		

Na Tabela 48 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo C.

Tabela 48- Apresentação dos resultados do exemplo C da habitação unifamiliar 1

Exemplo C	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	97,02	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	0,45	A
<i>Nvc</i>	8,51	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,69	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	1,71	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados obtidos verifica-se que ao alterar as soluções utilizadas conseguiu-se melhorar as necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação energética A.

Comparativamente com o exemplo A e B as soluções utilizadas neste exemplo pode-se considerar que são melhores visto que se consegue fazer com que a classificação energética obtida seja de classe A, e que cumpra todos os valores máximos regulamentares.

Neste exemplo C alterou-se o tipo e a espessura de isolamento utilizado relativamente ao exemplo A e B, para as paredes optou-se por utilizar isolamento tipo poliestireno expandido (EPS) com 5cm de espessura, para as coberturas optou-se por usar na Cob 1 isolamento do tipo lã de rocha (MW) com 10cm de espessura e na Cob 2 isolamento do tipo lã de rocha (MW) com 3cm de espessura.

Relativamente as águas quentes sanitárias e ao sistema de climatização optou-se por uma caldeira a gás. Para a ventilação optou-se pela utilização da ventilação mecânica.

Com todas estas alterações obteve-se a classificação energética A, em que se verifica que com as alterações efetuadas as perdas que se verificavam no exemplo A e no exemplo B desapareceram no exemplo C. Conclui-se que as alterações efetuadas todas as perdas foram diminuídas.

Neste exemplo aplicou-se todas as soluções selecionadas para a solução 3 descritas no capítulo 3, de forma a verificar os resultados obtidos na utilização das soluções 3.

Exemplo D

Na Tabela 49 estão representados as soluções utilizadas no Exemplo D da Habitação Unifamiliar 1. No exemplo D utilizaram-se as soluções descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 49- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo D da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1				
Exemplo	Envolvente	Solução Utilizada	Tipo de solução	
Exemplo D	Envolvente exterior	Solução 1.1	Paredes	Par 1.1.1 Pt1.1.1.1 Par 2.1.1.1
		Solução 1	Coberturas	Cob 1.1 Cob 2.1
			Pavimentos	Pav 1.1 Pav 2.1 Pav 3.1
			Envidraçados	Env 1.1 Env 2.1 Env 3.1
	Envolvente interior	Solução Geral	Paredes	Par 3
			Pavimentos	Pav 2
	Envolvente em contato com o solo	Solução 1	Paredes	Par 4.1
			Pavimentos	Pav 3.1
	Elementos interiores á fração	Solução Geral	Paredes	Pdiv 1
			Pavimentos	Pav 4 Pav 5 Pav 6
	Aguas Quentes Sanitárias	Solução 1		
	Climatização	Solução 1		
	Ventilação	Solução 1		

Na Tabela 50 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo D.

Tabela 50- Apresentação dos resultados do exemplo D da habitação unifamiliar 1

Exemplo D	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	139,54	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	1,25	-
<i>Nvc</i>	4,72	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,88	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	4,77	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	KO				

No Exemplo D optou-se pela utilização das soluções 1.1 para as paredes exteriores, e para as pontes térmicas planas, para os restantes elementos utilizou-se a solução 1.

Analisando os resultados obtidos verifica-se que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, e necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

Comparando o exemplo A com o exemplo D verifica-se que o aumento do isolamento nas paredes e nas pontes térmicas planas de 4cm não é suficiente para cumprir as necessidades regulamentares, no entanto verifica-se uma melhoria a nível das necessidades nominais de aquecimento (*Nic*) relativamente ao exemplo A, logo as perdas diminuiram cerca de 4%.

Exemplo E

Na Tabela 51 estão representados as soluções utilizadas no Exemplo E da Habitação Unifamiliar 1. No exemplo E utilizaram-se as soluções descritas no Capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 51- Apresentação das soluções utilizadas no Exemplo E da Habitação Unifamiliar 1

Habitação Unifamiliar 1				
Exemplo	Envolvente	Solução Utilizada	Tipo de solução	
Exemplo E	Envolvente exterior	Solução 1	Paredes	Par 1.1 Pt1.1 Par 2.1
			Coberturas	Cob 1.1 Cob 2.1
			Pavimentos	Pav 1.1 Pav 2.1 Pav 3.1
			Envidraçados	Env 1.1 Env 2.1 Env 3.1
	Envolvente interior	Solução Geral	Paredes	Par 3
			Pavimentos	Pav 2
	Envolvente em contato com o solo	Solução 1	Paredes	Par 4.1
			Pavimentos	Pav 3.1
	Elementos interiores á fração	Solução Geral	Paredes	Pdiv 1
			Pavimentos	Pav 4 Pav 5 Pav 6
	Aguas Quentes Sanitárias	Solução 1		
	Climatização	Solução 1		
	Ventilação	Solução 2		

Na Tabela 52 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo E.

Tabela 52- Apresentação dos resultados do exemplo E da habitação unifamiliar 1

Exemplo E	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	130,75	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	1,19	-
<i>Nvc</i>	6,82	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,88	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	4,54	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	KO				

Exemplo E, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2.

Analisando os resultados pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, e necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica houve um ligeiro melhoramento nas necessidades máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, não sendo suficiente para o cumprimento das verificações regulamentares $Nic < Ni$ e $Nac < Na$.

Comparando o exemplo A com o exemplo E verifica-se que alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica não é suficiente para cumprir as necessidades regulamentares, no entanto verifica-se uma melhoria a nível das necessidades nominais de aquecimento (Nic) e nas necessidades de energia primária (Ntc) relativamente ao exemplo A, logo as perdas diminuiram cerca de 20%.

Exemplo F

Exemplo F, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2 e a solução do tipo de Vidro para a solução 2.

Na Tabela 53 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo F.

Tabela 53- Apresentação dos resultados do exemplo F da habitação unifamiliar 1

Exemplo F	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	115,60	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc/Nt</i>	1,08	-
<i>Nvc</i>	7,83	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,88	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	4,11	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	KO				

Analisando os resultados pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, e necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica e do melhoramento do envidraçado houve um ligeiro melhoramento nas necessidades máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, não sendo suficiente para o cumprimento das verificações regulamentares $Nic < Ni$ e $Ntc < Nt$.

Comparando o exemplo A com o exemplo F verifica-se que alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica e do melhoramento do envidraçado não é suficiente para cumprir todas as necessidades regulamentares, no entanto verifica-se uma melhoria a nível das necessidades nominais de aquecimento (Nic) e nas necessidades de energia primária (Ntc) relativamente ao exemplo A, logo as perdas diminuiriam cerca de 10%.

Exemplo G

Exemplo G, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação, tipo de vidro e climatização para a solução 2.

Na Tabela 54 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo G.

Tabela 54- Apresentação dos resultados do exemplo G da habitação unifamiliar 1

Exemplo G	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	115,60	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	0,49	-
<i>Nvc</i>	7,83	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,69	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	1,87	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento cumprindo todos os outros valores máximos regulamentares.

Verifica-se que com alteração do tipo de vidro não se conseguiu cumprir com as necessidades nominais de energia útil para aquecimento ($Nic < Ni$), com alteração do tipo climatização conseguindo-se cumprir as necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária $Ntc < Nt$.

Comparando o exemplo A com o exemplo G verifica-se que com o melhoramento do envidraçado não é suficiente para cumprir todas as necessidades regulamentares, no entanto verifica-se uma melhoria a nível das necessidades nominais de aquecimento (*Nic*), logo as perdas diminuíram cerca de 20%.

Exemplo H

No exemplo H, utilizaram-se a mesma combinação de soluções que o exemplo G, alterando-se o tipo de solução de AQS e a climatização para a solução 3.

Na Tabela 55 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo H.

Tabela 55- Apresentação dos resultados do exemplo H da habitação unifamiliar 1

Exemplo H	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	115,60	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	0,49	-
<i>Nvc</i>	7,83	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,69	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	1,88	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Analisando os resultados verifica-se que o edifício não cumpre todos os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento cumprindo todos os outros valores máximos regulamentares.

Com o exemplo H verifica-se que mesmo com alteração do tipo de climatização não se conseguiu cumprir com as necessidades nominais de energia útil para aquecimento ($N_{ic} < N_i$), conseguindo-se cumprir as necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária $N_{tc} < N_t$.

Comparando o exemplo H com o exemplo G verifica-se que com a alteração do tipo de equipamento não é suficiente para cumprir todas as necessidades regulamentares, no entanto verifica-se um pequeno aumento a nível das necessidades nominais de energia primária (N_{tc}), logo as perdas aumentaram cerca de 1%.

Exemplo I

Exemplo I, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação, tipo de vidro e climatização para a solução 4.

Na Tabela 56 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo I

Tabela 56- Apresentação dos resultados do exemplo I da habitação unifamiliar 1

Exemplo I	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	N_{ic}	115,60	N_i	100,72	$N_{ic} < N_i$	RO	N_{tc}/N_t	-0,24	-
N_{vc}	7,83	N_v	18,00	$N_{vc} < N_v$	OK				
N_{ac}	-5,66	N_a	21,77	$N_{ac} < N_a$	OK				
N_{tc}	-0,90	N_t	3,81	$N_{tc} < N_t$	OK				

Como o valor de N_{ac} deu valor negativo fez-se a correção da formula para que o valor desse positivo.

Para que o valor não desse negativo usou-se a Equação 1, de acordo com o estabelecido nas perguntas e respostas de apoio à aplicação do RCCTE (ADENE, 2008).

$$N_{ac} = \left(\frac{Q_a - E_{solar} - E_{ren}}{\eta_a} \right) / A_p \quad \text{Equação 1}$$

Na Tabela 57 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo I após a correção do valor de N_{ac} .

Tabela 57- Apresentação dos resultados do exemplo I com correção da habitação unifamiliar 1

Exemplo I	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	N_{ic}	115,60	N_i	100,72	$N_{ic} < N_i$	KO	N_{tc}/N_t	0,22	-
N_{vc}	7,83	N_v	18,00	$N_{vc} < N_v$	OK				
N_{ac}	1,12	N_a	21,77	$N_{ac} < N_a$	OK				
N_{tc}	0,84	N_t	3,81	$N_{tc} < N_t$	OK				

Exemplo I, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2, AQS para a solução 4 e a climatização para a solução 4.

Pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento cumprindo todos os outros valores máximos regulamentares.

Verifica-se que com a introdução de uma bomba de calor com um COP 5 para AQS e para a climatização, não se conseguiu cumprir com as necessidades nominais de energia útil para aquecimento ($N_{ic} < N_i$), conseguindo-se um ligeiro melhoramento nas necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária $N_{tc} < N_t$.

Exemplo J

Exemplo J, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2 e a envolvente em contacto com o solo, paredes para a solução 2.

Na Tabela 58 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo J

Tabela 58- Apresentação dos resultados do exemplo J da habitação unifamiliar 1

Exemplo J	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	112,10	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	1,05	
<i>Nvc</i>	7,83	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,88	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	4,00	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	KO				

Analisando os resultados verifica-se que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, e necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica, com a introdução de um vidro com melhores características e da introdução de isolamento na parede em contacto com o solo houve um ligeiro melhoramento nas necessidades máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, não sendo suficiente para o cumprimento das verificações regulamentares $Nic < Ni$ e $Nac < Na$

Exemplo K

Exemplo k, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2 e a envolvente em contacto com o solo, paredes e pavimentos para a solução 2

Na Tabela 59 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo K.

Tabela 59- Apresentação dos resultados do exemplo K da habitação unifamiliar 1

Exemplo J	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	109,80	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	1,03	
<i>Nvc</i>	7,83	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	7,88	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	3,94	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	KO				

Pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, e necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica, com a introdução de um vidro com melhores características e da introdução de isolamento na parede e no pavimento em contacto com o solo houve um ligeiro melhoramento nas necessidades máximas regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, não sendo suficiente para o cumprimento das verificações regulamentares $N_{ic} < N_i$ e $N_{ac} < N_a$

Comparando o exemplo K com o exemplo J verifica-se que com as alterações efetuadas no exemplo K não foi suficiente para cumprir todas as necessidades regulamentares, no entanto verifica-se uma melhoria a nível das necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}) e a nível das necessidades nominais de energia primária (N_{tc}), logo as perdas diminuiram cerca de 3%.

Exemplo L

Exemplo L, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2, a envolvente em contacto com o solo para a solução 2 e foi considerado $\psi = 0$.

Na Tabela 60 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo L.

Tabela 60- Apresentação dos resultados do exemplo L da habitação unifamiliar 1

Exemplo L	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	N_{ic}	102,60	N_i	100,72	$N_{ic} < N_i$	KO	N_{tc}/N_t	0,98	-
N_{vc}	7,83	N_v	18,00	$N_{vc} < N_v$	OK				
N_{ac}	7,88	N_a	21,77	$N_{ac} < N_a$	OK				
N_{tc}	3,73	N_t	3,81	$N_{tc} < N_t$	OK				

Analisando os resultados pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento cumprindo todos os outros valores máximos regulamentares.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica, com a introdução de um vidro com melhores características, introdução de isolamento na parede e no pavimento em contacto com o solo e considerando $\psi = 0$ (Figura 30), em que o isolamento térmico está em contacto com a caixilharia.

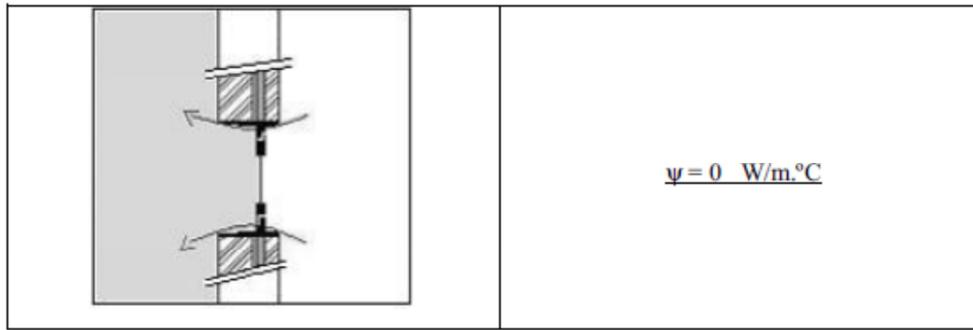


Figura 30 – Ligação fachada /padeira

Com a introdução de todas estas alterações verificou-se um ligeiro melhoramento nas necessidades máximas regulamentares, das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, não sendo suficiente para o cumprimento da verificação regulamentar para $N_{ic} < N_i$, sendo suficiente para o cumprimento da verificação regulamentar para $N_{ac} < N_a$.

Exemplo L1

Exemplo L1, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2, a envolvente em contacto com o solo para a solução 2, considerou-se $\psi=0$ e foi considerado caixa de estore, pontes térmicas planas e pontes térmicas lineares.

Na Tabela 61 apresenta-se os resultados obtidos do Exemplo L1.

Tabela 61- Apresentação dos resultados do exemplo L1 da habitação unifamiliar 1

Exemplo L1	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	N_{ic}	113,93	N_i	101,21	$N_{ic} < N_i$	KO	N_{tc}/N_t	0,85	
N_{vc}	6,09	N_v	18,00	$N_{vc} < N_v$	OK				
N_{ac}	7,15	N_a	21,77	$N_{ac} < N_a$	OK				
N_{tc}	3,23	N_t	3,82	$N_{tc} < N_t$	OK				

Analisando os resultados pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, e necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica, com a introdução de um vidro com melhores características, introdução de isolamento na parede e no pavimento em contacto com o solo, $\psi=0$ e introdução de caixa de estore nos envidraçados verificou-se que os valores regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento pioraram cerca de 10% e as necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária melhoraram cerca de 13% relativamente ao exemplo L. Com a introdução de todas estas alterações não foi suficiente para o cumprimento da verificação regulamentar para $N_{ic} < N_i$, sendo suficiente para o cumprimento da verificação regulamentar para $N_{ac} < N_a$.

Exemplo M

Exemplo M, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2, a envolvente em contacto com o solo alterou-se para a solução 2, considerou-se $\psi=0$ e a envolvente em contacto com o solo pavimento para a solução 3.

Na Tabela 62 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo M.

Tabela 62- Apresentação dos resultados do exemplo M da habitação unifamiliar 1

Exemplo M	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	N_{ic}	101,44	N_i	103,59	$N_{ic} < N_i$	OK	N_{tc}/N_t	0,85	B ⁻
N_{vc}	7,83	N_v	18,00	$N_{vc} < N_v$	OK				
N_{ac}	7,88	N_a	21,77	$N_{ac} < N_a$	OK				
N_{tc}	3,70	N_t	3,84	$N_{tc} < N_t$	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻, sendo a classificação mínima regulamentar para um edifício novo.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica, com a introdução de um vidro com melhores características, introdução de isolamento na parede em contacto com o solo, $\psi=0$ e considerando que o pavimento que inicialmente estava em contacto com o solo passou a estar em contacto com desvão sanitário, foi necessário a introdução

de um novo pavimento Pav2 e a eliminação do pavimento em contacto com o solo Pav 3.

Com a introdução de todas estas alterações verificou-se o cumprimento das necessidades máximas regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e das restantes necessidades regulamentares.

Comparando o exemplo M com o exemplo A verifica-se que com as alterações efetuadas no exemplo M verifica-se uma melhoria a nível das necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}) e a nível das necessidades nominais de energia primária (N_{tc}), logo as perdas diminuíram cerca de 30%.

Exemplo N

Exemplo N, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2, a envolvente em contacto com o solo parede para a solução 2, $\psi=0$, a envolvente em contacto com o solo utilizou-se para as paredes em contato com o solo a solução 2, para os pavimentos em contato com o solo utilizou-se solução 3. Para a envolvente exterior utilizou-se a solução 4.

Na Tabela 63 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo N.

Tabela 63- Apresentação dos resultados do exemplo N da habitação unifamiliar 1

Exemplo N	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	N_{ic}	91,36	N_i	103,59	$N_{ic} < N_i$	OK	N_{tc}/N_t	0,89	B ⁻
N_{vc}	8,63	N_v	18,00	$N_{vc} < N_v$	OK				
N_{ac}	7,88	N_a	21,77	$N_{ac} < N_a$	OK				
N_{tc}	3,41	N_t	3,84	$N_{tc} < N_t$	OK				

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻, sendo a classificação mínima regulamentar para um edifício novo.

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica, com a introdução de um vidro com melhores características, introdução de isolamento na parede em contacto

com o solo, $\psi = 0$, pavimento em contacto com solo passou a ser pavimento em contacto com desvão sanitário, e foi alterado a envolvente exterior para a solução 4 em que foi aumentado o isolamento das paredes para 20cm de isolamento por forma a verificar se houve ou não alteração da classificação.

Com a introdução de todas estas alterações verificou-se que houve um ligeiro melhoramento nas necessidades regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e o cumprimento de todas as necessidades máximos regulamentares, não havendo alteração da classificação energética. As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 40% relativamente ao exemplo A.

Exemplo O

Exemplo O, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2, a envolvente exterior para a solução 5, $\psi = 0$, a envolvente em contacto com o solo, pavimento em contato com solo aplicou-se a solução 3, paredes em contato com solo aplicou-se a solução 2 e a climatização para a solução 1.

Na Tabela 64 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo O.

Tabela 64- Apresentação dos resultados do exemplo O da habitação unifamiliar 1

Exemplo O	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO	
	<i>Nic</i>	84,05	<i>Ni</i>	103,59	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc/Nt</i> 0,83	B ⁻
<i>Nvc</i>	8,96	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK			
<i>Nac</i>	7,88	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK			
<i>Ntc</i>	3,20	<i>Nt</i>	3,84	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK			

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação B-, sendo a classificação mínima regulamentar para um edifício novo.

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica, com a introdução de um vidro com melhores características, introdução de isolamento na parede em contacto

com o solo, $\psi = 0$, pavimento em contacto com solo passou a ser pavimento em contacto com desvão sanitário, e foi alterado a envolvente exterior para a solução 5 em que foi aumentado o isolamento das paredes para 50cm e a cobertura com 20cm de isolamento, por forma a verificar se houve ou não alteração da classificação.

Com a introdução de todas estas alterações verificou-se houve um ligeiro melhoramento nas necessidades regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e o cumprimento de todas as necessidades máximos regulamentares, não havendo alteração da classificação energética. As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 42% relativamente ao exemplo A.

Exemplo P

Exemplo P, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2, a envolvente exterior para a solução 1, $\psi = 0$, a envolvente em contacto com o solo, pavimento em contato com solo aplicou-se a solução 3, paredes em contato com solo aplicou-se a solução 2 e a climatização para a solução 2.

Na Tabela 65 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo P.

Tabela 65- Apresentação dos resultados do exemplo P da habitação unifamiliar 1

Exemplo O	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO	
	N_{ic}	101,44	N_i	103,59	$N_{ic} < N_i$	OK	N_{tc}/N_t	0,45
N_{vc}	7,83	N_v	18,00	$N_{vc} < N_v$	OK			
N_{ac}	7,88	N_a	21,77	$N_{ac} < N_a$	OK			
N_{tc}	1,73	N_t	3,84	$N_{tc} < N_t$	OK			

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica, com a introdução de um vidro com melhores características, introdução de isolamento na parede em contacto com o solo, $\psi = 0$, pavimento em contacto com solo passou a ser pavimento em contacto com desvão sanitário, e foi alterado a climatização para ar condicionado.

Com a introdução de todas estas alterações verificou-se houve alteração de classe de B- para a classe A após a introdução de ar condicionado, havendo uma grande alteração nas necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc).

As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 30% a nível das necessidades nominais de aquecimento (Nic) e cerca de 54% a nível das necessidades de energia primária (Ntc) relativamente ao exemplo A.

Exemplo Q

Exemplo Q, combinação das soluções 1, exemplo A onde foi alterado a ventilação para a solução 2, o envidraçado para a solução 2, a envolvente em contacto com o solo parede para a solução 2, $\psi=0$, a envolvente em contacto com o solo pavimentos para a solução 3 e a climatização para a solução 3

Na Tabela 66 apresenta-se os resultados obtidos do Exemplo Q.

Tabela 66- Apresentação dos resultados do exemplo Q da habitação unifamiliar 1

Exemplo Q	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO	
	<i>Nic</i>	101,44	<i>Ni</i>	103,59	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i> 0,45	A
<i>Nvc</i>	7,83	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK			
<i>Nac</i>	7,69	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK			
<i>Ntc</i>	1,74	<i>Nt</i>	3,84	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK			

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A.

Com a alteração da ventilação natural para a ventilação mecânica, com a introdução de um vidro com melhores características, introdução de isolamento na parede em contacto com o solo, $\psi=0$, pavimento em contacto com solo passou a ser pavimento em contacto com desvão sanitário, e foi alterado a climatização para caldeira a gás.

Com a introdução de todas estas alterações verificou-se houve alteração de classe de B- para a classe A após a introdução da caldeira a gás, havendo uma grande alteração nas necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária.

As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 30% a nível das necessidades nominais de aquecimento (Nic) e cerca de 54% a nível das necessidades

de energia primária (N_{tc}) relativamente ao exemplo A. Relativamente ao exemplo P não se verificaram grandes alterações.

Exemplo R

Exemplo R, combinação das soluções 2 para as envolventes e para os equipamentos, exemplo B onde foi alterado a proteção do vidro com maior área, sendo considerado sem qualquer tipo de proteção e foi considerado $\psi = 0$.

Na Tabela 67 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo R.

Tabela 67- Apresentação dos resultados do exemplo R da habitação unifamiliar 1

Exemplo R	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	N_{ic}	99,15	N_i	100,72	$N_{ic} < N_i$	OK	N_{tc}/N_t	0,83	B ⁻
N_{vc}	12,78	N_v	18,00	$N_{vc} < N_v$	OK				
N_{ac}	7,15	N_a	21,77	$N_{ac} < N_a$	OK				
N_{tc}	3,16	N_t	3,81	$N_{tc} < N_t$	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verificou-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻, sendo a classificação mínima regulamentar para um edifício novo.

Com a alteração da proteção do vão envidraçado V9 e com $\psi = 0$ conseguiu-se fazer cumprir verificação regulamentar para as necessidades regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento $N_{ic} < N_i$, comparativamente ao Exemplo B.

Exemplo S

Exemplo S, combinação das soluções 2, exemplo B onde foi alterado a proteção do vidro com maior área, sendo considerado sem qualquer tipo de proteção, $\psi = 0$ e para o AQS foi considerado a solução 1.

Na Tabela 68 apresenta-se os resultados obtidos do Exemplo S.

Tabela 68- Apresentação dos resultados do exemplo S da habitação unifamiliar 1

Exemplo S	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO			
	<i>Nic</i>	99,73	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	Ntc/Nt	0,46	A	
	<i>Nvc</i>	12,88	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
	<i>Nac</i>	7,88	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
	<i>Ntc</i>	1,77	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares. Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A. Com a alteração da proteção do vão envidraçado V9 e com $\psi=0$ conseguiu-se fazer cumprir a verificação regulamentar para as necessidades regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento $Nic < Ni$ e com a alteração da solução do AQS para esquentador a gás passou da classe energética B⁻ para a classe A.

Exemplo T

Exemplo T, combinação das soluções 2, exemplo B onde foi alterado a proteção do vidro com maior área, sendo considerado sem qualquer tipo de proteção, $\psi=0$ e para o AQS e a climatização foi considerado a solução 3.

Na Tabela 69 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo T.

Tabela 69- Apresentação dos resultados do exemplo T da habitação unifamiliar 1

Exemplo T	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO			
	<i>Nic</i>	99,73	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	Ntc/Nt	0,46	A	
	<i>Nvc</i>	12,88	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
	<i>Nac</i>	7,69	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
	<i>Ntc</i>	1,77	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares. Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A. Com a alteração da proteção do vão envidraçado V9 e com $\psi = 0$ conseguiu-se fazer cumprir a verificação regulamentar para as necessidades regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento $Nic < Ni$ e com a alteração da solução do AQS e da climatização para caldeira a gás passou da classe energética B⁻ para a classe A.

Exemplo U

Exemplo U, combinação das soluções 2, exemplo B onde foi alterado a proteção do vidro com maior área, sendo considerado sem qualquer tipo de proteção, $\psi = 0$ e para o AQS e a climatização foi considerado a solução 4.

Na Tabela 70 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo T.

Tabela 70- Apresentação dos resultados do exemplo U da habitação unifamiliar 1

Exemplo U	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	99,15	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc/Nt</i>	-0,31	A ⁺
<i>Nvc</i>	12,78	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	-6,13	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	-1,18	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Como o valor de *Nac* deu valor negativo fez-se a correção da formula para que o valor desse positivo.

Para que o valor não desse negativo usou-se a Equação 1, de acordo com o estabelecido nas perguntas e respostas de apoio à aplicação do RCCTE .

Na Tabela 71 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo U após a correção do valor de *Nac*.

Tabela 71- Apresentação dos resultados do exemplo U+ corrigidos da habitação unifamiliar 1

Exemplo U+	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	99,15	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc/Nt</i>	0,23	A ⁺
<i>Nvc</i>	12,78	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	0,93	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	0,87	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A⁺.

Com a alteração da proteção do vão envidraçado V9 e com $\psi = 0$ conseguiu-se fazer cumprir a verificação regulamentar para as necessidades regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento *Nic*< *Ni* e com a alteração da solução do AQS e da climatização para Bomba de calor passou da classe energética B⁻ para a classe A⁺.

Exemplo V

Exemplo V, combinação das soluções 2, exemplo B onde foi alterado a proteção do vidro com maior área, sendo considerado sem qualquer tipo de proteção, $\psi = 0$ e o envidraçado para a solução 4.

Na Tabela 72 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo V.

Tabela 72- Apresentação dos resultados do exemplo V da habitação unifamiliar 1

Exemplo V	Apresentação dos resultados		Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	86,06	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	
<i>Nvc</i>	17,46	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK		
<i>Nac</i>	7,15	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK		
<i>Ntc</i>	3,08	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK		
					<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	0,81	B⁻

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verificou-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻, sendo a classificação mínima regulamentar para um edifício novo.

Com a alteração da proteção do vão envidraçado V9, com $\psi=0$ e com alteração do tipo de vidro conseguiu-se fazer cumprir a verificação regulamentar para as necessidades regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento $Nic < Ni$.

Exemplo W

Exemplo W, combinação inicial das soluções 3 exemplo C onde foi alterado o AQS e a climatização para solução 2.

Na Tabela 73 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo W.

Tabela 73- Apresentação dos resultados do exemplo W da habitação unifamiliar 1

Exemplo W	Apresentação dos resultados		Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	97,02	<i>Ni</i>	100,72	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	
<i>Nvc</i>	8,51	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK		
<i>Nac</i>	7,15	<i>Na</i>	21,77	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK		
<i>Ntc</i>	3,09	<i>Nt</i>	3,81	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK		
					<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	0,81	B⁻

Analisando os resultados verificou-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻, sendo a classificação mínima regulamentar para um edifício novo.

Com a alteração do tipo de AQS para termoacumulador elétrico e a climatização para ar condicionado, houve alteração da classificação energética de A para B⁻.

5.2 Habitação Unifamiliar 2

Na Habitação unifamiliar 2 considerou-se um conjunto de 14 combinações de soluções diferentes da sua envolvente e de equipamentos, onde se aplicou as soluções apresentadas no capítulo 2.5, por forma a analisar os parâmetros de desempenho do edifício unifamiliar 2.

Em seguida são apresentados e analisados todas as combinações em estudo.

Exemplo A

Na Tabela 74 estão representados as soluções utilizadas no Exemplo A da Habitação Unifamiliar 2. No exemplo A utilizou-se as soluções 1 descritas no capítulo 3 para a envolvente exterior, envolvente interior, envolvente em contato com o solo, aquecimento das águas quentes sanitárias, climatização e ventilação.

Tabela 74- Apresentação das combinações das soluções da Habitação Unifamiliar 2

Habitação Unifamiliar 2				
Exemplo	Envolvente	Solução Utilizada	Tipo de solução	
Exemplo A	Envolvente exterior	Solução 1	Paredes	Par 1.1 Pt1.1
			Coberturas	Cob 1.1 Cob 2.1 Cob 3.1
			Pavimentos	Pav 1
			Envidraçados	Env 1.1
	Envolvente interior	Solução Geral	Paredes	Par 2
			Pavimentos	Pav 2
	Elementos interiores á fração	Solução Geral	Paredes	Pdiv 1
			Pavimentos	Pav 3 Pav 4 Pav 5
	Aguas Quentes Sanitárias	Solução 1		
Climatização	Solução 1			
Ventilação	Solução 1			

Na Tabela 75 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo A, combinação das soluções 1.

Tabela 75- Apresentação dos resultados do exemplo A da habitação unifamiliar 2

Exemplo A	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO	
	<i>Nic</i>	87,64	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i> 0,83	B ⁻
<i>Nvc</i>	3,49	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK			
<i>Nac</i>	8,93	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK			
<i>Ntc</i>	3,34	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK			

Exemplo A, combinação das soluções 1. Considerou-se para alguns elementos construtivos soluções gerais que serão aplicadas em todos os exemplos, por forma a dar mais relevância aos elementos que são mais importantes para o estudo paramétrico e para a classificação energética da habitação unifamiliar 2.

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻, sendo a classificação mínima necessária para o cumprimento do regulamento
Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Exemplo B

Exemplo B, combinação das soluções 2. Considerou-se para alguns elementos construtivos soluções gerais que serão aplicadas em todos os exemplos, por forma a dar mais relevância aos elementos que são mais importantes para a classificação da habitação.

Na Tabela 76 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo B.

Tabela 76- Apresentação dos resultados do exemplo B da habitação unifamiliar 2

Exemplo B	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	101,59	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	KO	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	0,84	-
<i>Nvc</i>	3,80	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	8,13	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	3,38	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻, sendo a classificação mínima necessária para o cumprimento do regulamento
Pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento cumprindo todos os outros valores máximos regulamentares.

Exemplo C

Exemplo C, combinação das soluções 3. Considerou-se para alguns elementos construtivos soluções gerais que serão aplicadas em todos os exemplos, por forma a dar mais relevância aos elementos que são mais importantes para a classificação das habitações.

Na Tabela 77 apresenta-se os resultados obtidos do Exemplo C.

Tabela 77- Apresentação dos resultados do exemplo C da habitação unifamiliar 2

Exemplo C	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	91,58	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc/Nt</i>	0,42	A
<i>Nvc</i>	3,40	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	8,72	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	1,69	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares. Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A.

Exemplo D

Exemplo D, combinação das soluções 4. Considerou-se para alguns elementos construtivos soluções gerais que serão aplicadas em todos os exemplos, por forma a dar mais relevância aos elementos que são mais importantes para a classificação das habitações.

Na Tabela 78 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo D.

Tabela 78- Apresentação dos resultados do exemplo D da habitação unifamiliar 2

Exemplo D	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	66,87	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc/Nt</i>	-0,33	A ⁺
<i>Nvc</i>	3,74	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	-5,97	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	-1,31	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares. Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A⁺, classificação máxima.

Exemplo E

Exemplo E, combinação das soluções 2 para a envolvente exterior e soluções 1 para AQS e para a climatização.

Na Tabela 79 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo E.

Tabela 79- Apresentação dos resultados do exemplo E da habitação unifamiliar 2

Exemplo E	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	88,36	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	0,84	B⁻
<i>Nvc</i>	3,46	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	8,93	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	3,36	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻, sendo a classificação mínima regulamentar para um edifício novo.

Verifica-se que não houve alterações significativas comparativamente com o Exemplo B. As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 13% a nível das necessidades nominais de aquecimento (*Nic*) e cerca de 1% a nível das necessidades de energia primária (*Ntc*) relativamente ao exemplo B.

Exemplo F

Exemplo F, combinação das soluções 3 para a envolvente exterior e soluções 1 para AQS e para a climatização.

Na Tabela 80 apresenta-se os resultados obtidos do Exemplo F.

Tabela 80- Apresentação dos resultados do exemplo F da habitação unifamiliar 2

Exemplo F	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	90,72	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	<i>Ntc</i> / <i>Nt</i>	0,86	B⁻
<i>Nvc</i>	3,38	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	8,93	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	3,43	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Verifica-se que a classificação comparativamente ao exemplo B e o exemplo E não houve alteração da classificação.

As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 10% a nível das necessidades nominais de aquecimento (*Nic*) e aumento de cerca de 1% a nível das necessidades de energia primária (*Ntc*) relativamente ao exemplo B.

Exemplo G

Exemplo G, combinação das soluções 4 para a envolvente exterior e soluções 1 para AQS e para a climatização.

Na Tabela 81 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo G.

Tabela 81- Apresentação dos resultados do exemplo G da habitação unifamiliar 2

Exemplo G	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	76,94	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	Ntc/Nt	0,76	B
<i>Nvc</i>	3,97	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	8,93	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	3,04	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Verifica-se que a classificação comparativamente ao exemplo B, E e o exemplo F não houve alteração da classificação.

As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 25% a nível das necessidades nominais de aquecimento (*Nic*) relativamente ao exemplo B.

Exemplo H

Exemplo H, combinação das soluções 5 para a envolvente exterior e soluções 1 para AQS e para a climatização

Na Tabela 82 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo H.

Tabela 82- Apresentação dos resultados do exemplo H da habitação unifamiliar 2

Exemplo H	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	76,25	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	Ntc/Nt	0,74	B
<i>Nvc</i>	4,12	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	8,93	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	2,96	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Verifica-se que a classificação comparativamente ao exemplo B, E, F e o exemplo G ouve alteração da classificação de B⁻ para B.

As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 25% a nível das necessidades nominais de aquecimento (Nic) relativamente ao exemplo B e cerca de 1% relativamente ao exemplo G.

Exemplo I

Exemplo I, combinação das soluções 1 para a envolvente exterior e soluções 2 para AQS e para a climatização.

Na Tabela 83 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo I.

Tabela 83- Apresentação dos resultados do exemplo I da habitação unifamiliar 2

Exemplo I	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	Nic	87,64	Ni	91,68	Nic < Ni	OK	Ntc/Nt	0,81	B ⁻
	Nvc	3,49	Nv	18,00	Nvc < Nv	OK			
	Nac	8,13	Na	23,95	Nac < Na	OK			
	Ntc	3,24	Nt	4,00	Ntc < Nt	OK			

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻.

Verifica-se que a classificação comparativamente ao exemplo B, E e o exemplo F não ouve alteração da classificação.

As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 14% a nível das necessidades nominais de aquecimento (Nic) relativamente ao exemplo B e um aumento das perdas de cerca de 15% relativamente ao exemplo H.

Exemplo J

Exemplo J, combinação das soluções 1 para a envolvente exterior e soluções 3 para AQS e para a climatização.

Na Tabela 84 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo J.

Tabela 84- Apresentação dos resultados do exemplo J da habitação unifamiliar 2

Exemplo J	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO			
	<i>Nic</i>	87,64	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	Ntc/Nt	0,43	A	
	<i>Nvc</i>	3,49	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
	<i>Nac</i>	8,72	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
	<i>Ntc</i>	1,73	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A.

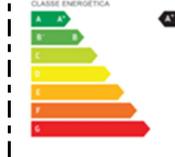
As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 14% a nível das necessidades nominais de aquecimento (*Nic*) relativamente ao exemplo B e não ocorreram alterações relativamente ao exemplo I. A nível das necessidades de energia primária (*Ntc*) ouve uma diminuição de perdas de cerca de 48% relativamente ao exemplo B e exemplo I.

Exemplo K

Exemplo k, combinação das soluções 1 para a envolvente exterior e soluções 4 para AQS e para a climatização.

Na Tabela 85 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo K.

Tabela 85- Apresentação dos resultados do exemplo K da habitação unifamiliar 2

Exemplo K	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO			
	<i>Nic</i>	87,64	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	Ntc/Nt	-0,30	A ⁺	
	<i>Nvc</i>	3,49	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
	<i>Nac</i>	-5,97	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
	<i>Ntc</i>	-1,19	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A⁺ classificação máxima.

As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 14% a nível das necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}) relativamente ao exemplo B e não ocorreram alterações relativamente ao exemplo I.

Exemplo L

Exemplo L, combinação inicial das soluções 6 para a envolvente exterior e soluções 4 para AQS e para a climatização.

Na Tabela 86 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo L.

Tabela 86- Apresentação dos resultados do exemplo L da habitação unifamiliar 2

Exemplo L	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO			
	N_{ic}	90,66	N_i	91,68	$N_{ic} < N_i$	OK	N_{tc}/N_t	-0,29	A ⁺	
	N_{vc}	3,38	N_v	18,00	$N_{vc} < N_v$	OK				
	N_{ac}	-5,97	N_a	23,95	$N_{ac} < N_a$	OK				
	N_{tc}	-1,17	N_t	4,00	$N_{tc} < N_t$	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A⁺ classificação máxima.

As alterações introduzidas levaram á diminuição das perdas cerca de 10% a nível das necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}) relativamente ao exemplo B e cerca de 3% relativamente ao exemplo K.

Exemplo M

Exemplo M, combinação das soluções 7 para a envolvente exterior e soluções 4 para AQS e para a climatização.

Na Tabela 87 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo M.

Tabela 87- Apresentação dos resultados do exemplo M da habitação unifamiliar 2

Exemplo M	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	119,21	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	Ntc/Nt	-0,25	A⁺
<i>Nvc</i>	4,10	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	-5,97	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	-1,00	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento cumprindo todos os outros valores máximos regulamentares.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação A⁺ classificação máxima.

Exemplo N

Exemplo N, combinação inicial das soluções 6 para a envolvente exterior e soluções 1 para AQS e para a climatização.

Na Tabela 88 apresentam-se os resultados obtidos do Exemplo N.

Tabela 88- Apresentação dos resultados do exemplo N da habitação unifamiliar 2

Exemplo N	Apresentação dos resultados				Verificação		CLASSIFICAÇÃO		
	<i>Nic</i>	90,66	<i>Ni</i>	91,68	<i>Nic</i> < <i>Ni</i>	OK	Ntc/Nt	0,86	B
<i>Nvc</i>	3,38	<i>Nv</i>	18,00	<i>Nvc</i> < <i>Nv</i>	OK				
<i>Nac</i>	8,93	<i>Na</i>	23,95	<i>Nac</i> < <i>Na</i>	OK				
<i>Ntc</i>	3,43	<i>Nt</i>	4,00	<i>Ntc</i> < <i>Nt</i>	OK				

Pode-se verificar que o edifício cumpre todos os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia.

Analisando os resultados verifica-se que a classificação obtida foi a classificação B⁻, sendo a classificação mínima necessária para o cumprimento do regulamento

5.3 Análise aos casos em estudo

Habitação Unifamiliar 1

Da análise paramétrica efetuada para a habitação unifamiliar 1 verificou-se que a classificação energética final tem uma grande dependência do tipo de equipamento utilizado. Outros fatores como isolamento térmico, o tipo de envidraçado e outros elementos, têm uma grande importância na eficiência energética, mas é o tipo de equipamento utilizado que tem maior influência na classificação energética do edifício.

Com o estudo dos diferentes exemplos estudados pode-se observar que:

Na parede dupla quando foi utilizado 20cm de isolamento XPS (exemplo N), sendo que a classificação energética obtida foi de B-. Na parede dupla pode-se observar que quando foi utilizado 50cm de isolamento tipo XPS (exemplo O), sendo que a classificação energética obtida foi de B-.

Comparativamente com a parede dupla com 6cm de XPS (exemplo P), pode-se observar que a classificação energética obtida foi A. Analisando todos os elementos utilizados em cada exemplo verifica-se que a única diferença para a obtenção desta classificação foi a utilização do tipo de equipamento. Para o exemplo N e O utilizou-se uma resistência elétrica para o aquecimento e arrefecimento COP 3 enquanto para o exemplo P utilizou-se ar condicionado, todos os outros elementos utilizados nos 3 exemplos foram os mesmos à exceção do equipamento e do material de isolamento térmico. Com estes três exemplos pode-se verificar que mesmo se tendo aumentado o isolamento térmico de 20cm para 50cm a classificação energética não variou visto que se manteve o tipo de equipamento utilizado. No entanto a redução das necessidades energéticas para aquecimento foram reduzidas em 10%.

Relativamente à alteração do equipamento de resistência utilizada no exemplo N e O, na solução P verificou-se que ao colocar o Ar Condicionado (COP3) como equipamento para aquecimento e arrefecimento verificou-se que a classificação se alterou de B- para A, em que o ar condicionado tem uma maior potência que a resistência elétrica. Pode-se observar que o mesmo ocorre em outros exemplos estudados na habitação unifamiliar 1.

Na Tabela 89 apresentam-se os resultados obtidos dos Exemplos M, N, O e P.

Tabela 89- Apresentação dos resultados do exemplo M, N, O e P da habitação unifamiliar 1

Ex.	Isolamento			Águas Quentes Sanitárias		Sistema de Climatização			Classificação Energética
	Solução	Tipo	Espessura (m)	Sol.	Tipo	Sol.	Aquecimento	Arrefecimento	
M	1	XPS	0,06	1	Esquentador a gás	1	Resistência Elétrica	Maquina Frigorifica	B ⁻
N	4	XPS	0,20	1	Esquentador a gás	1	Resistência Elétrica	Maquina Frigorifica	B ⁻
O	5	XPS	0,50	1	Esquentador a gás	1	Resistência Elétrica	Maquina Frigorifica	B ⁻
P	1	XPS	0,06	1	Esquentador a gás	2	Ar Condicionado	Ar Condicionado	A

Nos exemplos R, S, T e U verifica-se que a escolha entre um equipamento elétrico e um equipamento a gás pode alterar a classificação de B⁻ para A. No exemplo R utilizou-se Termoacumulador Elétrico para o aquecimento das águas quentes sanitárias, para o aquecimento e arrefecimento do ambiente utilizou-se o Ar Condicionada, no exemplo R considerou-se tudo elétrico obtendo-se uma classificação energética de B⁻.

No exemplo S utilizou-se para o aquecimento das águas quentes sanitárias um esquentador a gás mantendo-se para o aquecimento e arrefecimento o Ar Condicionado. Com a alteração das AQS obteve-se como classificação energética A. Comparando-se o exemplo S com o exemplo R, verifica-se que o facto de se alterar as AQS de elétrico para gás alterou a classificação energética da mais baixa B⁻ para segunda mais alta A. Todas as outras soluções utilizadas mantiveram-se, verifica-se que o simples facto de se alterar o equipamento das AQS de elétrico para gás levou a uma grande alteração a nível da classificação energética. Na análise dos parâmetros pode-se afirmar que a nível das necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc) houve uma redução de cerca de 50% após a alteração do equipamento elétrico para gás.

Na Tabela 90 apresentam-se os resultados obtidos dos Exemplos M, N, O e P.

Tabela 90- Apresentação dos resultados do exemplo R, S, T e U da habitação unifamiliar 1

Ex.	Isolamento			Águas Quentes sanitárias		Sistema de Climatização			Classificação Energética
	Sol.	Tipo	Espessura (m)	Sol.	Tipo	Sol.	Aquecimento	Arrefecimento	
R	2	MW	0,04	2	Termoacumulador Elétrico	2	Ar Condicionado	Ar Condicionado	B ⁻
S	2	MW	0,04	1	Esquentador a gás	2	Ar Condicionado	Ar Condicionado	A
T	2	MW	0,04	3	Caldeira a gás	3	Caldeira a gás	Maquina Frigorifica	A
U	2	MW	0,04	4	Bomba de Calor	4	Bomba de Calor	Bomba de Calor	A ⁺

No exemplo T utilizou-se para o aquecimento das águas quentes sanitárias e para o aquecimento e arrefecimento ambiente o mesmo equipamento, caldeira a gás. Obteve-se como classificação energética A. Pode-se observar que se obteve a mesma classificação energética que o exemplo S apesar de se ter alterado Ar Condicionado para Caldeira a gás para aquecimento e arrefecimento ambiente. No exemplo T utilizou-se as mesmas soluções que no exemplo S variando-se unicamente no equipamento utilizado para aquecimento e arrefecimento. No exemplo W também se verifica a mesma situação quando se altera os equipamentos utilizados passando de caldeira a gás exemplo C, para ar condicionado, exemplo W. O que leva a alteração da classificação energética final de A para B⁻. Com a alteração de um equipamento elétrico para um equipamento a gás faz com que se obtenha a melhor classificação energética final sem ser necessário alterar outros elementos da habitação.

A potência dos equipamentos sejam elétricos ou a gás tem uma grande influência na classificação final.

No exemplo U utilizou-se para o aquecimento das águas quentes sanitárias “AQS” e para o aquecimento e arrefecimento ambiente, uma bomba de calor do tipo Heliotherm água/água com as características do sistema de climatização terá uma (COP)>5. Com a utilização deste equipamento obteve-se a máxima classificação energética A⁺. Pode-se verificar comparativamente com as soluções S e T que se obteve classificação energética de A, ao alterar para um equipamento com maior potência apesar de ser elétrico obteve-se a máxima classificação energética. Analisando os resultados obtidos a

nível das necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc), pode-se observar que houve uma redução de cerca 60% relativamente ao exemplo R e uma redução de cerca de 10% relativamente ao exemplo S.

Conclui-se que a utilização de diferentes equipamentos na mesma habitação com as mesmas soluções construtivas leva a uma grande variação na classificação energética final. Que mesmo alterando as soluções construtivas utilizadas é muito mais difícil obter a classificação energética máxima. Caso que não acontece quando se altera o equipamento utilizado, quanto maior potência desse equipamento melhor será a classificação obtida. E de referir para habitações unifamiliares que o equipamento utilizado deverá ter uma potência instalada inferior a 25 kW.

No exemplo V utilizou-se Termoacumulador Elétrico para o aquecimento das águas quentes sanitárias “AQS”, para o aquecimento e arrefecimento do ambiente utilizou-se o Ar Condicionada, no exemplo V considerou-se tudo elétrico obtendo-se uma classificação energética de B⁻. Neste exemplo utilizou-se as mesmas soluções construtivas que o exemplo R, alterando-se o tipo de vidro utilizado, neste exemplo tentou-se verificar se ao colocar o tipo de vidro com melhor qualidade se conseguia obter melhor classificação energética. No exemplo R optou-se por utilizar um vidro duplo 4-10-6 enquanto no exemplo V utilizou-se um vidro laminado 4-10-6, apesar de se ter alterado para um melhor vidro a classificação energética final não sofreu qualquer alteração, mantendo os valores das necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc) próximos.

Habitação Unifamiliar 2

Após o estudo efetuado com as diferentes combinações soluções utilizadas na habitação unifamiliar 2 pode-se observar que a classificação energética final tem uma grande dependência do equipamento utilizado. Outros fatores como isolamento, o tipo de vidro e outros elementos têm uma grande importância na classificação, mas o tipo de equipamento influencia a classificação final de forma mais significativa.

Com o estudo dos diferentes exemplos estudados pode-se observar que:

No exemplo E foram utilizados 6 cm de isolamento lã rocha MW, sendo que a classificação energética obtida foi de B-. No exemplo F pode-se observar que se utilizaram 5 cm de isolamento tipo EPS, sendo que a classificação energética obtida foi de B-. No exemplo G utilizaram 20cm de isolamento tipo XPS, sendo que a classificação energética obtida foi de B-. Não havendo grande alteração a nível das necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc)

No exemplo H pode-se observar que utilizou-se 50cm de isolamento tipo XPS, sendo que a classificação energética obtida foi de B. Nos exemplos E, F, G e H foi aumentado o isolamento térmico utilizado, em que a classificação energética final não sofreu qualquer alteração. A não ser na solução H em que passou para B. Conclui-se que mesmo variando o isolamento de 6 para 50cm a classificação energética não sofreu grandes alterações. Em todas estes exemplos foram utilizado os mesmos equipamentos da solução 1, para o aquecimento das águas quentes sanitárias um esquentador a gás e para o aquecimento e arrefecimento resistência elétrica COP 3.

Na Tabela 91 apresentam-se os resultados obtidos dos Exemplos E, F e G.

Tabela 91- Apresentação dos resultados do exemplo E, F e G da habitação unifamiliar 2

Ex.	Isolamento			Águas Quentes sanitárias		Sistema de Climatização			Classificação Energética
	Sol.	Tipo	Espessura (m)	Sol.	Tipo	Sol.	Aquecimento	Arrefecimento	
E	2	MW	0,04	1	Esquentador a gás	1	Resistência Elétrica	Maquina Frigorifica	B-
F	3	EPS	0,05	1	Esquentador a gás	1	Resistência Elétrica	Maquina Frigorifica	B-
G	4	XPS	0,20	1	Esquentador a gás	1	Resistência Elétrica	Maquina Frigorifica	B-
H	5	XPS	0,50	1	Esquentador a gás	1	Resistência Elétrica	Maquina Frigorifica	B-

No exemplo I utilizou-se 4cm de isolamento XPS e a solução 2, para o aquecimento das águas quentes sanitárias “AQS” um Termoacumulador Elétrico e para o aquecimento e arrefecimento do ambiente utilizou-se o Ar Condicionada, sendo que a classificação energética obtida foi de B-.

No exemplo J utilizou-se caldeira a gás para o aquecimento das águas quentes sanitárias “AQS” e para o aquecimento e arrefecimento do ambiente, sendo que a classificação energética obtida foi de A.

Neste exemplo utilizou-se as mesmas soluções construtivas do exemplo I, mas devido a alteração dos equipamentos utilizados verifica-se que a classificação energética passou de B⁻ para A.

Observando os valores obtidos pode se afirmar que houve uma redução de cerca de 50% a nível das necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc), para a obtenção classificação energética de A.

No exemplo K utilizou-se para o aquecimento das águas quentes sanitárias e para o aquecimento e arrefecimento do ambiente uma Bomba de Calor do tipo Heliotherm água/água com as características do sistema de climatização de um (COP)>5, sendo que a classificação energética obtida foi de A⁺.

Neste exemplo utilizou-se as mesmas soluções construtivas do exemplo I e J, mas devido a alteração dos equipamentos utilizados verifica-se que a classificação energética passou de B⁻ para A⁺ e de A para A⁺.

No exemplo L utilizou-se para o aquecimento das águas quentes sanitárias e para o aquecimento e arrefecimento do ambiente uma Bomba de Calor do tipo Heliotherm água/água com as características do sistema de climatização de uma (COP)>5, sendo que a classificação energética obtida foi de A⁺. Neste exemplo considerou-se as soluções construtivas das paredes exteriores com 3cm de isolamento, pode-se verificar que comparativamente com o exemplo K a classificação energética não sofreu qualquer alteração, apesar da diminuição do isolamento.

Analisando os resultados obtidos a nível das necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc), pode-se observar que houve uma redução de cerca 60% relativamente ao exemplo I e uma redução de cerca de 10% relativamente ao exemplo J.

No exemplo M utilizou-se para o aquecimento das águas quentes sanitárias e para o aquecimento e arrefecimento do ambiente uma Bomba de Calor do tipo Heliotherm água/água com as características do sistema de climatização de uma (COP)>5, sendo que a classificação energética obtida foi de A⁺. Neste exemplo considerou-se as

soluções construtivas das paredes exteriores sem isolamento, pode-se verificar que comparativamente com o exemplo K e L a classificação energética não sofreu qualquer alteração a nível da classificação energética mas verifica-se que o edifício não cumpre os valores máximos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento cumprindo todos os outros valores máximos regulamentares.

Na Tabela 92 apresentam-se os resultados obtidos dos Exemplos J, K, L e M.

Tabela 92- Apresentação dos resultados do exemplo J, K, L e M da habitação unifamiliar 2

Ex.	ISOLAMENTO			Águas Quentes sanitárias		Sistema de Climatização			Classificação Energética
	Sol.	Tipo	Espessura (m)	Sol.	Tipo	Sol.	Aquecimento	Arrefecimento	
J	1	XPS	0,04	3	Caldeira a gás	3	Caldeira a gás	Maquina Frigorifica	A
K	1	XPS	0,04	4	Bomba de Calor	4	Bomba de Calor	Bomba de Calor	A⁺
L	6	XPS	0,02	4	Bomba de Calor	4	Bomba de Calor	Bomba de Calor	A⁺
M	7	XPS	0	4	Bomba de Calor	4	Bomba de Calor	Bomba de Calor	A⁺

Capítulo 6 - Conclusões e Perspetivas Futuras

6.1 Conclusões

O trabalho realizado teve como base o trabalho realizado durante 2 anos na empresa “*ambiestudos*” a diferentes habitações unifamiliares. No decorrer da execução de alguns projetos deparava-se com o problema dos proprietários quererem a melhor classificação energética para as suas habitações, pensado que para obter a classificação energética A⁺ seria suficiente o aumento do isolamento, a escolha do tipo de isolamento a utilizar ou o melhoramento do tipo de vidro. Após vários trabalhos realizados deparou-se que para obter a classificação energética A⁺ de forma rápida e eficaz seria suficiente alterar o equipamento a utilizar.

O desenvolvimento deste trabalho baseou-se no estudo de duas habitações unifamiliares do tipo T3, com arquitetura moderna e uma estrutura semelhante, localizadas habitação unifamiliar 1 localizada na freguesia de Vinhós conselho de Fafe e a habitação unifamiliar 2 localizada na freguesia de Souto São Salvador conselho de Guimarães.

Para a realização do estudo elaborou-se um conjunto de soluções construtivas dos elementos da envolvente e dos sistemas de climatização. As soluções selecionadas para a realização deste estudo tiveram como base as soluções mais utilizadas a nível de projeto para a execução da obra.

Para a avaliação do impacto das soluções selecionadas a nível da classificação final, foi realizada a análise dos parâmetros no desempenho das duas habitações unifamiliares com a implementação de um conjunto de soluções para a sua envolvente e equipamentos.

A determinação da classe energética foi realizada através da metodologia definida na regulamentação térmica Portuguesa

Todos os exemplos das combinações das soluções estudados na habitação unifamiliar 1 e 2 foram apresentados na apresentação dos resultados, em que os que tiveram mais relevância para o estudo efetuado foram apresentados na análise dos resultados.

O estudo realizado permitiu verificar que apesar de a utilização de tipos de isolamento térmico adequadas (e mesmo elevadas para o clima Português) de isolamento térmico permitindo a reduções nas necessidades energéticas dos edifícios é a escolha do equipamento que tem maior peso na definição da classificação energética do edifício.

Analisando cada exemplo e comparando-se entre eles conclui-se que mesmo aumentando o isolamento ou mesmo melhorando o vidro a classificação final não sofre grandes alterações como se pode ver no exemplo H na habitação 2 com 20cm de isolamento térmico poliestireno estrudido (XPS) ou mesmo no exemplo V na habitação unifamiliar 1 com 20cm de isolamento térmico poliestireno estrudido (XPS).

Esta afirmação baseia-se nos exemplos estudados nesta dissertação, mas também na vasta experiencia na empresa *ambiestudos* na realização de certificação energética de habitações unifamiliares.

O aumento do isolamento das paredes ou mesmo melhorar o tipo de vidro pode não ser suficiente para melhorar a classificação, o cliente por vezes pedia que a habitação tivesse a classificação A, e que para isso bastaria melhorar as características construtivas, mas tornava-se por vezes missão impossível.

O melhoramento das soluções construtivas por vezes não era suficiente para o melhorar da classificação energética final.

Quando o cliente pretendia a melhor classificação energética aconselhava-se para o melhoramento do equipamento pois aí obter-se-ia facilmente melhor classificação energética.

A “ideia” de que o aumento do isolamento das paredes ou mesmo melhorar o tipo do vidro obtém-se uma melhor classificação, é uma “ideia” por vezes correta. Com o melhoramento das soluções construtivas passa-se a cumprir todos os requisitos regulamentares das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e cumprir todos os outros valores máximos regulamentares, que por vezes as soluções definidas inicialmente pelo cliente não cumpriam todos os requisitos.

A obtenção da classificação máxima passa-se quase sempre por melhorar o tipo de equipamento a utilizar a nível das águas quentes sanitárias e a nível do sistema de climatização.

Com este estudo verifica-se que o melhoramento das soluções construtivas pode não alterar a classificação final ou não se verificar grandes alterações na classificação energética final.

A regulamentação utilizada dá uma grande relevância ao tipo de equipamento utilizado a nível das AQS e para aquecimento e arrefecimento ambiente, deixando por vezes uma menor importância ao tipo de soluções construtivas. Para a obtenção das classificações máximas passa-se sempre para o melhoramento do equipamento utilizado. Para um melhor conforto passa sempre por a utilização de um bom equipamento.

Na habitação 1 deparou-se com a dificuldade de fazer cumprir a regulamentação e para obtenção da classificação energética máxima. Para o cumprimento da regulamentação o melhoramento das soluções construtivas foi suficiente para o cumprimento das verificações regulamentares. Mas para a obtenção das máximas classificações energéticas não foi suficiente o melhoramento das soluções construtivas, foi necessário a alteração do equipamento utilizado para AQS e “ou” para aquecimento e arrefecimento ambiente.

Na habitação 2 deparou-se com resultados semelhantes, para obter a melhor classificação energética não foi suficiente o melhorar das soluções construtivas mas sim o melhorar a nível dos equipamentos utilizados.

Pode-se observar que os resultados obtidos às duas habitações unifamiliares são resultados idênticos, apesar da habitação 1 ter uma maior dificuldade a nível do cumprimento valores máximos regulamentares devido às grandes perdas a nível dos envidraçados, mas nas duas habitações para a obtenção da classificação energética máxima foi necessário proceder à alteração do equipamento das águas quentes sanitárias e sistema de climatização.

Pode-se concluir que para um maior conforto dos habitantes, as habitações têm de estar equipadas com sistemas de climatização tanto para arrefecimento como para aquecimento, visto que mesmo com boas soluções construtivas a classificação das habitações não sofriam alterações.

Atualmente devido às dificuldades da sociedade, poucas são as habitações que dispõem de bons equipamentos e mesmo as que são equipadas evitam a sua utilização devido ao acréscimo da despesa no final do mês. Os habitantes preferem por vezes acrescentarem uma peça de roupa no interior das suas habitações para se manterem mais aquecidas no inverno, e no verão tentar arejar para refrescar as habitações, do que a utilização dos sistemas de climatização. A nível das águas quentes sanitárias poucas são as soluções para evitar a utilização destes equipamentos passando estes serem indispensáveis ao dia a dia dos habitantes.

6.2 Perspectivas futuras

Como perspectivas futuras, a realização de um trabalho adicional onde se propõe um estudo mais aprofundado a nível das soluções utilizadas tentando avaliar a que ponto a utilização, por exemplo o tipo de isolamento se torna mais vantajoso do que a substituição dos tipos de equipamento a utilizar tanto a nível das águas quentes sanitárias como a nível do sistema de climatização.

Referências Bibliográficas

- (AIE) - Agencia Internacional da Energia; disponível em: <http://aie.ineti.pt/>; acedido em: 03-2012;
- (Boris Horvat/AFP) - Fotografia tirada de um helicóptero mostra a poluição de Paris, na França fotografia de 07-2010; disponível em: <http://veja.abril.com.br>; acedido em: 08-2012
- (Bruntland, 1987) - Bruntland, G.: Our common future: The World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford, 1987.
- (CEEE) – Conferencia Eficiencia energética em edifícios; disponível em: <http://www.bcsdportugal.org>; acedido em: 10-2012
- (Center for International Climate and Environmental Research – Oslo) – Efeito estufa na atmosfera; disponível em: <http://www.cicero.uio.no>; acedido em: 03-2010
- (DGGE, 2005) - A Energia, os Recursos Geológicos e a Economia, Balanço energético 2005. Direcção Geral de Geologia e Energia, Publicação; disponível em: <http://www.dgge.pt>; acedido em: 10-2012
- (DGGE) - A Energia, os Recursos Geológicos e a Economia – Balanços Energéticos 1990 - 2003, Direcção Geral de Geologia e Energia, Publicação On-Line, disponível em: <http://www.dgge.pt>; acedido em: 10-2012.
- (Eficiência Energética nos edifícios residenciais) - Eficiência Energética nos edifícios residenciais; Autor: Fernanda Santos; Coordenação: Andreia Fornari e Sara Zechini; Impressão: Ondagrafe. Edição de Maio de 2008;
- (Guia prático da eficiência energética) - Guia prático da eficiência energética Autor: (EDP) - Energias de Portugal, S.A. Edição e coordenação. Edição de Junho de 2006;
- (Greenpeace, Beltra, D. - 2005) - Efeito das alterações climáticas nos glaciares - fotografia de Patagonia 1928 vs 2004
- (Greenpeace, Beltra, D. - 2005); disponível em: <http://www.greenpeace.org>; acedido em: 10-2012
- (ISQ) - Térmica dos Edifícios. Instituto de Soldadura e Qualidade, Oeiras, 2000.
- (JN edição 6 de Dezembro de 2009) - Jornal de Noticias edição 6 de Dezembro de 2009; disponível em: <http://www.jn.pt>; acedido em: 02-2011
- (JDN edição 16 de Dezembro de 2009).- Jornal de Negócios edição 16 de Dezembro de 2009; disponível em: <http://www.jornaldenegocios.pt/> ; acedido em: 02-2011
- (Martin Parry, Inter governmental Panel Climate Change) – Jornal de Noticias edição 6 de Dezembro de 2009; On-Line, disponível em: <http://www.jn.pt>; acedido em: 03-2011
- (ONG, China) - Eficiência Energética em Edifícios. Relatório Síntese. Publicação, WBCSD. Edição Portuguesa, Sonae Sierra;
- (Projeto EEE) - “Projecto do WBCSD co-produzido pela Lafarge e a United Technologies Corporation”, Eficiência Energética em Edifícios. Relatório Síntese. Publicação, WBCSD. Edição Portuguesa, Sonae Sierra;
- (RCM 169/2005 DE 24 Outubro) – Publicação no Diário da Republica 24 Outubro de 2005;
- (RCCTE) - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril 2006.

(RSA) - Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes. Decreto-Lei N° 235/83 de 31 de Maio.

(RSECE) - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios, Decreto-Lei n° 79/2006 de 4 de Abril 2006.

(TAGS) - Eficiência Energética poupança energética: disponível em:

<http://recair.com.pt/tags/poupancedila-de-energia>; acedido em: 10-2012

(TTERRA) – T Terra – Engenharia e Ambiente; disponível em: <http://www.tterra.pt>; acedido em: 02-2013

(Uemeai - Hexágono Quântico) – Efeito Estufa, chuvas ácidas; disponível em: <http://uemeai.wordpress.com/>; acedido em: 03-2011

Wikipédia - On-Line, disponível em: <http://pt.wikipedia.org>; cedido em: 03-2011

(WBCSD) - World Business Council for Sustainable; disponível em: <http://www.wbcd.org/web/eeb>; acedido em: 03-2011

Anexos

Anexo I

Localização e classificação da zona do edifício em estudo

Na Figura 31 apresenta-se a cota topográfica georreferenciada da habitação unifamiliar 1



Figura 31 – Cota topográfica georreferenciada da habitação unifamiliar 1

Medição e delimitação de todas as áreas necessárias ao cálculo

Na Figura 32 este representado a delimitação Área Útil e não Útil do edifício.

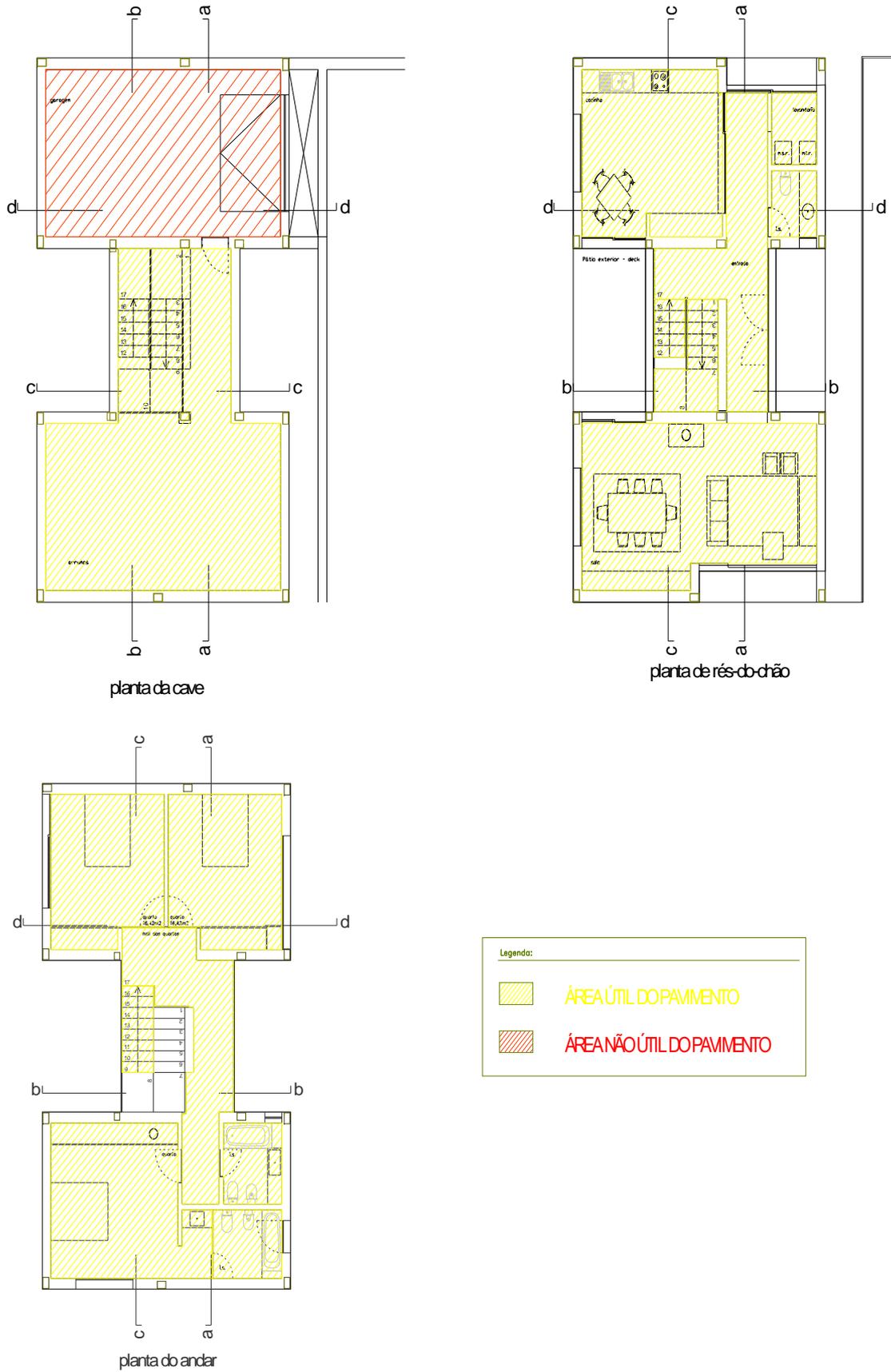
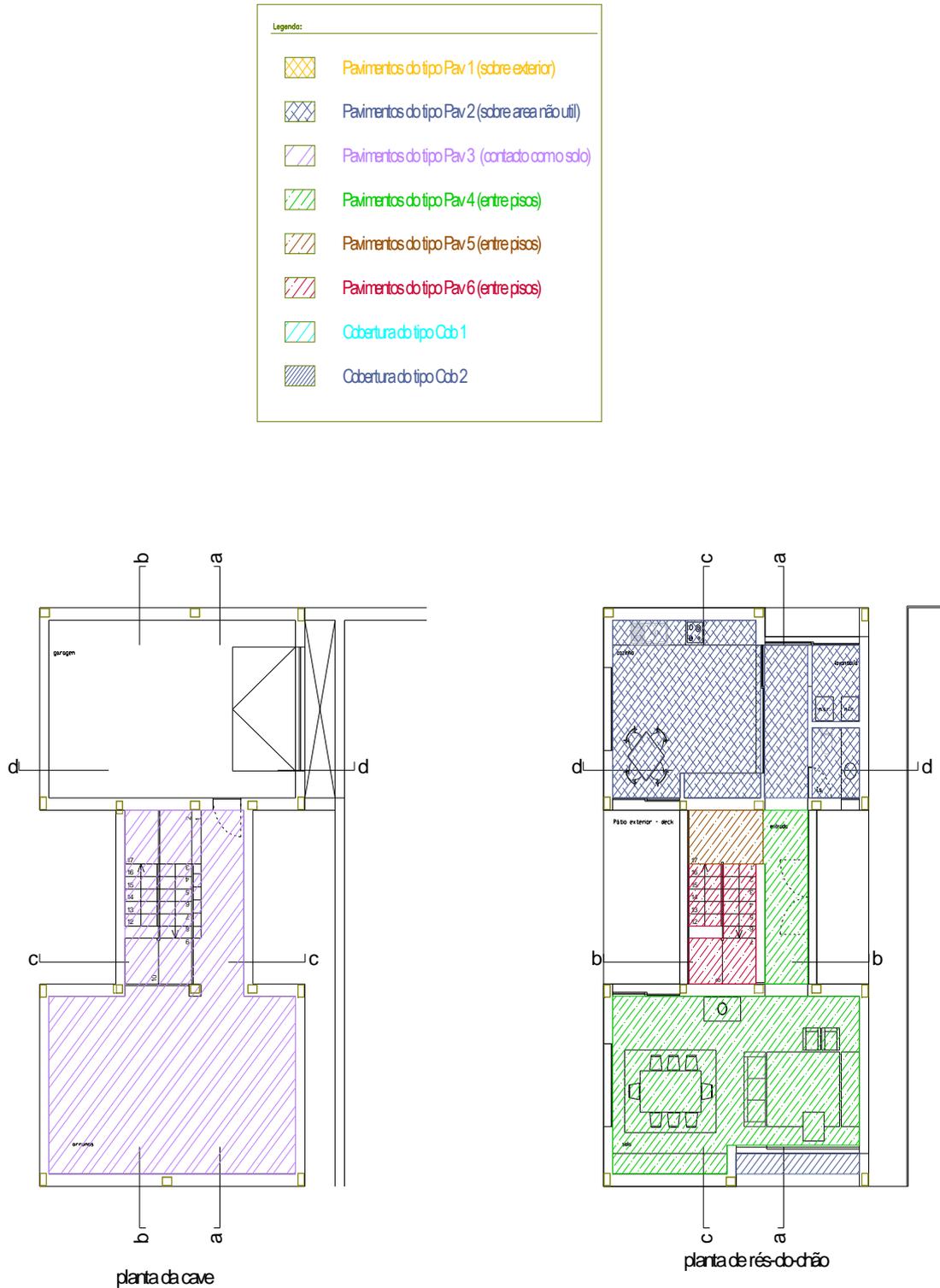


Figura 32 – Delimitação da área útil e não útil do edifício da habitação unifamiliar 1

Na Figura 33 apresenta a definição das áreas dos diferentes tipos de soluções construtivas de pavimentos e coberturas



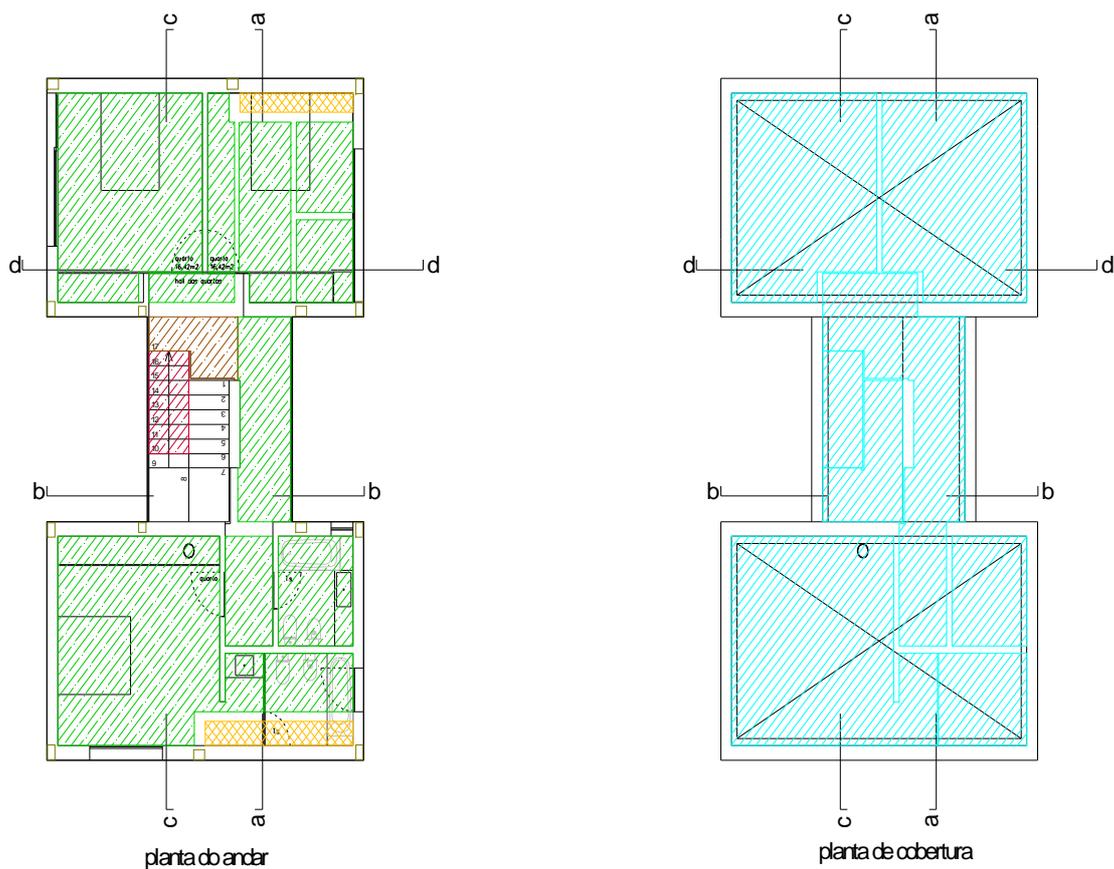


Figura 33 – Definição das áreas dos diferentes tipos de soluções construtivas de pavimentos e coberturas da habitação unifamiliar 1

Na Figura 34 apresenta delimitação do tipo de paredes utilizadas



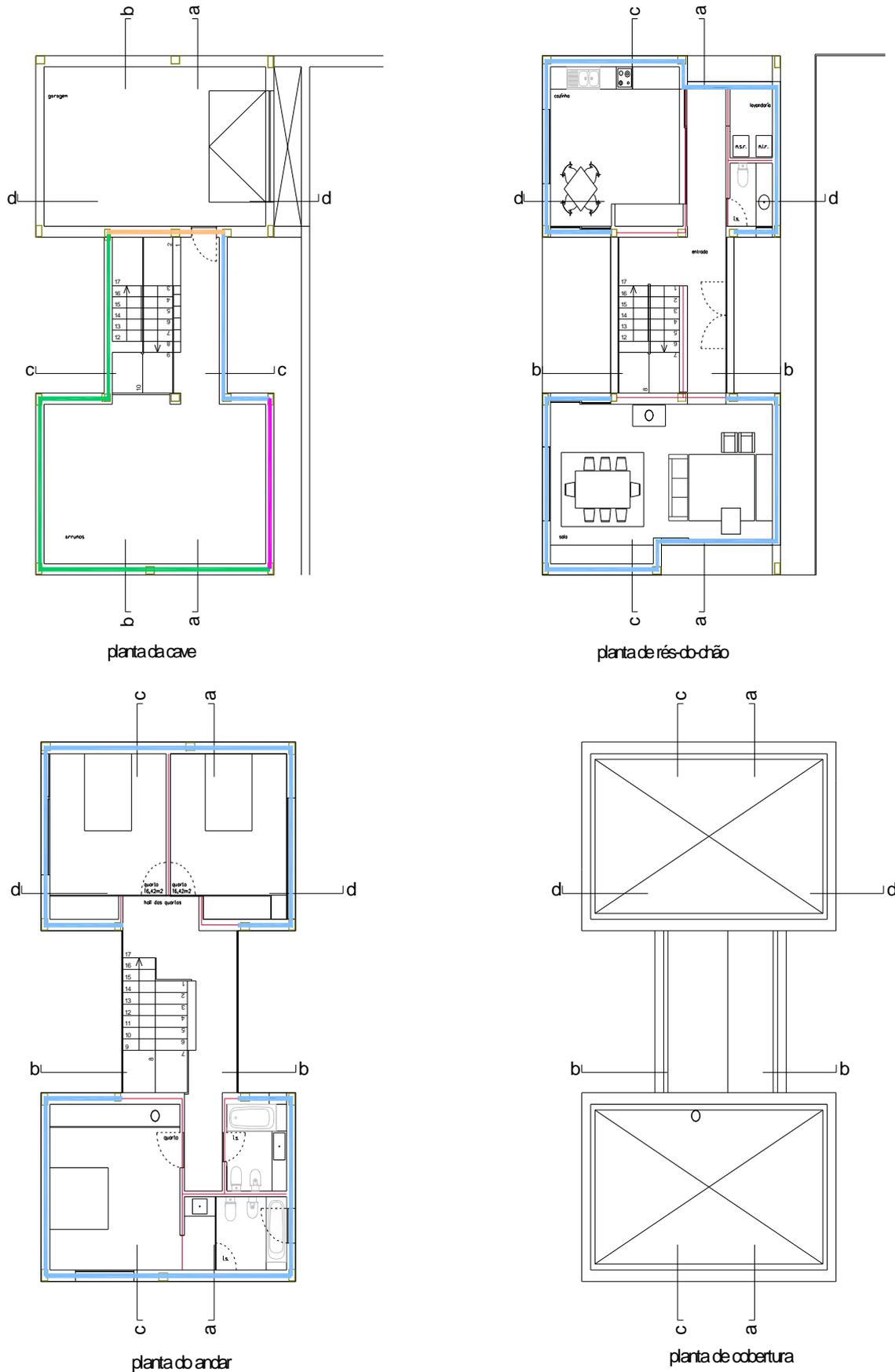


Figura 34 – Delimitação do tipo de paredes utilizadas da habitação unifamiliar 1

Na Figura 35 está apresentado a Indicação dos Envidraçados

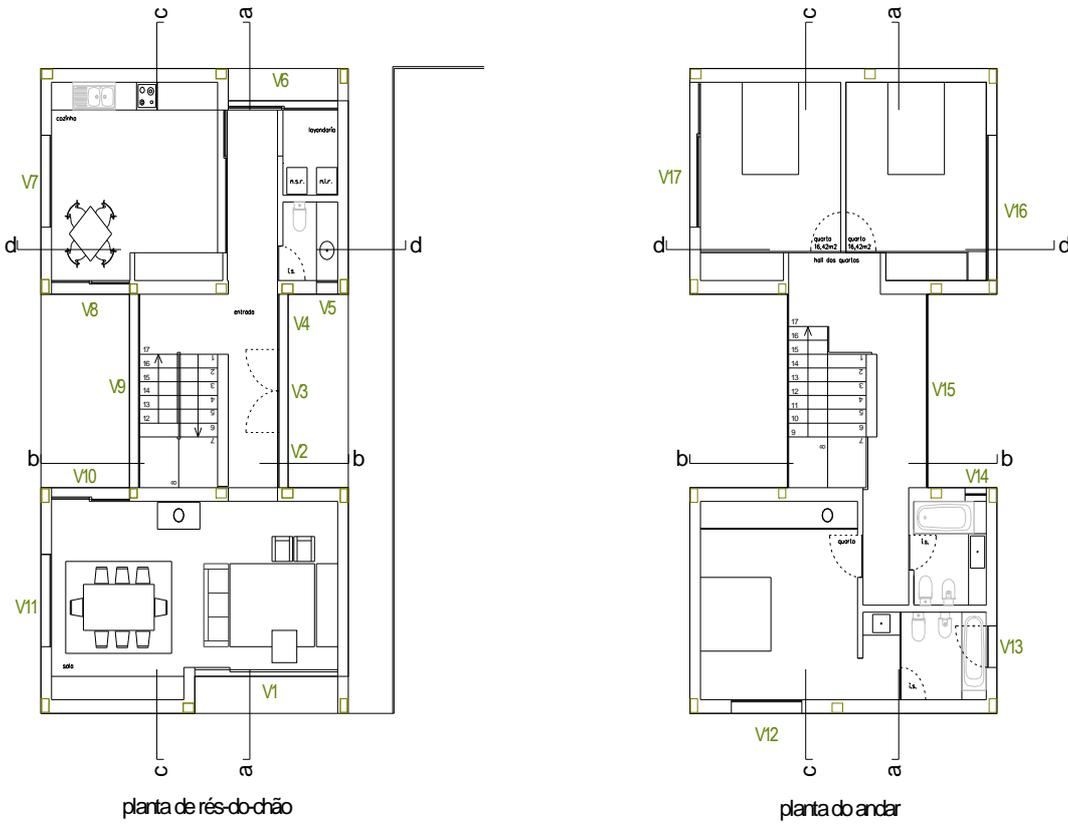


Figura 35 – Indicação dos Envidraçados da habitação unifamiliar 1

Anexo II

Cálculo do coeficiente de transmissão térmica das soluções adotadas.

Envolvente exterior

Paredes

Solução 1

Na Tabela 93 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede Par 1.1.

Tabela 93- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par1.1 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 1.1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,3	1900	0,015	
Tijolo 15	0,15		1200	0,390	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,06	0,037	30	1,622	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,38			R _{si} (m ² °C/W)	mi
				R _{se} (m ² °C/W)	170
				Total	Msi considerada
				U (W/m²°C)	150
				U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	EL1 (c/isolamento)
				U < U_{máx} - Ok!	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 94 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.1.

Tabela 94- Calculo do coeficiente de transmissão térmica Pt1.1 da habitação unifamiliar 1

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² °C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,30	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	30	0,811	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,38				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
			Total	1,38	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,72	150
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1
			U < U_{máx} - Ok!	OK	c/isolamento
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	0,75	Msi=mi e Msi≤150
			U < U_{máx} - Ok!	OK	env. Exterior

Na Tabela 95 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.1.

Tabela 95- Calculo do coeficiente de transmissão térmica Par 2.1 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 2.1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² °C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,30	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	30	0,811	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,38				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
			Total	1,38	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,72	150
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1
			U < U_{máx} - Ok!	OK	c/isolamento
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	0,75	Msi=mi e Msi≤150
			U < U_{máx} - Ok!	OK	env. Exterior

Na Tabela 96 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.1.1.

Tabela 96- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par1.1.1 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 1.1.1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² °C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,3	1900	0,015	
Tijolo 15	0,15		1200	0,390	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,10	0,037	30	2,703	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,42				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
			Total	3,74	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,27	150
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 97 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.1.1.

Tabela 97- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.1.1 da habitação unifamiliar 1

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.1.1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,30	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Isolamento térmico (XPS)	0,07	0,037	30	1,892	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,42				
			$R_{se}(m^2C/W)$	0,13	mi
			$R_{sa}(m^2C/W)$	0,04	170
			Total	2,46	Msi considerada
			U (W/m²C)	0,41	150
			U_{máx} (W/m²C) (I₂)	1,60	EL1
			U < U_{máx} - Ok!	OK	c/isolamento
			U_{máx} (W/m²C) (I₂)	0,53	Msi=mi e Msi≤150
			U < U_{máx} - Ok!	OK	env. Exterior

Na Tabela 98 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Pt 2.1.1.

Tabela 98- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.1.1 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 2.1.1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,30	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Isolamento térmico (XPS)	0,07	0,037	30	1,892	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,42				
			$R_{se}(m^2C/W)$	0,13	mi
			$R_{sa}(m^2C/W)$	0,04	170
			Total	2,46	Msi considerada
			U (W/m²C)	0,41	150
			U_{máx} (W/m²C) (I₂)	1,60	EL1
			U < U_{máx} - Ok!	OK	c/isolamento
			U_{máx} (W/m²C) (I₂)	0,53	Msi=mi e Msi≤150
			U < U_{máx} - Ok!	OK	env. Exterior

Solução 2

Na Tabela 99 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.2.

Tabela 99- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.2 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 1.2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,3	1900	0,015	
Tijolo 20	0,20		1200	0,520	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (MW)	0,04	0,04	70	1,000	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,41				
			R_{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R_{se} (m ² °C/W)	0,04	170
			Total	2,17	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,46	150
			$U_{m\acute{a}x}$ (W/m ² °C) (I ₂)	1,60	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{m\acute{a}x} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 100 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica plana Pt 1.2.

Tabela 100- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.2 da habitação unifamiliar 1

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,30	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (MW)	0,04	0,04	70	1,000	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,41				
			R_{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R_{se} (m ² °C/W)	0,04	170
			Total	1,75	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,57	86
			$U_{m\acute{a}x}$ (W/m ² °C) (I ₂)	1,60	EL1
			U < U_{m\acute{a}x} - Ok!	OK	c/isolamento
			$U_{m\acute{a}x}$ (W/m ² °C) (I ₂)	1,15	Msi=mi e Msi≤150
			U < U_{m\acute{a}x} - Ok!	OK	env. Exterior

Na Tabela 101 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.2.

Tabela 101- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.2 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 2.2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,3	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (MW)	0,04	0,04	70	1,000	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,41				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
			Total	1,75	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,57	150
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1
			U < U _{máx} - Ok!	OK	c/isolamento
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	0,92	Msi=mi e Msi≤150
			U < U _{máx} - Ok!	OK	env. Exterior

Na Tabela 102 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica plana Pt 2.2.

Tabela 102- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 2.2 da habitação unifamiliar 1

Constituição da ponte térmica plana Pt 2.2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (PUR)	0,03	0,042	30	0,71	
Betão armado	0,03	2	2500	0,02	75
Tijolo 7	0,07		1200	0,19	84
Reboco	0,02	1,3	1900	0,02	38
	0,15				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	197
			Total	1,10	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,91	86
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1
			U < U _{máx} - Ok!	OK	c/isolamento
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	0,92	Msi=mi e Msi≤150
			U < U _{máx} - Ok!	OK	env. Exterior

Solução 3

Na Tabela 103 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.3

Tabela 103- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.3 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 1.3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,01	2	2000	0,005	
Isolamento térmico (EPS)	0,05	0,04	25	1,250	
Bloco Térmico BT20	0,20	0,46	1200	0,435	240
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,28				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	278
Total				1,88	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,53	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 104 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.3.

Tabela 104- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.3 da habitação unifamiliar 1

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,01	2	2000	0,005	
Isolamento térmico (EPS)	0,05	0,04	25	1,250	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,28				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	38
Total				1,54	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,65	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1
U < U_{máx} - Ok!				OK	c/isolamento
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,07	Msi=mi e Msi≤150
U < U_{máx} - Ok!				OK	env. Exterior

Na Tabela 105 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 2.3

Tabela 105- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.3 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 2.3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,01	2	2000	0,005	
Isolamento térmico (EPS)	0,05	0,04	25	1,250	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,28				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	38
Total				1,54	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,65	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1
U < U_{máx} - Ok!				OK	c/isolamento
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,07	Msi=mi e Msi≤150
U < U_{máx} - Ok!				OK	env. Exterior

Solução 4

Na Tabela 106 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.4

Tabela 106- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.4 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 1.4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,3	1900	0,015	
Tijolo 15	0,15		1200	0,390	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,20	0,037	30	5,405	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,52				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
Total				6,44	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,16	150
U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)				1,60	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 107 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica plana Pt 1.4

Tabela 107- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.4 da habitação unifamiliar 1

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,30	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Isolamento térmico (XPS)	0,17	0,037	30	4,595	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,52				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
Total				5,17	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,19	150
U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)				1,60	EL1
U < U_{máx} - Ok!				OK	c/isolamento
U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)				0,31	Msi=mi e Msi≤150
U < U_{máx} - Ok!				OK	env. Exterior

Na Tabela 108 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.4.

Tabela 108- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.4 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 2.4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,30	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Isolamento térmico (XPS)	0,17	0,037	30	4,595	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,52				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
Total				5,17	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,19	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1
U < U_{máx} - Ok!				OK	c/isolamento
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				0,31	Msi=mi e Msi≤150
U < U_{máx} - Ok!				OK	env. Exterior

Solução 5

Na Tabela 109 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica plana Pt 1.5.

Tabela 109- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.5 da habitação unifamiliar 1

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.5	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,30	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Isolamento térmico (XPS)	0,47	0,037	30	12,703	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,82				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
Total				13,27	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,08	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1
U < U_{máx} - Ok!				OK	c/isolamento
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				0,14	Msi=mi e Msi≤150
U < U_{máx} - Ok!				OK	env. Exterior

Na Tabela 110 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 2.5.

Tabela 110- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 2.5 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede exterior Par 2.5	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,30	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Isolamento térmico (XPS)	0,47	0,037	30	12,703	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,82				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
Total				13,27	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,08	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1
U < U_{máx} - Ok!				OK	c/isolamento
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				0,14	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 111 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a porta exterior.

Tabela 111- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da porta exterior da habitação unifamiliar 1

Constituição da porta exterior	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Chapa de alumínio	0,002	230	2700	0	
Isolamento térmico (PUR)	0,018	0,04	90	0,45	
Chapa de alumínio	0,002	230	2700	0	5,4
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	5,4
Total				0,62	Msi considerada
U (W/m²°C)				1,61	5,4

Coberturas

Solução 1

Na Tabela 112 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.1.

Tabela 112- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.1 da habitação unifamiliar 1

Constituição da cobertura exterior Cob 1,1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,10	0,037	30	2,703	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje aligeirada	0,23		1200	0,280	276
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,43				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	452
Total				3,22	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,31	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,00	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 113 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.1.

Tabela 113- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.1 da habitação unifamiliar 1

Constituição da cobertura exterior Cob 2,1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² °C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2	2500	0,020	
Isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	30	0,811	
Betão leve	0,08	0,18	300	0,444	24
Laje aligeirada	0,23		1200	0,280	276
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,40				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	324
Total				1,73	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,58	150
U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)				1,00	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Solução 2

Na Tabela 114 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob1.2.

Tabela 114- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.2 da habitação unifamiliar 1

Constituição da cobertura exterior Cob 1,2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² °C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,08	0,037	30	2,162	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje aligeirada	0,23		1200	0,280	276
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,41				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	452
Total				2,68	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,37	150
U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)				1,00	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 115 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.2.

Tabela 115- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para Cob 2 da habitação unifamiliar 1

Constituição da cobertura exterior Cob 2,2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² °C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2	2500	0,020	
Isolamento térmico (XPS)	0,02	0,037	30	0,541	
Betão leve	0,08	0,18	300	0,444	24
Laje aligeirada	0,23		1200	0,280	276
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,39				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	324
			Total	1,46	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,68	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 116 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.3.

Tabela 116- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.3 da habitação unifamiliar 1

Constituição da cobertura exterior Cob 1,3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² °C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (MW)	0,10	0,04	70	2,500	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje aligeirada	0,23		1200	0,280	276
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,43				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	452
			Total	3,02	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,33	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 117 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.3.

Tabela 117- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.3 da habitação unifamiliar 1

Constituição da cobertura exterior Cob 2,3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² °C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2	2500	0,020	
Isolamento térmico (MW)	0,03	0,04	70	0,750	
Betão leve	0,08	0,18	300	0,444	24
Laje aligeirada	0,23		1200	0,280	276
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,40				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	324
			Total	1,67	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,60	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 118 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.4.

Tabela 118- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.4 da habitação unifamiliar 1

Constituição da cobertura exterior Cob 1,4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,30	0,037	30	8,108	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje aligeirada	0,23		1200	0,280	276
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,63				
			R _{si} (m ² C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² C/W)	0,04	452
			Total	8,62	Msi considerada
			U (W/m²C)	0,12	150
			U _{máx} (W/m ² C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 119 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.4.

Tabela 119- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.4 da habitação unifamiliar 1

Constituição da cobertura exterior Cob 2,4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² C/W)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2	2500	0,020	
Isolamento térmico (XPS)	0,06	0,037	30	1,622	
Betão leve	0,08	0,18	300	0,444	24
Laje aligeirada	0,23		1200	0,280	276
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,43				
			R _{si} (m ² C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² C/W)	0,04	324
			Total	2,54	Msi considerada
			U (W/m²C)	0,39	150
			U _{máx} (W/m ² C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Pavimentos

Na Tabela 120 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento Pav 1

Tabela 120- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 1 da habitação unifamiliar 1

Constituição do pavimento exterior Pav 1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² C/W)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2	2500	0,020	100
Isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	30	0,811	
Betão leve	0,08	0,18	300	0,444	
Laje aligeirada	0,23		1200	0,310	
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	
	0,40				
			R _{si} (m ² C/W)	0,17	mi
			R _{se} (m ² C/W)	0,04	100
			Total	1,81	Msi considerada
			U (W/m²C)	0,55	100
			U _{máx} (W/m ² C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Envolvente Interior

Paredes

Na Tabela 121 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede Par 3.

Tabela 121- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 3 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede interior Par 3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,15		R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mt
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	208
			Total	0,56	Msi considerada
			U (W/m²°C)	1,78	104
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	2,00	EL1 (s/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mt/2

Pavimentos

Na Tabela 122 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento Pav 2.

Tabela 122- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 2 da habitação unifamiliar 1

Constituição do pavimento interior Pav 2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2	2500	0,020	100
Isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	30	0,811	
Betão leve	0,08	0,18	300	0,444	
Laje aligeirada	0,23		1200	0,310	
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	
	0,40		R _{si} (m ² °C/W)	0,17	mi
			R _{si} (m ² °C/W)	0,17	100
			Total	1,96	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,51	100
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,30	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Envolvente em Contacto com o Solo

Paredes

Na Tabela 123 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede em conto com o solo Par 4.1.

Tabela 123- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 4.1 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede em contacto com o solo Par 4.1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ⁰ C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² 0C/W)	Msi (kg/m ²)
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Gesso cartonado	0,01	0,25	900	0,040	9
	0,21				
			R _{si} (m ² 0C/W)	0,13	mi
					9
			Total	0,27	Msi considerada
			U (W/m²0C)	3,70	9
					EL2 (c/isolamento) Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 124 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede em conto com o solo Par 4.2.

Tabela 124- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica Da par 4.2 da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede em contacto com o solo Par 4.2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ⁰ C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² 0C/W)	Msi (kg/m ²)
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Isolamento térmico (MW)	0,04	0,04	70	1,000	
Gesso cartonado	0,01	0,25	900	0,040	9
	0,25				
			R _{si} (m ² 0C/W)	0,13	mi
					9
			Total	1,27	Msi considerada
			U (W/m²0C)	0,79	9
					EL2 (c/isolamento) Msi=mi e Msi≤150

Pavimentos

Na Tabela 125 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento em conto com o solo Pav 3.1.

Tabela 125- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 3 da habitação unifamiliar 1

Constituição do pavimento em contacto com o solo Pav 3.1	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2500	100
Betão leve	0,08	300	
Laje em betão armado	0,20	2500	
Camada de brita	0,15	2000	
	0,47		mi
			100
			Msi considerada
			100
			EL2 (s/isolamento)
			Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 126 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento em contacto com o solo Pav 3.2.

Tabela 126- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 3.2 da habitação unifamiliar 1

Constituição do pavimento em contacto com o solo Pav 3.2	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2500	100
Isolamento térmico (XPS)	0,03	110	
Betão leve	0,08	300	
Laje em betão armado	0,20	2500	
Camada de brita	0,15	2000	
	0,50		mi
			100
			Msi considerada
			100
			EL2 (c/isolamento)
			Msi=mi e Msi≤150

Elementos interiores à fração

Paredes

Na Tabela 127 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede divisória Pdiv 1.

Tabela 127- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Pdiv da habitação unifamiliar 1

Constituição da parede divisória Pdiv 1	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Reboco	0,02	1900	38
Tijolo 11	0,11	1200	132
Reboco	0,02	1900	38
	0,15		mt
			208
			Msi considerada
			208
			EL3 (s/isolamento)
			Msi=mt e Msi≤300

Nota: Considerou-se que as espessuras estipuladas na arquitetura serão respeitadas salvaguardando-se que têm uma espessura mínima de 11cm para efeitos de cálculo da inércia térmica

Na Tabela 128 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento entre pisos Pav 4.

Tabela 128- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 4 da habitação unifamiliar 1

Constituição do pavimento entre pisos Pav 4	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2500	100
Betão leve	0,11	300	33
Laje aligeirada	0,23	1200	276
Estuque	0,02	1200	24
	0,40		mi
			433
			Msi considerada
			300
			EL3 (s/isolamento)
			Msi=mt e Msi≤300

Na Tabela 129 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento entre pisos Pav 5.

Tabela 129- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 5 da habitação unifamiliar 1

Constituição do pavimento entre pisos Pav 5	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2500	100
Betão leve	0,11	300	33
Laje em betão armado	0,23	1200	276
Estuque	0,02	1200	24
	0,40		mi
			433
			Msi considerada
			300
			EL3 (s/isolamento) Msi=mt e Msi≤300

Na Tabela 130 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento entre pisos Pav 6.

Tabela 130- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 6 da habitação unifamiliar 1

Constituição do pavimento entre pisos Pav 6	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Camada de forma	0,03	1900	57
Laje em betão armado	0,15	2500	375
Estuque	0,02	1200	24
	0,20		mi
			456
			Msi considerada
			300
			EL3 (s/isolamento) Msi=mt e Msi≤300

Anexo III

Delimitação das áreas para o cálculo dos coeficientes de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos

As perdas térmicas das paredes que separam o espaço útil do espaço não útil são calculadas em função do coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos

Garagem Privada

Consideraram-se como espaços não úteis a garagem privada. Para melhor compreensão das perdas observadas pela envolvente interior apresenta-se, de seguida, um quadro resumo com os valores considerados no cálculo do coeficiente τ .

Na Tabela 131 apresenta-se um quadro resumo com os valores considerados no cálculo do coeficiente τ para cada espaço não útil.

Tabela 131- Cálculo do τ da Garagem Privada da garagem privada da habitação unifamiliar 1

Espaço não útil	Medição dos elementos da envolvente interior		Ai	Au	Ai/Au	τ
Garagem Privada	Par 6	10,14	41,59	11,18	3,72	0,50
	Pav 1	31,45				

Na Figura 36 está apresentado a indicação do Ai e do Au para o cálculo do Tau.

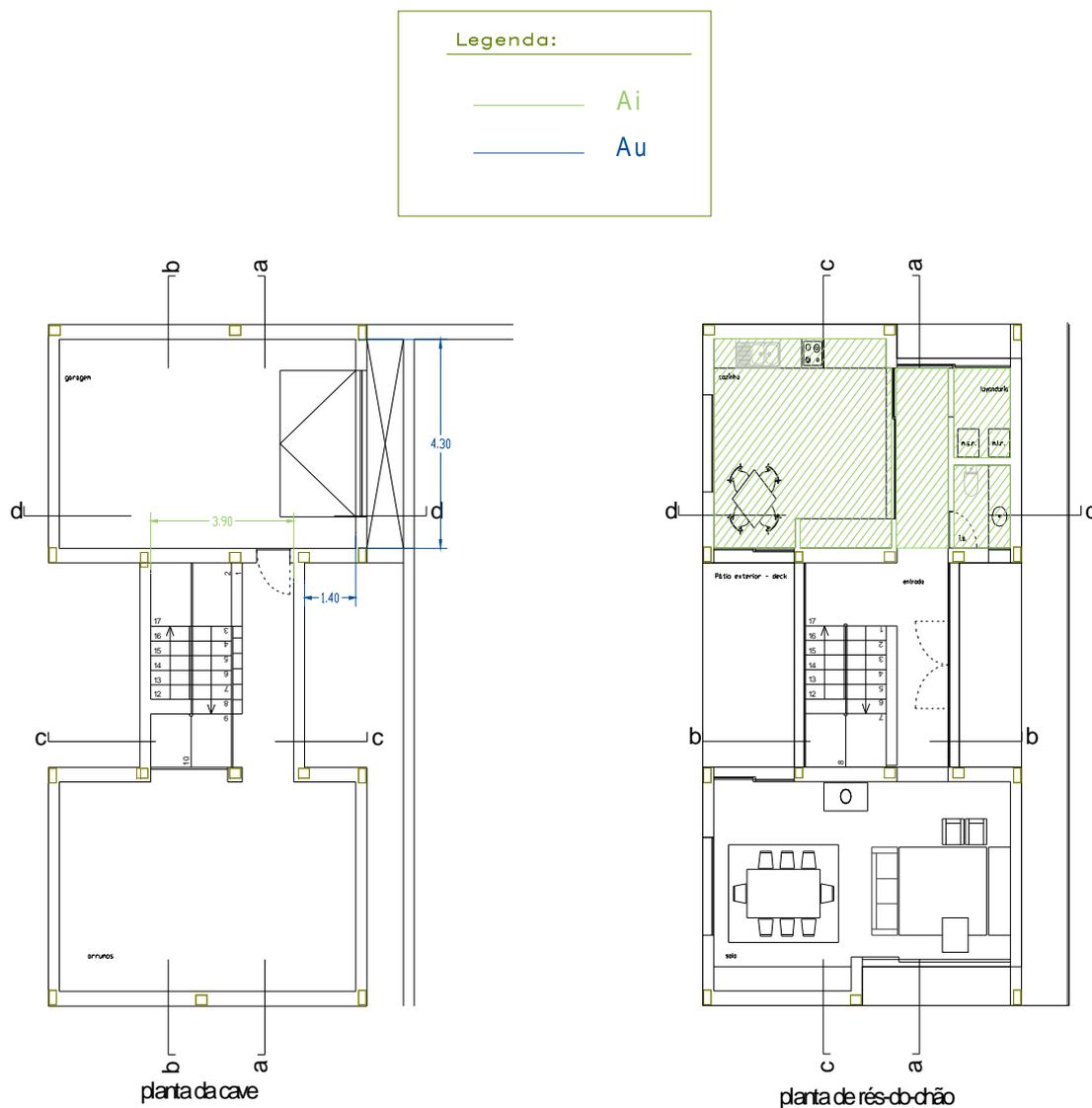


Figura 36 – Indicação do Ai e do Au para o cálculo do Tau

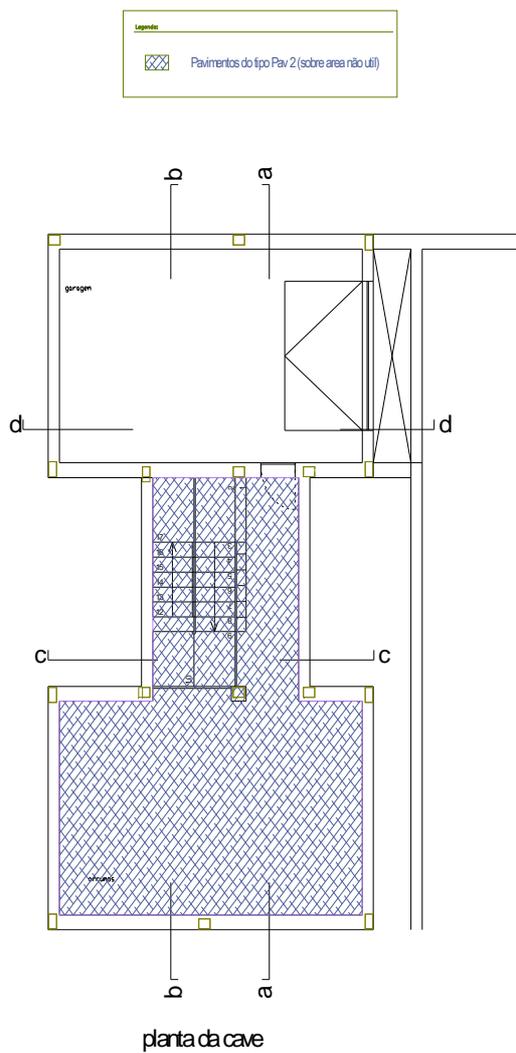
Desvão Sanitário

Considerar o pavimento igual ao Pav 2, em vez de ter pavimento em contacto com o solo será considerado pavimento sobre desvão sanitário, não seguindo a estabilidade.

Na Tabela 132 apresenta-se um quadro resumo com os valores considerados no cálculo do coeficiente τ para cada espaço não útil.

Tabela 132- Calculo do τ do desvão sanitário da habitação unifamiliar 1

Espaço não útil	Medição dos elementos da envolvente interior	Ai	Au	Ai/Au	τ
Desvão Sanitário	Pav 1	58,48	-	>>10	0,40



Na Figura 37 está representado as áreas do A_i e do A_u para o cálculo do Tau.

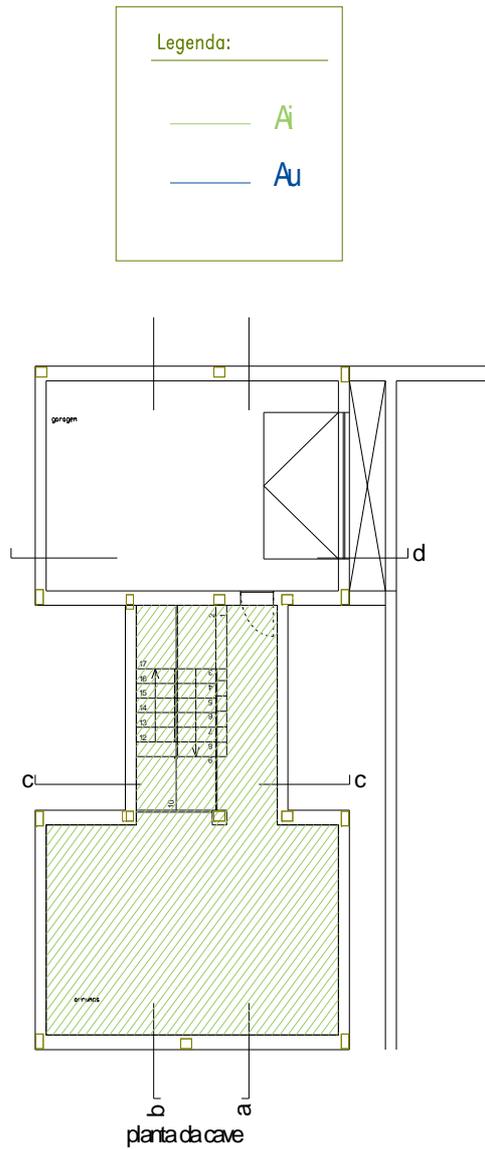


Figura 38 – Indicação do A_i e do A_u para o cálculo do Tau

Anexo IV

Apresentação do procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Calculo do Envidraçado 1.1

$$U = 3,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad \text{ITE50}$$

$$g_{\perp v} = 0,75 \Rightarrow \text{RCCTI}$$

$$g_{\perp 100\%} = \frac{0,09 \times 0,75}{0,75} = 0,09$$

$$g_{\perp inv} = \frac{0,75 \times 0,63}{0,75} = 0,63$$

$$g_{\perp ver} = 0,7 \times \frac{0,09 \times 0,75}{0,75} + 0,30 \times 0,75 = 0,29$$

Calculo do Envidraçado 2.1

$$U = 3,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad \text{ITE50}$$

$$g_{\perp v} = 0,75 \Rightarrow \text{RCCTI}$$

$$g_{\perp 100\%} = \frac{0,09 \times 0,75}{0,75} = 0,09$$

$$g_{\perp inv} = 0,75 \times \left(\frac{0,09}{0,75} \right) \times \left(\frac{0,63}{0,75} \right) = 0,08$$

$$g_{\perp ver} = 0,70 \times \left[0,75 \times \left(\frac{0,09}{0,75} \right) \right] + 0,30 \times 0,75 = 0,29$$

Calculo do Envidraçado 3.1

$$U = 3,22 W / (m^2 \cdot ^\circ C) \text{ ITE50}$$

$$g_{\perp v} = 0,55 \Rightarrow RCCT$$

$g_{\perp 100\%} = g_{\perp inv} = g_{\perp ver} = 0,55$ (Porque os envidraçados não terão qualquer tipo de proteção solar tanto na estação de aquecimento como de arrefecimento)

Para melhor compreensão da quantificação dos ganhos solares pelos envidraçados apresenta-se, de seguida, um quadro resumo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento utilizados tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento (Tabela 133).

Tabela 133- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para habitação unifamiliar 1

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	Perímetro (m)	Uvidro	Tipo Caixa/haria	Uvão	α	α	β	Inverno				Verão		
									F _h	F ₀	F _f	F _s	F ₀	F _f	F _s
<i>Verticais</i>															
V1 - S - (Env 1)	8,10	12,10	3,20	Metálica	3,20	20 °	42 °	22 °	0,90	0,62	0,89	0,50	0,57	0,87	0,50
V2 - E - (Env 3)	3,12	7,60	3,20	Metálica	3,20	45 °	0 °	60 °	0,58	1,00	0,71	0,48*	1,00	0,86	0,86
V3 - E - (Env 3)	1,08	4,80	3,20	Metálica	3,20	45 °	0 °	43 °	0,58	1,00	0,81	0,48*	1,00	0,92	0,92
V4 - E - (Env 3)	3,12	7,60	3,20	Metálica	3,20	45 °	0 °	60 °	0,58	1,00	0,71	0,48*	1,00	0,86	0,86
V5 - S - (Env 1)	1,20	5,20	3,20	Metálica	3,20	45 °	0 °	60 °	0,45	1,00	0,83	0,37	1,00	0,84	0,84
V6 - N - (Env 1)	6,20	10,20	3,20	Metálica	3,20	20 °	39 °	24 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
V7 - W - (Env 1)	4,00	8,00	3,20	Metálica	3,20	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V8 - S - (Env 1)	4,40	8,40	3,20	Metálica	3,20	45 °	0 °	60 °	0,45	1,00	0,83	0,37	1,00	0,84	0,84
V9 - W - (Env 2)	25,20	20,40	3,20	Metálica	3,20	45 °	0 °	50 °	0,58	1,00	0,72	0,48*	1,00	0,90	0,90
V10 - N - (Env 1)	17,60	16,80	3,20	Metálica	3,20	45 °	0 °	60 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	0,86
V11 - W - (Env 1)	4,00	8,00	3,20	Metálica	3,20	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V12 - S - (Env 1)	4,00	8,00	3,20	Metálica	3,20	20 °	0 °	0 °	0,90	1,00	1,00	0,81**	1,00	1,00	0,9**
V13 - E - (Env 1)	0,81	3,60	3,20	Metálica	3,20	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V14 - N - (Env 1)	2,16	6,00	3,20	Metálica	3,20	20 °	0 °	60 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
V15 - E - (Env 3)	10,92	13,60	3,20	Metálica	3,20	35 °	0 °	43 °	0,59	1,00	0,81	0,48	1,00	0,92	0,92
V16 - E - (Env 1)	2,82	8,06	3,20	Metálica	3,20	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V17 - W - (Env 1)	2,82	8,06	3,20	Metálica	3,20	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**

* Valor para que se verifique a condição $F_s \times F_f > 0,27$

** Valor para que se verifique a condição $F_0 \times F_f < 0,90$

Nota: Dado que o projectista não está na posse de todos os elementos que lhe permitam verificar o sombreamento no horizonte, consideraram-se os ângulos de horizonte para o sombreamento provocado pelo próprio edifício se estes forem superiores a 20°. Caso contrário, e visto estarmos numa zona rural/da periferia urbana, considerou-se um ângulo de horizonte de 20° (imposto regulamentarmente).

Calculo do Envidraçado 1.2

$$U = 1,98 W / (m^2 \cdot ^\circ C)$$

$$g_{\perp v} = 0,42 \Rightarrow \text{Dados fornecidos pelo fabricante}$$

$$g_{\perp 100\%} = \frac{0,09 \times 0,42}{0,75} = 0,05$$

$$g_{\perp inv} = \frac{0,42 \times 0,63}{0,75} = 0,35$$

$$g_{\perp ver} = 0,7 \times \frac{0,09 \times 0,42}{0,75} + 0,30 \times 0,42 = 0,16$$

Calculo do Envidraçado 2.2

$$U = 1,98 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$g_{\perp v} = 0,42 \Rightarrow \text{Dados fornecidos pelo fabricante}$$

$$g_{\perp 100\%} = \frac{0,09 \times 0,42}{0,75} = 0,05$$

$$g_{\perp inv} = 0,42 \times \left(\frac{0,09}{0,75} \right) \times \left(\frac{0,63}{0,75} \right) = 0,04$$

$$g_{\perp ver} = 0,70 \times \left[0,42 \times \left(\frac{0,09}{0,75} \right) \right] + 0,30 \times 0,42 = 0,16$$

Calculo do Envidraçado 3.2

$$U = 1,98 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$g_{\perp v} = 0,42 \Rightarrow \text{Dados fornecidos pelo fabricante}$$

$g_{\perp 100\%} = g_{\perp inv} = g_{\perp ver} = 0,42$ (Porque os envidraçados não terão qualquer tipo de proteção solar tanto na estação de aquecimento como de arrefecimento)

Para melhor compreensão da quantificação dos ganhos solares pelos envidraçados apresenta-se, de seguida, um quadro resumo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento utilizados tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento (Tabela 134).

Tabela 134- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para habitação unifamiliar 1

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	Perímetro (m)	Uvidro	Tipo Caixilharia	Ucaixilharia	Uvão	α	α	β	Inverno			Verão			
										F _b	F ₀	F _f	F _b	F ₀	F _f	
Verticais																
V1 - S - (Env 1)	8,10	12,10	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	42 °	22 °	0,90	0,62	0,89	0,50	0,57	0,87	0,50
V2 - E - (Env 3)	3,12	7,60	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	0,58	1,00	0,71	0,48*	1,00	0,86	0,86
V3 - E - (Env 3)	1,08	4,80	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	43 °	0,58	1,00	0,81	0,48*	1,00	0,92	0,92
V4 - E - (Env 3)	3,12	7,60	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	0,58	1,00	0,71	0,48*	1,00	0,86	0,86
V5 - S - (Env 1)	1,20	5,20	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	0,45	1,00	0,83	0,37	1,00	0,84	0,84
V6 - N - (Env 1)	6,20	10,20	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	39 °	24 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
V7 - W - (Env 1)	4,00	8,00	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V8 - S - (Env 1)	4,40	8,40	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	0,45	1,00	0,83	0,37	1,00	0,84	0,84
V9 - W - (Env 2)	25,20	20,40	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	50 °	0,58	1,00	0,72	0,48*	1,00	0,90	0,90
V10 - N - (Env 1)	17,60	16,80	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	0,86
V11 - W - (Env 1)	4,00	8,00	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V12 - S - (Env 1)	4,00	8,00	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,90	1,00	1,00	0,81**	1,00	1,00	0,9**
V13 - E - (Env 1)	0,81	3,60	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V14 - N - (Env 1)	2,16	6,00	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	60 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
V15 - E - (Env 3)	10,92	13,60	1,80	Metálica	3,00	1,98	35 °	0 °	43 °	0,59	1,00	0,81	0,48	1,00	0,92	0,92
V16 - E - (Env 1)	2,82	8,06	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V17 - W - (Env 1)	2,82	8,06	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**

* Valor para que se verifique a condição $F_s \times F_f > 0,27$

** Valor para que se verifique a condição $F_b \times F_f < 0,90$

Nota: Dado que o projectista não está na posse de todos os elementos que lhe permitam verificar o sombreamento no horizonte, consideraram-se os ângulos de horizonte para o sombreamento provocado pelo próprio edifício se estes forem superiores a 20°. Caso contrário, e visto estarmos numa zona rural/da periferia urbana, considerou-se um ângulo de horizonte de 20° (imposta regulamentarmente).

Nota: Admitiu-se que a área da caixilharia corresponde a cerca de 15% da área do vão.

Uma vez que não existem elementos disponíveis para aferir o U da caixilharia, admitiu-se que este será 3,00 W/m²°C

Calculo do Envidraçado 1.3

$$U = 1,64 W / (m^2 \cdot ^\circ C)$$

$$g_{\perp v} = 0,41 \Rightarrow \text{Dados fornecidos pelo fabricante}$$

$$g_{\perp 100\%} = \frac{0,09 \times 0,41}{0,75} = 0,05$$

$$g_{\perp inv} = \frac{0,41 \times 0,63}{0,75} = 0,34$$

$$g_{\perp ver} = 0,7 \times \frac{0,09 \times 0,41}{0,75} + 0,30 \times 0,41 = 0,16$$

Calculo do Envidraçado 2.3

$$U = 1,64 W / (m^2 \cdot ^\circ C)$$

$$g_{\perp v} = 0,41 \Rightarrow \text{Dados fornecidos pelo fabricante}$$

$$g_{\perp 100\%} = \frac{0,09 \times 0,41}{0,75} = 0,05$$

$$g_{\perp inv} = 0,41 \times \left(\frac{0,09}{0,75} \right) \times \left(\frac{0,63}{0,75} \right) = 0,04$$

$$g_{\perp ver} = 0,70 \times \left[0,41 \times \left(\frac{0,09}{0,75} \right) \times \left(\frac{0,63}{0,75} \right) \right] + 0,30 \times 0,41 = 0,15$$

Calculo do Envidraçado 3.3

$$U = 1,64 W / (m^2 \cdot ^\circ C)$$

$$g_{\perp v} = 0,41 \Rightarrow \text{Dados fornecidos pelo fabricante}$$

$g_{\perp 100\%} = g_{\perp inv} = g_{\perp ver} = 0,41$ (Porque os envidraçados não terão qualquer tipo de proteção solar tanto na estação de aquecimento como de arrefecimento)

Para melhor compreensão da quantificação dos ganhos solares pelos envidraçados apresenta-se, de seguida, um quadro resumo dos ângulos e respetivos fatores de

sombreamento utilizados tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento (Tabela 135).

Tabela 135- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para habitação unifamiliar 1

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	Perímetro (m)	Uvidro	Tipo Caixilharia	Ucaixilharia	Uvão	α	α	β	Inverno				Verão							
										F _n	F _o	F _r	F _s	F _o	F _r	F _s					
<i>Verticais</i>																					
V1 - S - (Env 1)	8,10	12,10	1,40	Metálica	3,00	1,64	20 °	42 °	22 °	0,90	0,62	0,89	0,50	0,57	0,87	0,50					
V2 - E - (Env 3)	3,12	7,60	1,40	Metálica	3,00	1,64	45 °	0 °	60 °	0,58	1,00	0,71	0,48*	1,00	0,86	0,86					
V3 - E - (Env 3)	1,08	4,80	1,40	Metálica	3,00	1,64	45 °	0 °	43 °	0,58	1,00	0,81	0,48*	1,00	0,92	0,92					
V4 - E - (Env 3)	3,12	7,60	1,40	Metálica	3,00	1,64	45 °	0 °	60 °	0,58	1,00	0,71	0,48*	1,00	0,86	0,86					
V5 - S - (Env 1)	1,20	5,20	1,40	Metálica	3,00	1,64	45 °	0 °	60 °	0,45	1,00	0,83	0,37	1,00	0,84	0,84					
V6 - N - (Env 1)	6,20	10,20	1,40	Metálica	3,00	1,64	20 °	39 °	24 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					
V7 - W - (Env 1)	4,00	8,00	1,40	Metálica	3,00	1,64	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**					
V8 - S - (Env 1)	4,40	8,40	1,40	Metálica	3,00	1,64	45 °	0 °	60 °	0,45	1,00	0,83	0,37	1,00	0,84	0,84					
V9 - W - (Env 2)	25,20	20,40	1,40	Metálica	3,00	1,64	45 °	0 °	50 °	0,58	1,00	0,72	0,48*	1,00	0,90	0,90					
V10 - N - (Env 1)	17,60	16,80	1,40	Metálica	3,00	1,64	45 °	0 °	60 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	0,86					
V11 - W - (Env 1)	4,00	8,00	1,40	Metálica	3,00	1,64	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**					
V12 - S - (Env 1)	4,00	8,00	1,40	Metálica	3,00	1,64	20 °	0 °	0 °	0,90	1,00	1,00	0,81**	1,00	1,00	0,9**					
V13 - E - (Env 1)	0,81	3,60	1,40	Metálica	3,00	1,64	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**					
V14 - N - (Env 1)	2,16	6,00	1,40	Metálica	3,00	1,64	20 °	0 °	60 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					
V15 - E - (Env 3)	10,92	13,60	1,40	Metálica	3,00	1,64	35 °	0 °	43 °	0,59	1,00	0,81	0,48	1,00	0,92	0,92					
V16 - E - (Env 1)	2,82	8,06	1,40	Metálica	3,00	1,64	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**					
V17 - W - (Env 1)	2,82	8,06	1,40	Metálica	3,00	1,64	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**					

* Valor para que se verifique a condição $F_s \times X > 0,27$

** Valor para que se verifique a condição $F_o \times F_r < 0,90$

Nota: Dado que o projectista não está na posse de todos os elementos que lhe permitam verificar o sombreamento no horizonte, consideraram-se os ângulos de horizonte para o sombreamento provocado pelo próprio edifício se estes forem superiores a 20°. Caso contrário, e visto estarmos numa zona rural/da periferia urbana, considerou-se um ângulo de horizonte de 20° (imposto regulamentarmente).

Nota: Admitiu-se que a área da caixilharia corresponde a cerca de 15% da área do vão.

Uma vez que não existem elementos disponíveis para aferir o U da caixilharia, admitiu-se que este será 3,00 W/m²°C

Calculo do Envidraçado 1.4

$$U = 1,98W / (m^2 \cdot ^\circ C)$$

$$g_{\perp v} = 0,42 \Rightarrow \text{Dados fornecidos pelo fabricante}$$

$$g_{\perp 0\%} = 0,09$$

$$g_{\perp inv} = \frac{0,42 \times 0,63}{0,75} = 0,35$$

$$g_{\perp ver} = 0,7 \times 0,09 + 0,30 \times 0,42 = 0,19$$

Para melhor compreensão da quantificação dos ganhos solares pelos envidraçados apresenta-se, de seguida, um quadro resumo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento utilizados tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento (Tabela 126).

Tabela 136- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para a habitação unifamiliar 1

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	Perímetro (m)	Uvidro	Tipo Caixilharia	Ucaixilharia	Uvão	α	α	β	Inverno				Verão		
										F _b	F ₀	F _f	F _t	F ₀	F _f	F _t
Verticais																
V1 - S - (Env 1)	8,10	12,10	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	42 °	22 °	0,90	0,62	0,89	0,50	0,57	0,87	0,50
V2 - E - (Env 3)	3,12	7,60	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	0,58	1,00	0,71	0,48*	1,00	0,86	0,86
V3 - E - (Env 3)	1,08	4,80	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	43 °	0,58	1,00	0,81	0,48*	1,00	0,92	0,92
V4 - E - (Env 3)	3,12	7,60	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	0,58	1,00	0,71	0,48*	1,00	0,86	0,86
V5 - S - (Env 1)	1,20	5,20	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	0,45	1,00	0,83	0,37	1,00	0,84	0,84
V6 - N - (Env 1)	6,20	10,20	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	39 °	24 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
V7 - W - (Env 1)	4,00	8,00	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V8 - S - (Env 1)	4,40	8,40	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	0,45	1,00	0,83	0,37	1,00	0,84	0,84
V9 - W - (Env 2)	25,20	20,40	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	50 °	0,58	1,00	0,72	0,48*	1,00	0,90	0,90
V10 - N - (Env 1)	17,60	16,80	1,80	Metálica	3,00	1,98	45 °	0 °	60 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	0,86
V11 - W - (Env 1)	4,00	8,00	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V12 - S - (Env 1)	4,00	8,00	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,90	1,00	1,00	0,81**	1,00	1,00	0,9**
V13 - E - (Env 1)	0,81	3,60	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V14 - N - (Env 1)	2,16	6,00	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	60 °	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
V15 - E - (Env 3)	10,92	13,60	1,80	Metálica	3,00	1,98	35 °	0 °	43 °	0,59	1,00	0,81	0,48	1,00	0,92	0,92
V16 - E - (Env 1)	2,82	8,06	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**
V17 - W - (Env 1)	2,82	8,06	1,80	Metálica	3,00	1,98	20 °	0 °	0 °	0,84	1,00	1,00	0,76**	1,00	1,00	0,9**

* Valor para que se verifique a condição $F_s \times X > 0,27$

** Valor para que se verifique a condição $F_b \times F_t < 0,90$

Nota: Dado que o projectista não está na posse de todos os elementos que lhe permitam verificar o sombreamento no horizonte, consideraram-se os ângulos de horizonte para o sombreamento provocado pelo próprio edifício se estes forem superiores a 20°. Caso contrário, e visto estarmos numa zona rural/da periferia urbana, considerou-se um ângulo de horizonte de 20° (imposta regulamentarmente).

Nota: Admitiu-se que a área da caixilharia corresponde a cerca de 15% da área do vão.

Uma vez que não existem elementos disponíveis para aferir o U da caixilharia, admitiu-se que este será 3,00 W/m²C

Anexo V

Pormenores construtivos

Para cada uma das soluções construtivas, são apresentados os seguintes pormenores construtivos:

- Ligação da fachada com os pavimentos sobre locais não úteis ou exteriores;
- Ligação da fachada com os pavimentos intermédios;
- Ligação da fachada com cobertura em terraço.

Nas Figuras 39 a Figura 44 está representado os cortes e os pormenores construtivos da habitação unifamiliar 1.

Corte 1

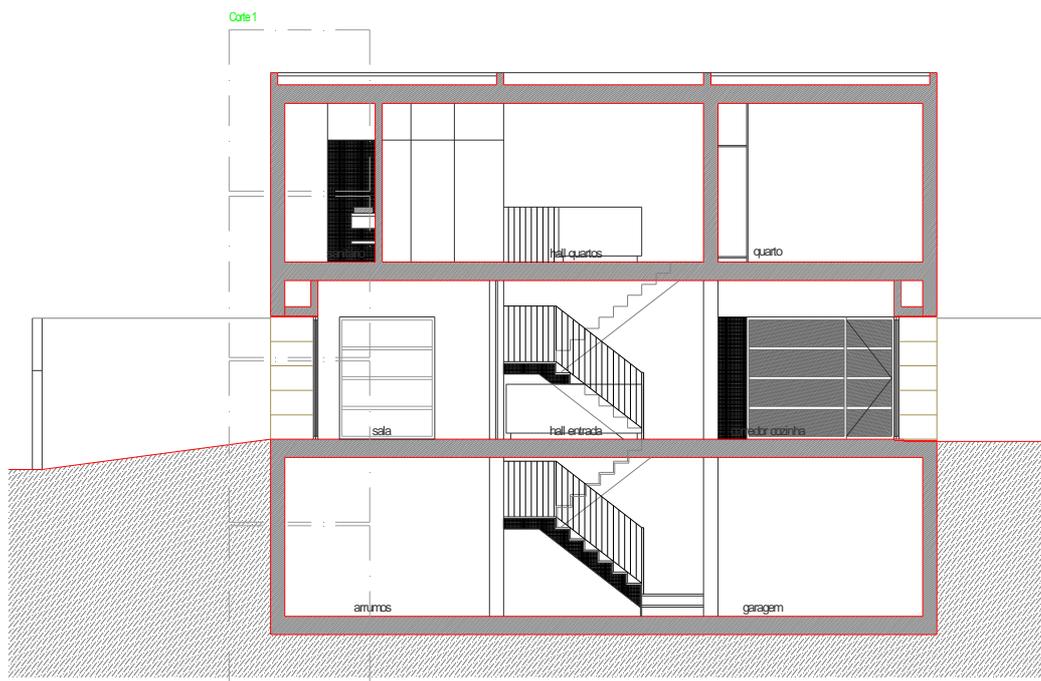


Figura 39 – Corte 1 para a habitação unifamiliar 1

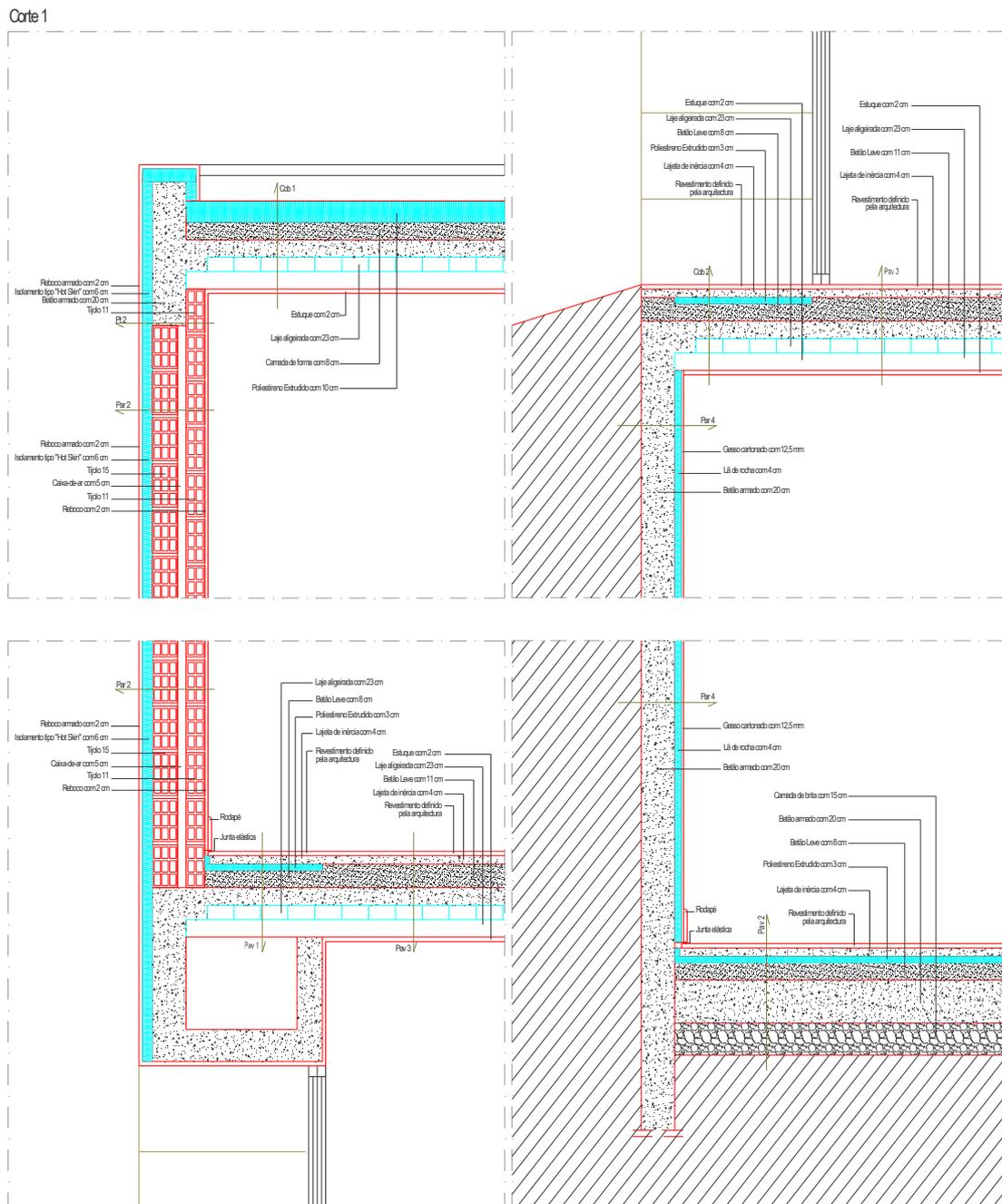


Figura 40 – Pormenores construtivos do corte 1 para a habitação unifamiliar 1

Corte 3



Figura 43 – Corte 3 para a habitação unifamiliar 1

Corte 3

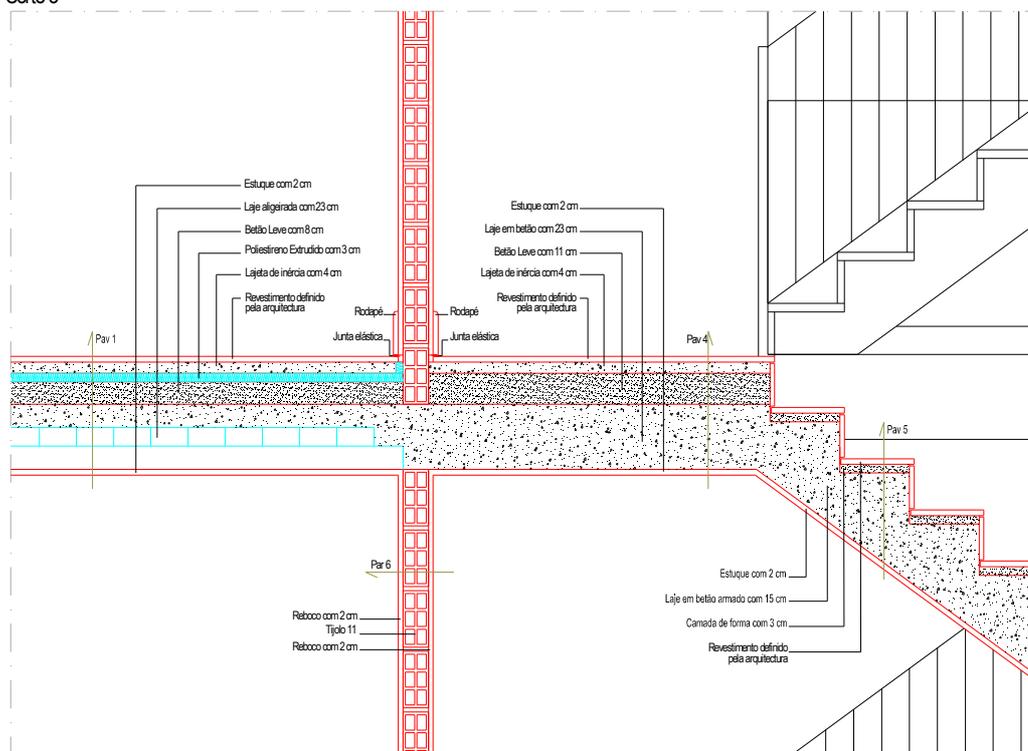


Figura 44 – Pormenores construtivos do corte 3 para a habitação unifamiliar 1

Anexo VI

Localização e classificação da zona do edifício em estudo

Na Figura 45 apresenta-se a cota topográfica georreferenciada da habitação unifamiliar

2



Figura 45 – Cota topográfica georreferenciada da habitação unifamiliar 1

Medição e delimitação de todas as áreas necessárias ao cálculo

Na Figura 46 está representado a delimitação Área Útil e não Útil do edifício

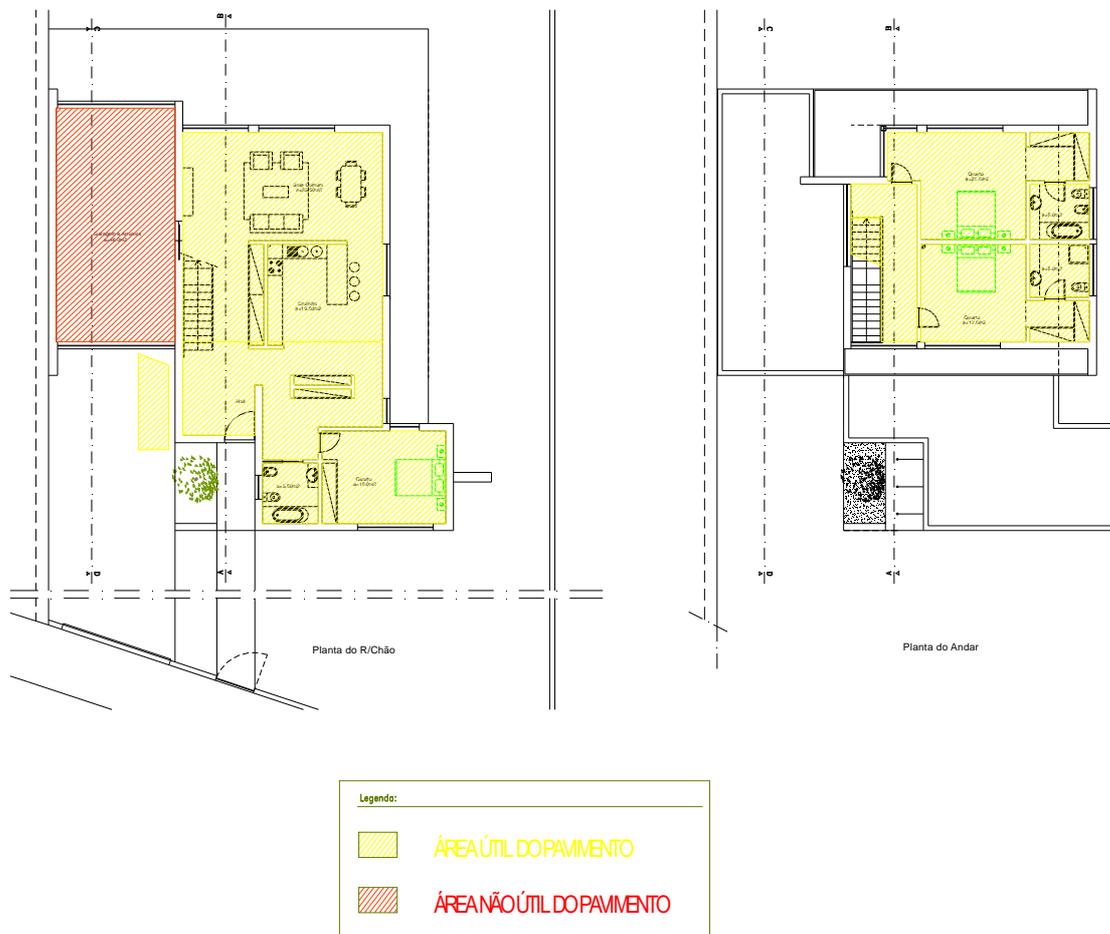


Figura 46 – Delimitação da área útil e não útil do edifício

Na Figura 47 apresenta a definição das áreas dos diferentes tipos de soluções construtivas de pavimentos e coberturas



Figura 47 – Definição das áreas dos diferentes tipos de soluções construtivas de pavimentos e coberturas

Na Figura 48 está representado delimitação do tipo de paredes utilizadas

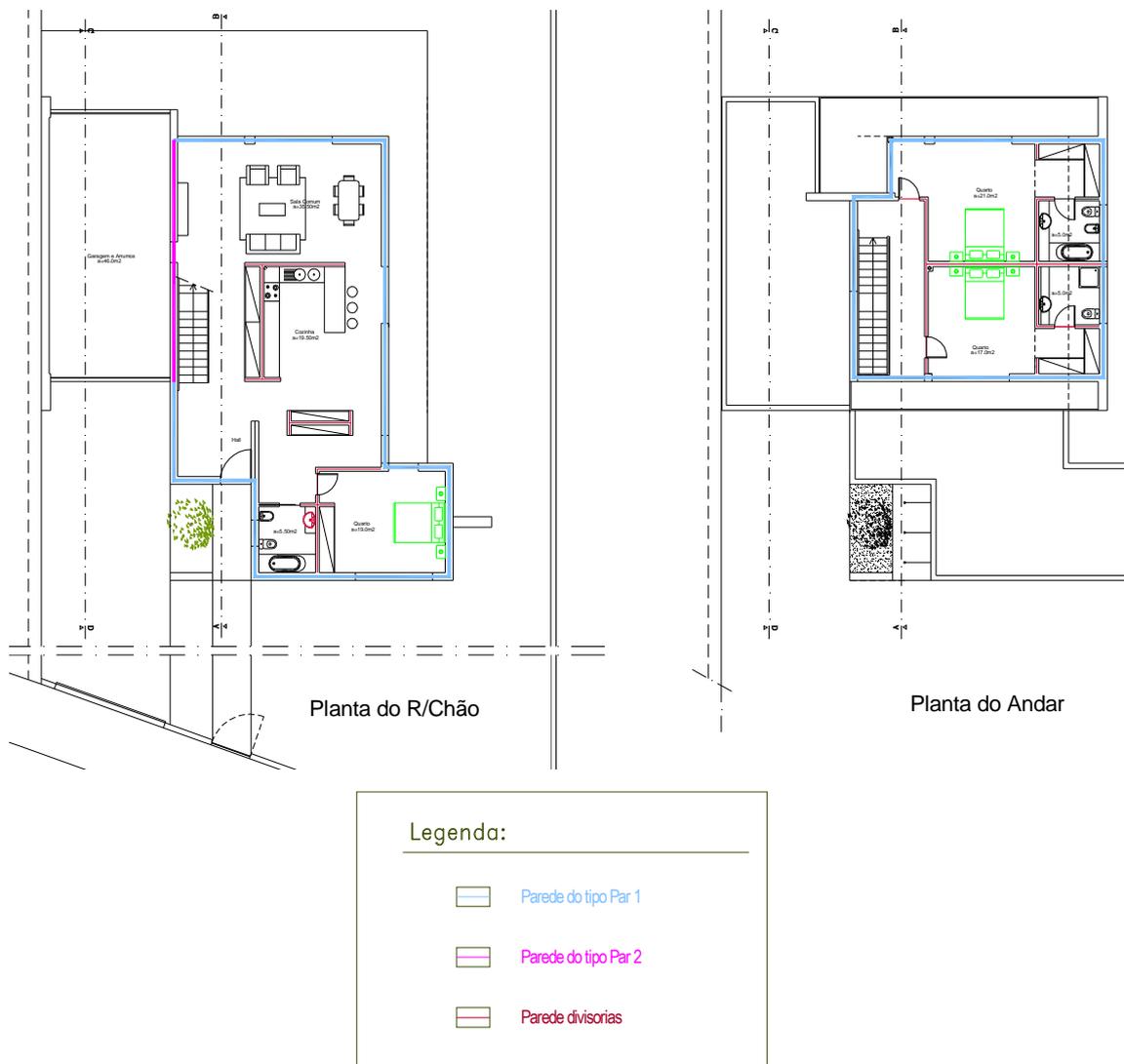


Figura 48 – Delimitação do tipo de paredes utilizadas

Na Figura 49 está representado a Indicação dos Envidraçados

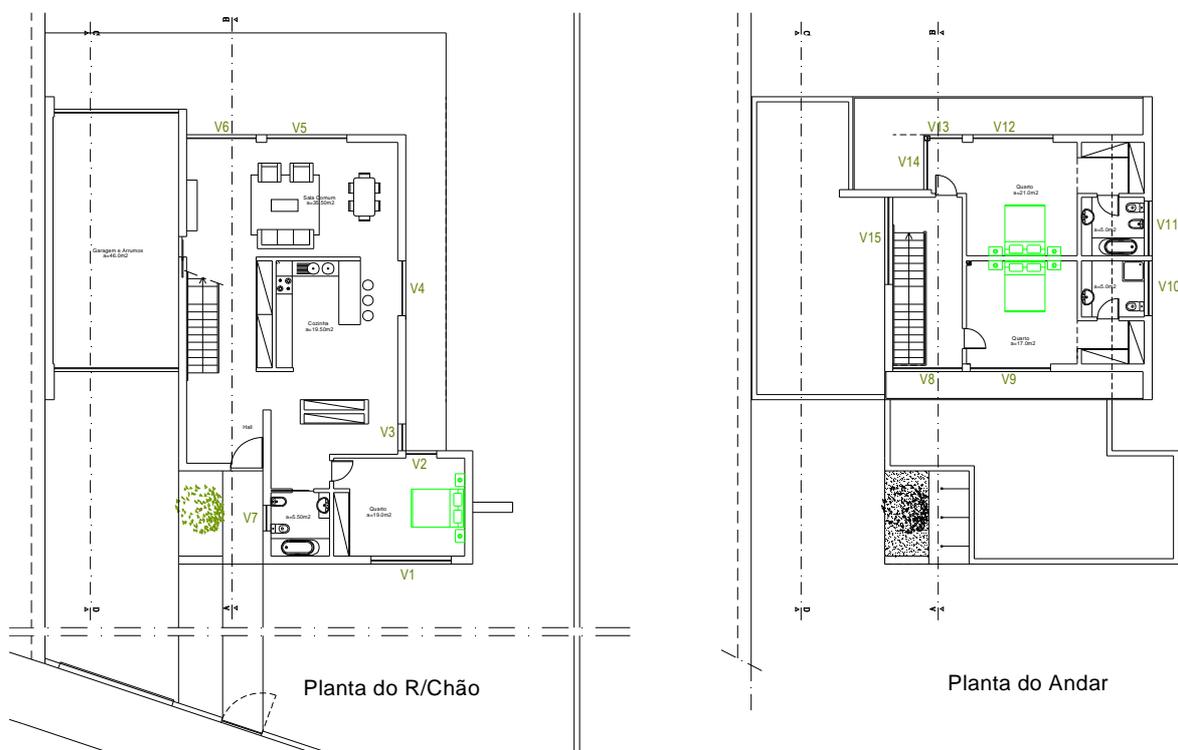


Figura 49 – Indicação dos Envidraçados

Anexo VII

Cálculo do coeficiente de transmissão térmica das soluções adotadas.

Envolvente exterior

Paredes

Solução 1

Na Tabela 137 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede Par 1.1.

Tabela 137- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.1 da habitação unifamiliar 2

Constituição da parede exterior Par 1.1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	2,8	2500	0,007	
Tijolo 20	0,20		1200	0,520	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,04	0,037	30	1,081	
Tijolo 9	0,09		1200	0,230	108
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,39				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	146
			Total	2,20	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,45	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,60	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 138 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.1.

Tabela 138- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.1 da habitação unifamiliar 2

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2	2500	0,100	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,04	0,037	30	1,081	
Tijolo 9	0,09		1200	0,230	108
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,39			R _{si} (m ² °C/W)	mi
				R _{se} (m ² °C/W)	146
Total				1,79	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,56	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1
U < U_{máx} - Ok!				OK	c/isolamento
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				0,91	Msi=mi e Msi≤150
U < U_{máx} - Ok!				OK	env. Exterior

Solução 2

Na Tabela 139 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.2.

Tabela 139- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.2 da habitação unifamiliar 2

Constituição da parede exterior Par 1.2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,3	1900	0,015	
Tijolo 20	0,20		1200	0,520	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (MW)	0,04	0,04	70	1,000	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,41			R _{si} (m ² °C/W)	mi
				R _{se} (m ² °C/W)	170
Total				2,17	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,46	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 140 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica plana Pt 1.2.

Tabela 140- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.2 da habitação unifamiliar 2

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2	2500	0,100	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (MW)	0,04	0,04	70	1,000	
Tijolo 9	0,09		1200	0,230	108
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,39				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	146
			Total	1,71	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,59	86
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1
			U < U _{máx} - Ok!	OK	c/isolamento
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,15	Msi=mi e Msi≤150
			U < U _{máx} - Ok!	OK	env. Exterior

Solução 3

Na Tabela 141 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.3

Tabela 141- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.3 da habitação unifamiliar 2

Constituição da parede exterior Par 1.3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,01	2	2000	0,005	
Isolamento térmico (EPS)	0,05	0,04	25	1,250	
Bloco Térmico BT20	0,20	0,46	1200	0,435	240
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,28				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	278
			Total	1,88	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,53	150
			U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1 (c/isolamento)
			U < U _{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 142 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica Pt 1.3

Tabela 142- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.3 da habitação unifamiliar 2

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,01	2	2000	0,005	
Isolamento térmico (EPS)	0,05	0,04	25	1,250	
Betão armado	0,20	2,00	2500	0,100	
Reboco	0,02	1,30	1900	0,015	38
	0,28				
			R _{si} (m ² C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² C/W)	0,04	38
			Total	1,54	Msi considerada
			U (W/m²C)	0,65	150
			U_{máx} (W/m²C) (I₂)	1,60	EL1
			U < U_{máx} - Ok!	OK	c/isolamento
			U_{máx} (W/m²C) (I₂)	0,00	Msi=mi e Msi≤150
			U < U_{máx} - Ok!	KO	env. Exterior

Solução 4

Na Tabela 143 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.4

Tabela 143- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.4 da habitação unifamiliar 2

Constituição da parede exterior Par 1.4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	2,8	2500	0,007	
Tijolo 20	0,20		1200	0,520	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,2	0,037	30	5,405	
Tijolo 9	0,09		1200	0,230	108
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,55				
			R _{si} (m ² C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² C/W)	0,04	146
			Total	6,52	Msi considerada
			U (W/m²C)	0,15	150
			U_{máx} (W/m²C) (I₂)	1,60	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 144 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica plana Pt 1.4

Tabela 144- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.4 da habitação unifamiliar 2

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2	2500	0,100	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,2	0,037	30	5,405	
Tijolo 9	0,09		1200	0,230	108
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,55				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	146
Total				6,11	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,16	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1
U < U_{máx} - Ok!				OK	c/isolamento
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				0,31	Msi=mi e Msi≤150
U < U_{máx} - Ok!				OK	env. Exterior

Solução 5

Na Tabela 145 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.5.

Tabela 145- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.5 da habitação unifamiliar 2

Constituição da parede exterior Par 1.5	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	1,3	1900	0,015	
Tijolo 15	0,15		1200	0,390	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,50	0,037	30	13,514	
Tijolo 11	0,11		1200	0,270	132
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,82				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	170
Total				14,55	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,07	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 146 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica plana Pt 1.5.

Tabela 146- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.5 da habitação unifamiliar 2

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.5	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	
Betão armado	0,20	2	2500	0,100	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,5	0,037	30	13,514	
Tijolo 9	0,09		1200	0,230	108
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,85				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	146
Total				14,22	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,07	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1
U < U_{máx} - Ok!				OK	c/isolamento
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				0,14	Msi=mi e Msi≤150
U < U_{máx} - Ok!				OK	env. Exterior

Solução 6

Na Tabela 147 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.6.

Tabela 147- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.6 da habitação unifamiliar 2

Constituição da parede exterior Par 1.6	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Revestimento exterior	0,02	2,8	2500	0,007	
Tijolo 20	0,20		1200	0,520	
Espaço de ar não-ventilado	0,02			0,175	
Isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	30	0,811	
Tijolo 9	0,09		1200	0,230	108
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,38				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	146
Total				1,93	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,52	150
U_{máx} (W/m²°C) (I₂)				1,60	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 148 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica plana Pt 1.6.

Tabela 148- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.6 da habitação unifamiliar 2

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.6	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)	
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015		
Betão armado	0,20	2	2500	0,100		
Espaço de ar não-ventilado	0,03			0,175		
Isolamento térmico (XPS)	0,02	0,037	30	0,541		
Tijolo 9	0,09		1200	0,230	108	
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38	
	0,38			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
				R _{se} (m ² °C/W)	0,04	146
				Total	1,25	Msi considerada
				U (W/m²°C)	0,80	150
				U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1
				U < U_{máx} - Ok!	OK	c/isolamento
				U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,04	Msi=mi e Msi≤150
				U < U_{máx} - Ok!	OK	env. Exterior

Solução 7

Na Tabela 149 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede exterior Par 1.7.

Tabela 149- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Par 1.4 da habitação unifamiliar 2

Constituição da parede exterior Par 1.7	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)	
Revestimento exterior	0,02	2,8	2500	0,007		
Tijolo 20	0,20		1200	0,520		
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38	
	0,24			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
				R _{se} (m ² °C/W)	0,04	38
				Total	0,71	Msi considerada
				U (W/m²°C)	1,40	150
				U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1 (c/isolamento)
				U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 150 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a ponte térmica plana Pt 1.7.

Tabela 150- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Pt 1.7 da habitação unifamiliar 2

Constituição da ponte térmica plana Pt 1.7	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m ² C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)	
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015		
Betão armado	0,20	2	2500	0,100		
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38	
	0,24			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mi
				R _{se} (m ² °C/W)	0,04	38
				Total	0,30	Msi considerada
				U (W/m²°C)	3,32	150
				U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	1,60	EL1
				U < U_{máx} - Ok!	KO	c/isolamento
				U_{máx} (W/m²°C) (I₂)	2,81	Msi=mi e Msi≤150
				U < U_{máx} - Ok!	KO	env. Exterior

Na Tabela 151 está representado o cálculo do coeficiente de resistência térmica para a porta exterior.

Tabela 151- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para a porta da habitação unifamiliar 2

Constituição da porta exterior	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Madeira densa	0,03	0,23	800	0,130	24
			R_{si} (m ² °C/W)	0,13	mt
			R_{se} (m ² °C/W)	0,04	24
			Total	0,30	Msi considerada
			U (W/m ² °C)	3,33	12

Coberturas

Solução 1

Na Tabela 152 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.1.

Tabela 152- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para a Cob 1.1 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 1,1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,04	0,037	30	1,081	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,36		R_{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R_{se} (m ² °C/W)	0,04	440
			Total	1,58	Msi considerada
			U (W/m ² °C)	0,63	150
			$U_{máx}$ (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			$U < U_{máx}$ - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 153 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.1.

Tabela 153- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.1 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 2,1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,06	0,037	30	1,622	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje em betão armado	0,22	2	2500	0,110	550
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,38		R_{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R_{se} (m ² °C/W)	0,04	726
			Total	1,97	Msi considerada
			U (W/m ² °C)	0,51	150
			$U_{máx}$ (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			$U < U_{máx}$ - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 154 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.1.

Tabela 154- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 3.1 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 3,1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	30	0,811	
Camada de forma	0,12	1,3	1900	0,092	228
Laje em betão armado	0,24	2	2500	0,120	600
Espaço de ar não-ventilado	>0,015			0,160	
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,63				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	1116
			Total	1,62	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,62	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - OK!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Solução 2

Na Tabela 155 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.2.

Tabela 155- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.2 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 1,2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,02	0,037	30	0,541	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,34				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	440
			Total	1,04	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,96	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - OK!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 156 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.2.

Tabela 156- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.2 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 2,2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,02	0,037	30	0,541	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje em betão armado	0,22	2	2500	0,110	550
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,34				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	726
Total				0,89	Msi considerada
U (W/m²°C)				1,13	150
U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)				1,00	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				KO	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 157 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.2.

Tabela 157- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 3.2 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 3,2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,02	0,037	30	0,541	
Camada de forma	0,12	1,3	1900	0,092	228
Laje em betão armado	0,24	2	2500	0,120	600
Espaço de ar não-ventilado	>0,015			0,160	
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,62				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	1116
Total				1,35	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,74	150
U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)				1,00	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Solução 3

Na Tabela 158 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.3.

Tabela 158- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.3 da habitação unifamiliar 1

Constituição da cobertura exterior Cob 1,3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (MW)	0,06	0,04	70	1,500	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,38				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	440
Total				2,00	Msi considerada
U (W/m²°C)				0,50	150
U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)				1,00	EL1 (c/isolamento)
U < U_{máx} - Ok!				OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 159 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.3.

Tabela 159- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.3 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 2,3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (MW)	0,06	0,04	70	1,500	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje em betão armado	0,22	2	2500	0,110	550
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,38				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	726
			Total	1,85	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,54	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 160 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.3.

Tabela 160- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 3.3 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 3,3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (MW)	0,03	0,04	70	0,750	
Camada de forma	0,12	1,3	1900	0,092	228
Laje em betão armado	0,24	2	2500	0,120	600
Espaço de ar não-ventilado	>0,015			0,160	
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,63				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	1116
			Total	1,56	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,64	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Solução 4

Na Tabela 61 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.4.

Tabela 161- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.4 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 1,4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,30	0,037	30	8,108	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,62				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	440
			Total	8,60	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,12	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 162 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.4.

Tabela 162- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 2.4 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 2,4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,30	0,037	30	8,108	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje em betão armado	0,22	2	2500	0,110	550
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,62				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	726
			Total	8,45	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,12	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 163 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.4.

Tabela 163- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 3.4 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 3,4	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,30	0,037	30	8,108	
Camada de forma	0,12	1,3	1900	0,092	228
Laje em betão armado	0,24	2	2500	0,120	600
Espaço de ar não-ventilado	>0,015			0,160	
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,90				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	1116
			Total	8,92	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,11	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Solução 5

Na Tabela 164 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 1.5.

Tabela 164- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da cob 1.5 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 1,5	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,50	0,037	30	13,514	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,82				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	440
			Total	14,01	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,07	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - OK!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 165 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 2.5.

Tabela 165- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da Cob 1.5 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 2,5	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,50	0,037	30	13,514	
Camada de forma	0,08	1,3	1900	0,062	152
Laje em betão armado	0,22	2	2500	0,110	550
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	0,82				
			R _{si} (m ² °C/W)	0,10	mi
			R _{se} (m ² °C/W)	0,04	726
			Total	13,86	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,07	150
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,00	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - OK!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Na Tabela 166 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a cobertura Cob 3.5.

Tabela 166- Calculo do coeficiente de transmissão térmica da cob 3.5 da habitação unifamiliar 2

Constituição da cobertura exterior Cob 3,5	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Isolamento térmico (XPS)	0,50	0,037	30	13,514	
Camada de forma	0,12	1,3	1900	0,092	228
Laje em betão armado	0,24	2	2500	0,120	600
Espaço de ar não-ventilado	>0,015			0,160	
Laje aligeirada	0,22		1200	0,260	264
Estuque	0,02	0,57	1200	0,035	24
	1,10			R _{si} (m ² °C/W)	mi
				R _{se} (m ² °C/W)	1116
				Total	Msi considerada
				U (W/m²°C)	150
				U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	EL1 (c/isolamento)
				U < U_{máx} - Ok!	Msi=mi e Msi≤150

Pavimentos

Na Tabela 167 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento Pav 1

Tabela 167- Calculo do coeficiente de transmissão térmica do Pav 1 da habitação unifamiliar 2

Constituição do pavimento exterior Pav 1	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2	2500	0,020	100
Isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	30	0,811	
Betão leve	0,08	0,18	300	0,444	
Laje em betão armado	0,24	2	2500	0,120	
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	
	0,41			R _{si} (m ² °C/W)	mi
				R _{se} (m ² °C/W)	100
				Total	Msi considerada
				U (W/m²°C)	100
				U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	EL1 (c/isolamento)
				U < U_{máx} - Ok!	Msi=mi e Msi≤150

Envolvente interior

Paredes

Na Tabela 168 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede Par 3.

Tabela 168- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica para Par 3 da habitação unifamiliar 2

Constituição da parede interior Par 3	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
Tijolo 15	0,15		1200	0,390	180
Reboco	0,02	1,3	1900	0,015	38
	0,19		R _{si} (m ² °C/W)	0,13	mt
			R _{si} (m ² °C/W)	0,13	256
			Total	0,68	Msi considerada
			U (W/m²°C)	1,47	128
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	2,00	EL1 (s/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mt/2

Pavimentos

Na Tabela 169 está representado o cálculo do coeficiente de resistência térmica para o pavimento Pav 2.

Tabela 169- Cálculo do coeficiente de resistência térmico para Pav 2 da habitação unifamiliar 2

Constituição do pavimento interior Pav 2	Espessura (m)	Condutibilidade Térmica (W/m°C)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Resistência Térmica (m ² °C/W)	Msi (kg/m ²)
Lajeta de inércia	0,04	2	2500	0,020	100
Isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	30	0,811	
Betão leve	0,08	0,18	300	0,444	
Laje aligeirada	0,24		1200	0,310	
	0,39		R _{si} (m ² °C/W)	0,17	mi
			R _{si} (m ² °C/W)	0,17	100
			Total	1,93	Msi considerada
			U (W/m²°C)	0,52	100
			U _{máx} (W/m ² °C) (I ₂)	1,30	EL1 (c/isolamento)
			U < U_{máx} - Ok!	OK	Msi=mi e Msi≤150

Elementos interiores à fração

Paredes

Na Tabela 170 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para a parede divisória Pdiv 1.

Tabela 170- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para a Pdiv 1 da habitação unifamiliar 2

Constituição da parede divisória Pdiv 1	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Reboco	0,02	1900	38
Tijolo 11	0,11	1200	132
Reboco	0,02	1900	38
	0,15		mt
			208
			Msi considerada
			208
			EL3 (s/isolamento)
			Msi=mt e Msi≤300

Nota: Considerou-se que as espessuras estipuladas na arquitetura serão respeitadas salvaguardando-se que têm uma espessura mínima de 11cm para efeitos de cálculo da inércia térmica

Pavimentos

Na Tabela 171 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento entre pisos Pav 3.

Tabela 171- Calculo do coeficiente de transmissão térmica par Pav 3 da habitação unifamiliar 2

Constituição do pavimento entre pisos Pav 3	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Betão leve	0,15	300	45
Laje aligeirada	0,24	1200	288
Estuque	0,02	1200	24
	0,41		mi
			357
			Msi considerada
			300
			EL3 (s/isolamento)
			Msi=mt e Msi≤300

Na Tabela 172 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento entre pisos Pav 4.

Tabela 172- Calculo do coeficiente de transmissão térmica para Pav 4 da habitação unifamiliar 2

Constituição do pavimento entre pisos Pav 4	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Betão leve	0,15	300	45
Laje em betão armado	0,24	2500	600
Estuque	0,02	1200	24
	0,41		mi
			669
			Msi considerada
			300
			EL3 (s/isolamento) Msi=mt e Msi≤300

Na Tabela 173 está representado o cálculo do coeficiente de transmissão térmica para o pavimento entre pisos Pav 5.

Tabela 173- Calculo do coeficiente de transmissão térmica par Pav 5 da habitação unifamiliar 2

Constituição do pavimento entre pisos Pav 5	Espessura (m)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Msi (kg/m ²)
Camada de forma	0,03	1900	57
Laje em betão armado	0,15	2500	375
Estuque	0,02	1200	24
	0,20		mi
			456
			Msi considerada
			300
			EL3 (s/isolamento) Msi=mt e Msi≤300

Anexo VIII

Delimitação das áreas pra o cálculo do coeficientes de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos

As perdas térmicas das paredes que separam o espaço útil do espaço não útil são calculadas em função do coeficiente τ (coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos).

Garagem Privada

Consideraram-se como espaços não úteis a garagem privada. Para melhor compreensão das perdas observadas pela envolvente interior apresenta-se, de seguida, um quadro resumo com os valores considerados no cálculo do coeficiente τ .

Na Tabela 174 apresenta-se um quadro resumo com os valores considerados no cálculo do coeficiente τ para cada espaço não útil.

Tabela 174- Calculo do τ da Garagem Privada para a habitação unifamiliar 2

Espaço não útil	Medição dos elementos da envolvente interior		Ai	Au	Ai/Au	τ
Garagem Privada	Par 2	24,80	24,80	56,15	0,44	0,80

Na Figura 50 está representado as áreas do Ai e do Au para o cálculo do Tau.

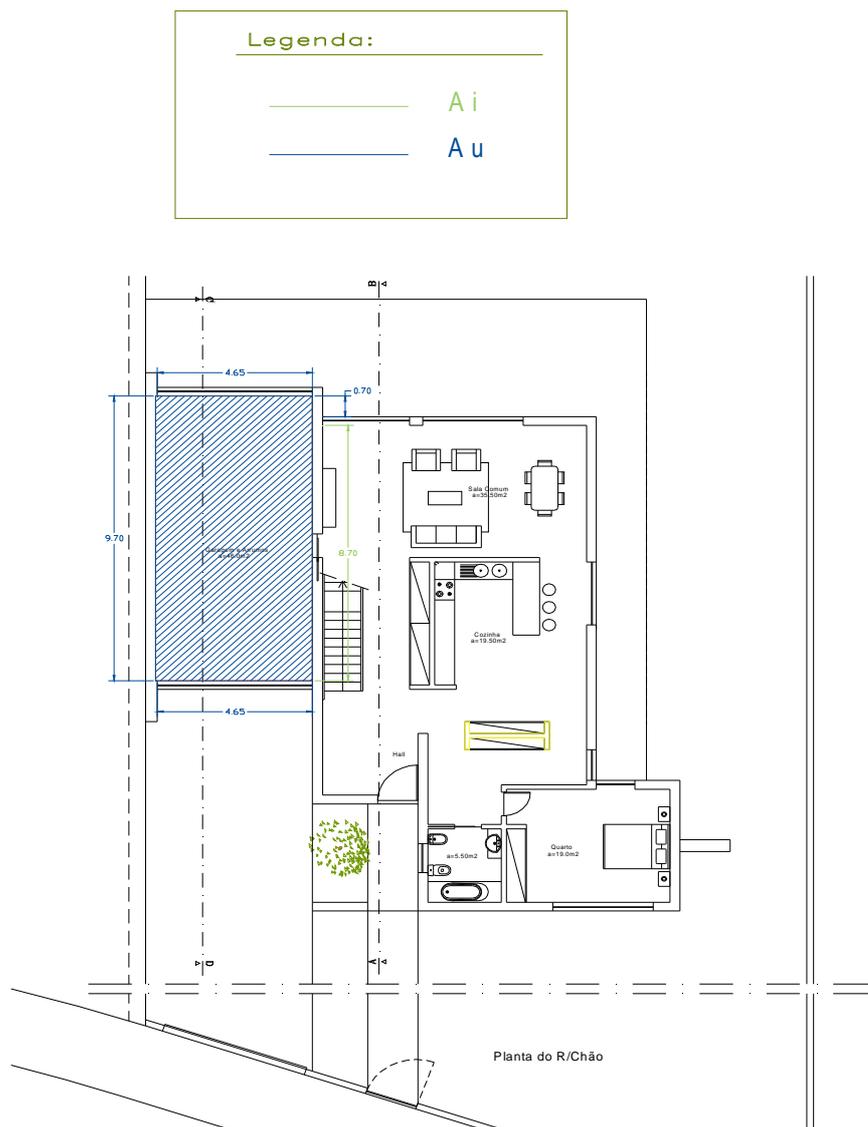


Figura 50 – Indicação do Ai e do Au para o cálculo do Tau para a habitação unifamiliar 2

Desvão Sanitário

Considerar o pavimento igual ao Pav 2, em vez de ter pavimento em contacto com o solo será considerado pavimento sobre desvão sanitário, não seguindo a estabilidade.

Na Tabela 175 apresenta-se um quadro resumo com os valores considerados no cálculo do coeficiente τ para cada espaço não útil.

Tabela 175- Calculo do τ do desvão sanitário para a habitação unifamiliar 2

Espaço não útil	Medição dos elementos da envolvente interior		Ai	Au	Ai/Au	τ
Desvão Sanitário	Pav 2	122,54	122,54	-	>>10	0,40

Na Figura 51 Representação das áreas para pavimento interior do tipo Pav 2

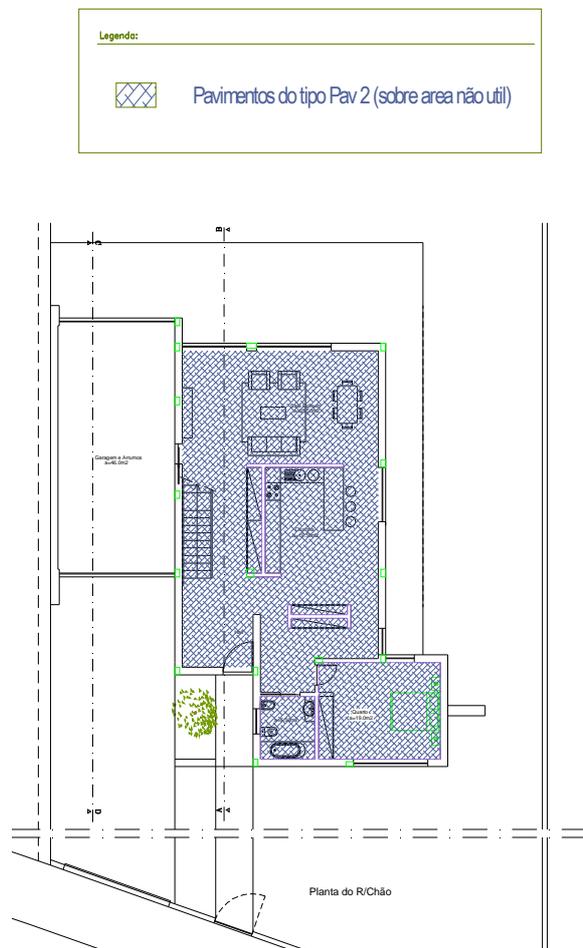


Figura 51 – Representação do pavimento do tipo Pav 2 para a habitação unifamiliar 2

Na Figura 52 apresenta representado a indicação do Ai e do Au para o cálculo do Tau.

Indicação do A_i para o cálculo do Tau, $A_u = 0$

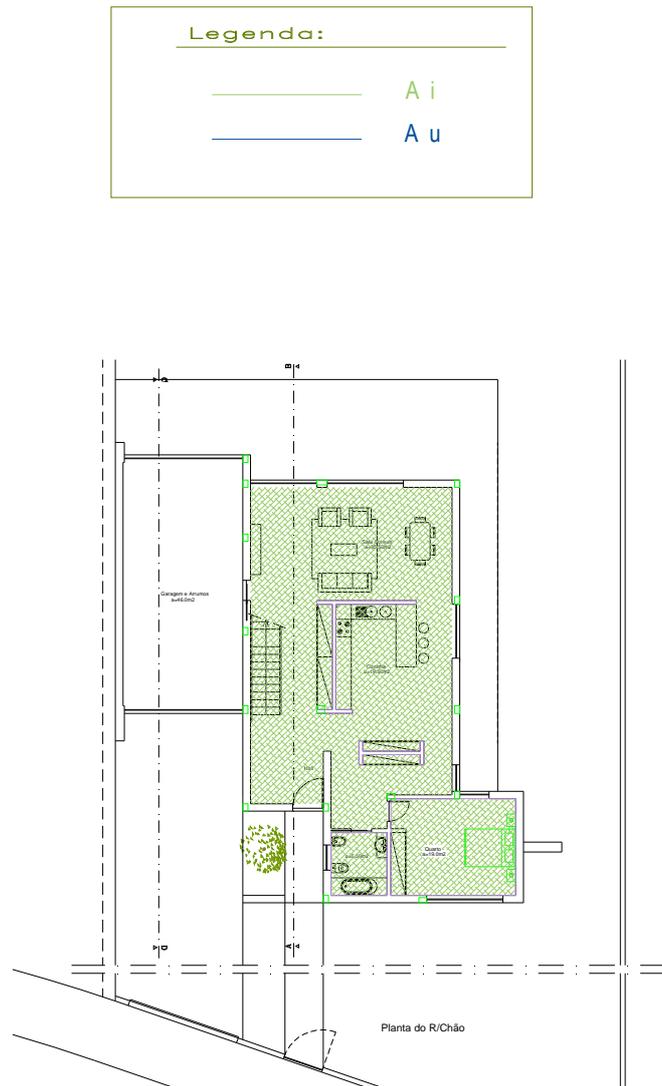


Figura 52 – Indicação do A_i e do A_u para o cálculo do Tau para a habitação unifamiliar 2

Anexo IX

Apresentação do procedimento de cálculo para a obtenção dos resultados.

Calculo do Envidraçado 1.1

$$U = 3,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad \text{ITE50}$$

$$g_{\perp v} = 0,75 \Rightarrow \text{RCCTI}$$

$$g_{\perp 100\%} = \frac{0,09 \times 0,75}{0,75} = 0,09$$

$$g_{\perp inv} = \frac{0,75 \times 0,63}{0,75} = 0,63$$

$$g_{\perp ver} = 0,7 \times \frac{0,09 \times 0,75}{0,75} + 0,30 \times 0,75 = 0,29$$

Para melhor compreensão da quantificação dos ganhos solares pelos envidraçados apresenta-se, de seguida, um quadro resumo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento utilizados tanto para a estação de aquecimento como de arrefecimento (Tabela 166)

Tabela 176- Calculo dos ângulos e respetivos fatores de sombreamento para a habitação unifamiliar 2

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	Perímetro (m)	Uvidro	Tipo Caixilharia	Ucaixilharia	Uvão	α	α	β	Inverno				Verão				
										F _h	F ₀	F _f	F _s	F ₀	F _f	F _s		
Verticais																		
V1 - E - (Env 1)	5,70	9,80	1,80	Metálica	3,00	1,98	20°	0°	0°	0,84	1,00	1,00	0,76*	1,00	1,00	0,90*		
V2 - W - (Env 1)	2,55	6,74	1,80	Metálica	3,00	1,98	45°	0°	60°	1,00	1,00	0,72	0,72	1,00	0,95	0,95		
V3 - N - (Env 1)	2,31	6,50	1,80	Metálica	3,00	1,98	45°	0°	60°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
V4 - N - (Env 1)	4,92	8,88	1,80	Metálica	3,00	1,98	34°	40°	21°	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	0,97		
V5 - W - (Env 1)	6,66	10,44	1,80	Metálica	3,00	1,98	20°	40°	13°	0,84	0,77	0,94	0,61	0,68	0,98	0,67		
V6 - W - (Env 1)	5,77	9,64	1,80	Metálica	3,00	1,98	45°	40°	38°	0,58	0,77	0,83	0,37	0,68	0,96	0,65		
V7 - S - (Env 1)	0,50	3,00	1,80	Metálica	3,00	1,98	20°	60°	60°	0,84	0,44	0,83	0,31	0,52	0,84	0,44		
V8 - E - (Env 1)	5,72	9,60	1,80	Metálica	3,00	1,98	20°	38°	8°	0,84	0,79	1,00	0,66	0,69	0,99	0,68		
V9 - E - (Env 1)	6,60	10,40	1,80	Metálica	3,00	1,98	20°	38°	13°	0,84	0,79	1,00	0,66	0,69	0,98	0,68		
V10 - N - (Env 1)	1,08	5,30	1,80	Metálica	3,00	1,98	20°	0°	0°	1,00	1,00	1,00	0,90*	1,00	1,00	0,90*		
V11 - N - (Env 1)	1,08	5,30	1,80	Metálica	3,00	1,98	20°	0°	0°	1,00	1,00	1,00	0,90*	1,00	1,00	0,90*		
V12 - W - (Env 1)	6,60	10,40	1,80	Metálica	3,00	1,98	20°	44°	17°	0,84	0,75	1,00	0,63	0,65	0,97	0,63		
V13 - W - (Env 1)	3,19	7,30	1,80	Metálica	3,00	1,98	20°	44°	11°	0,84	0,75	1,00	0,63	0,65	0,98	0,64		
V14 - S - (Env 1)	4,21	8,23	1,80	Metálica	3,00	1,98	25°	60°	60°	0,79	0,44	0,83	0,29	0,52	0,84	0,44		
V15 - S - (Env 1)	1,71	7,85	1,80	Metálica	3,00	1,98	21°	60°	45°	0,88	0,44	0,88	0,34	0,52	0,87	0,45		

* Valor para que se verifique a condição $F_0 \times F_f < 0,90$

Nota: Dado que o projectista não está na posse de todos os elementos que lhe permitam verificar o sombreamento no horizonte, consideraram-se os ângulos de horizonte para o sombreamento provocado pelo próprio edifício se estes forem superiores a 20°. Caso contrário, e visto estarmos numa zona rural/da periferia urbana, considerou-se um ângulo de horizonte de 20° (imposto regulamentamente).

Nota: Admitiu-se que a área da caixilharia corresponde a cerca de 15% da área do vão.

Uma vez que não existem elementos disponíveis para afetar o U da caixilharia, admitiu-se que este será 3,00 W/m²C

Anexo X

Pormenores construtivos

Para cada uma das soluções construtivas, são apresentados os seguintes pormenores construtivos:

- Ligação da fachada com os pavimentos sobre locais não úteis ou exteriores;
- Ligação da fachada com os pavimentos intermédios;
- Ligação da fachada com cobertura em terraço.

Nas Figuras 53 e a Figura 54 está representado os cortes e os pormenores construtivos da habitação unifamiliar 1.

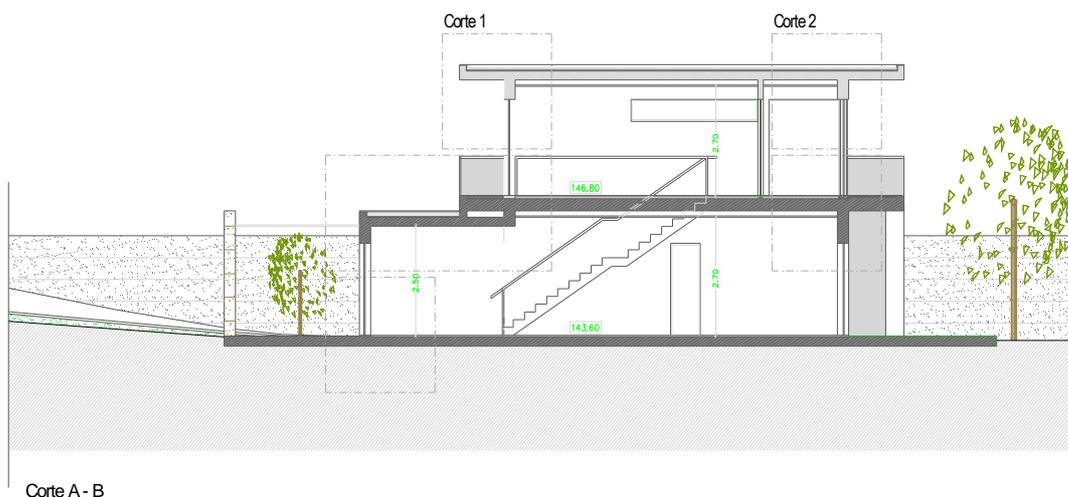


Figura 53 – Corte A-B para a habitação unifamiliar 2

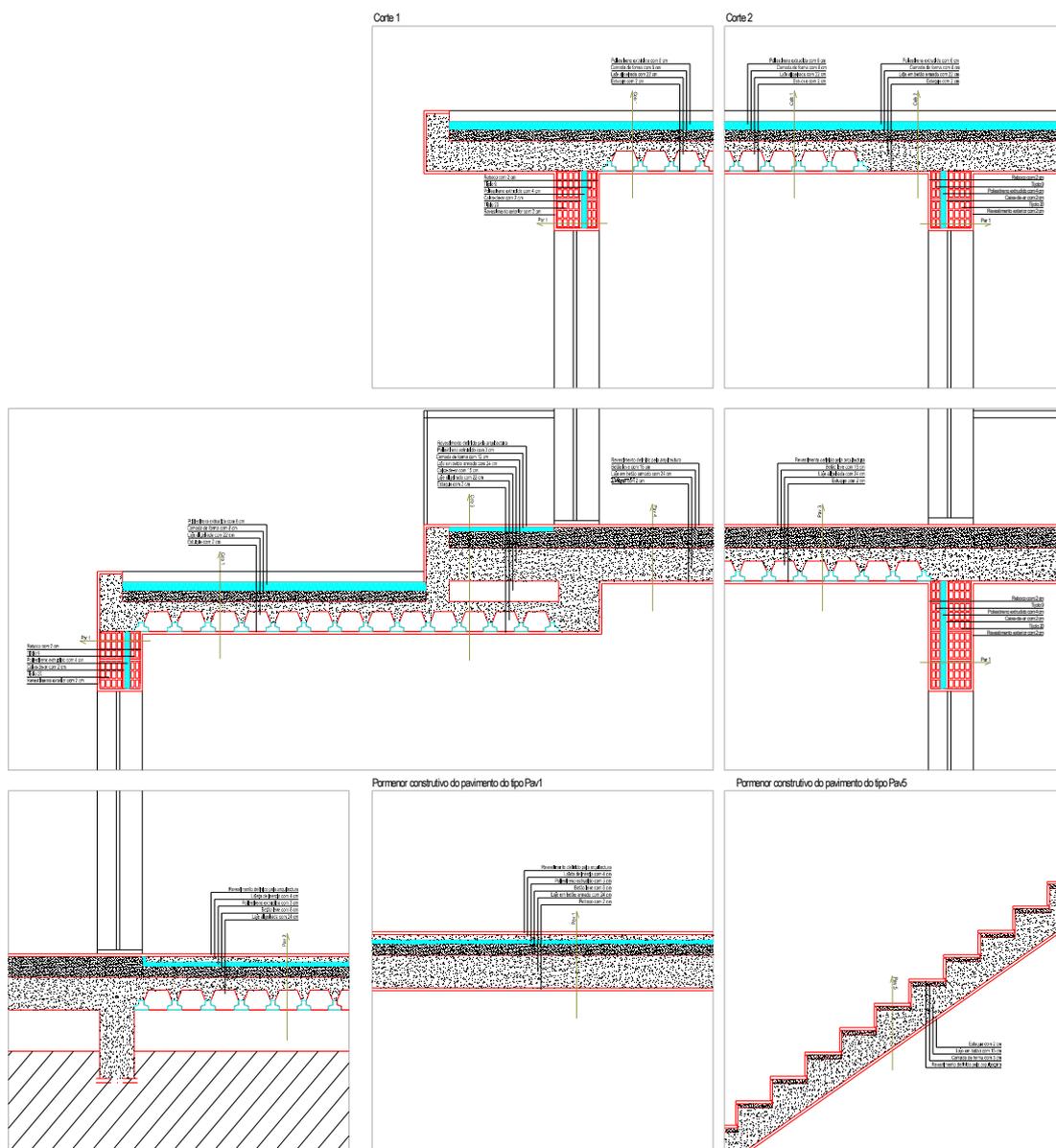


Figura 54 – Pormenores construtivos do corte para a habitação unifamiliar 2

Anexo XI

Cálculo relativo ao Exemplo A da Habitação Unifamiliar 1:

Em seguida é apresentado o Exemplo A das folhas de calcula para a habitação unifamiliar 1.

FICHA 2

Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)

LEVANTAMENTO DIMENSIONAL (para uma única fracção autónoma)

(ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FRACÇÃO: Construção de uma Habitação Unifamiliar

Área Útil de Pavimento: 217,25 m²

Pé-direito Médio: 2,60 m

Elementos Correntes da Envolvente

Pavimentos:		U:	
Sobre o exterior	Pav 1	<u>3,27</u> m ²	<u>0,55</u> W/m ² C
			W/m ² C
Sobre área não-útil	Pav 1	<u>31,45</u> m ²	<u>0,51</u> W/m ² C
			W/m ² C
Total		<u>34,72</u> m ²	
Paredes:			
Exteriores	Par 1.1	<u>143,65</u> m ²	<u>0,38</u> W/m ² C
	Par 2.1	<u>11,18</u> m ²	<u>0,72</u> W/m ² C
Ponte Térmica	Pt 1.1	<u>23,14</u> m ²	<u>0,72</u> W/m ² C
Portas		<u>3,60</u> m ²	<u>3,33</u> W/m ² C
Interiores	Par 3	<u>10,14</u> m ²	<u>1,78</u> W/m ² C
Total		<u>191,71</u> m ²	
Coberturas			
Em terraço	Cob 1.1	<u>84,23</u> m ²	<u>0,31</u> W/m ² C
	Cob 2.1	<u>2,03</u> m ²	<u>0,58</u> W/m ² C
Em desvão não-ventilado			W/m ² C
Em desvão ventilado			W/m ² C
Indinadas			W/m ² C
Sob área não-útil			W/m ² C
Total		<u>86,26</u> m ²	

Coeficiente de Absorção - α	
Parede	Cobertura
<u>0,4</u>	<u>0,4</u>

TIPOS DE PAREDES (especificar com descrição sumária e valor do U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								TOTAL
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Par 1.1 - As paredes serão duplas constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 15cm de espessura, caixa-de-ar com 8cm de espessura parcialmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m ³ , com 6cm de espessura) enostado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior com 2cm de argamassa de cimento e o exterior será o indicado na arquitetura. U≥0,38W/m ² C	32,39		46,79		38,27		26,20		143,65

Elementos em Contacto com o Solo

	comp. [m]	Ψ [W/m. ² C]
Pavimentos:	<u>29</u>	<u>1,5</u>
Paredes:	<u>23,4</u>	<u>1,8</u>

Pontes Térmicas

	comp. [m]	Ψ [W/m. ² C]
Fachada com Pavimento:		
térreo	<u>5,6</u>	<u>0,68</u>
intermédio	<u>111,04</u>	<u>0,30</u>
sobre locais não aquecidos ou exteriores	<u>16,07</u>	<u>0,78</u>

	comp. [m]	Ψ [W/m. ² C]
Fachada com:		
abertura	<u>47,57</u>	<u>0,70</u>
varanda	<u>40,77</u>	<u>0,45</u>
caixa de estore peitoral/padieira	<u>156,42</u>	<u>0,20</u>
Ligação entre duas paredes:	<u>26</u>	<u>0,20</u>

<p>Par 2.1 -As paredes serão duplas constituídas por elemento de betão armado com 20cm de espessura, caixa-de-ar com 3cm de espessura totalmente preenchida com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 3cm de espessura) encaixado à face exterior do pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior com 2cm de argamassa de cimento e o exterior será o indicado na arquitetura. $U \geq 0,72 \text{ W/m}^2\text{C}$</p>			11,18					11,18
<p>Pt 1.1 - A ponte térmica plana existente na parede corrente do tipo Par 1.1 devido ao elemento em betão armado com 20cm de espessura, será corrigida pelo interior com isolamento térmico (poliestireno expandido extrudido, XPS, 30 kg/m³, com 3cm de espessura) e pano de parede interior em alvenaria de tijolo cerâmico vazado com 11cm de espessura, rebocada na face interior com 2cm de argamassa de cimento e o exterior será o indicado na arquitetura. $U \geq 0,72 \text{ W/m}^2\text{C}$</p>	6,33		3,61		5,50		7,70	23,14
<p>TIPOS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo tipo de proteção solar e o valor de S_e)</p>								
<p>Env1.1 - (V1, V5, V6, V7, V8, V10, V11, V12, V13, V14, V16 e V17): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo e deverão ser compostos de um vidro exterior de 4mm de espessura, de uma câmara de 12mm de ar e de um vidro interior de 5mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e sem rotura térmica, com permeabilidade ao ar elevada, com proteção solar constituída por lâminas exteriores metálicas orientáveis de cor média. $U > 3,22 \text{ W/(m}^2\text{C)}$</p>	25,96		3,63		17,70		10,82	58,11
<p>Env2.1 - (V9): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo e deverão ser compostos de um vidro exterior de 4mm de espessura, de uma câmara de 12mm de ar e de um vidro interior de 5mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e sem rotura térmica, com proteção solar constituída por lâminas exteriores fixas de cor média. $U > 3,22 \text{ W/(m}^2\text{C)}$</p>							25,20	25,20
<p>Env3.1 - (V2, V3, V4 e V15): Os envidraçados serão constituídos por vidro duplo do tipo e deverão ser compostos de um vidro exterior colorido na massa de 4mm de espessura, de uma câmara de 12mm de ar e de um vidro interior incolor de 5mm de espessura. A caixilharia será em alumínio de cor escura, sem quadrícula e com rotura térmica, sem qualquer proteção solar. $U > 3,22 \text{ W/(m}^2\text{C)}$</p>			18,24					18,24
<p>ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS: _____ m²</p>								

FICHA 3

Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)

DEMONSTRAÇÃO DE SATISFAÇÃO DOS REQUISITOS MÍNIMOS PARA A ENVOLVENTE DE EDIFÍCIOS

Edifício: Construção de uma Habitação Unifamiliar
 Fração Autónoma: Única
 Inércia Térmica: Forte

a) U máximos

Soluções adoptadas		<u>Valores Máximos Regulamentares:</u>	
<u>0,38</u>	Fachadas exteriores	Par 1.1	<u>1,60</u> W/m ² °C
<u>0,72</u>	Fachadas exteriores	Par 2.1	<u>1,60</u> W/m ² °C
<u>0,31</u>	Coberturas exteriores	Cob 1.1	<u>1,00</u> W/m ² °C
<u>0,58</u>	Coberturas exteriores	Cob 2.1	<u>1,00</u> W/m ² °C
<u>0,55</u>	Pavimento s/ exterior	Pav 1	<u>1,00</u> W/m ² °C
<u>1,78</u>	Paredes envolvente interior	Par 6	<u>2,00</u> W/m ² °C
<u>0,51</u>	Pavimento envolvente interior	Pav 1	<u>1,30</u> W/m ² °C
<u>0,00</u>	Cobertura envolvente interior		<u>1,30</u> W/m ² °C
<u>0,72</u>	Pontes térmicas	Pt 1.1	<u>0,76</u> W/m ² °C

b) Factores solares dos envidraçados

Soluções adoptadas - Verão		<u>Valores Máximos Regulamentares:</u>	
Tipo de protecção solar	<u>0,09</u>	Env 1.1	<u>0,56</u>
	<u>0,09</u>	Env 2.1	<u>0,56</u>
	<u>0,55</u>	Env 3.1	<u>0,56</u>

c) Pontes térmicas planas

U das soluções adoptadas		<u>Valores Máximos Regulamentares:</u>	
<u>0,72</u> W/m ² °C	Pt 1.1	<u>1,60</u> W/m ² °C	
<u> </u> W/m ² °C		<u> </u> W/m ² °C	

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:

<input type="checkbox"/>	Caixas de estores (se existirem)
<input checked="" type="checkbox"/>	Ligações entre paredes e vigas
<input checked="" type="checkbox"/>	Ligações entre paredes e pilares
<input checked="" type="checkbox"/>	Ligações entre paredes e lajes de pavimento
<input checked="" type="checkbox"/>	Ligações entre paredes e lajes de cobertura
<input checked="" type="checkbox"/>	Paredes e pavimentos enterrados
<input checked="" type="checkbox"/>	Montagem de caixilharias

Técnico Responsável:

Nome Sílvia Daniela Gonçalves Pinheiro

Data _____

Assinatura _____

Cálculo da Inércia Térmica

Elemento de Construção	M_{si} [kg/m ²]	S_i [m ²]	Factor de Correcção, r	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
EL1 - Paredes exteriores - Par 1.1	150,00	143,65	1,00	21547,32
EL1 - Paredes exteriores - Par 2.1	150,00	11,18	1,00	1677
EL1 - Paredes exteriores - Pt 1.1	150,00	23,14	1,00	3471,18
EL1 - Portas exteriores	12,00	3,60	1,00	43,2
EL1 - Cobertura em terraço - Cob 1.1	150,00	84,23	1,00	12634,5
EL1 - Cobertura em terraço - Cob 2.1	150,00	2,03	1,00	304,5
EL1 - Pavimentos sobre o exterior - Pav 1	100,00	3,27	1,00	327
EL1 - Paredes da envolvente interior com - Par 3	104,00	10,14	1,00	1054,56
EL1 - Pavimento sobre área não útil - Pav 1	100,00	31,45	1,00	3145
EL2 - Pavimento em contacto com o solo - Pav 2	100,00	58,48	1,00	5848
EL2 - Paredes em contacto com o solo - Par 4	9,00	54,81	1,00	493,272
EL3 - Paredes interiores da fracção (parede simples de 11) - Pdiv 1	208,00	82,89	1,00	17240,704
EL3 - Pavimentos interiores da fracção - Pav 3	300,00	104,74	1,00	31422
EL3 - Pavimentos interiores da fracção - Pav 4	300,00	5,61	1,00	1683
EL3 - Pavimentos interiores da fracção - Pav 5	300,00	14,31	1,00	4293

Total 105184,24 Forte

Área de Pavimento, A_p [m²] 217,25

I_t [kg/m²] 484

Folha de Cálculo FC IV.1a

Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Paredes exteriores - Par 1.1	143,65	0,38	54,59
Ponte Térmica - Pt 1.1	23,14	0,72	16,66
Portas Exteriores	3,60	3,33	11,99
Total	170,39		83,24

Pavimentos exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Pavimentos exteriores - Pav 1	3,27	0,55	1,80
Total	3,27		1,80

Coberturas exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U.A [W/°C]
Cobertura em terraço - Cob 1.1	84,23	0,31	26,11
Cobertura em terraço - Cob 2.1	2,03	0,58	1,18
Total	86,26		27,29

Paredes e Pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B [m]	ψ [W/m°C]	ψ.B [W/°C]
Paredes em contacto com o solo - Par 4	23,40	1,75	40,95
Pavimentos em contacto com o solo - Pav 2	29,00	1,50	43,50
Total			84,45

Pontes térmicas lineares	Comp. [m]	ψ [W/m°C]	ψ.B [W/°C]
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	5,60	0,68	3,78
Fachada com pavimentos	16,07	0,78	12,53
Fachada com pavimentos	0,00	0,00	0,00
Fachada com pavimentos intermédios	111,04	0,30	33,31
Fachada com pavimentos intermédios	0,00	0,00	0,00
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	47,57	0,70	33,30
Fachada com "varanda"	40,77	0,45	18,35
Dois paredes verticais L	26,00	0,20	5,20
Dois paredes verticais T	0,00	0,00	0,00
Fachada com caixa de estore	0,00	0,00	0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	156,42	0,20	31,28
Total			137,76

Paredes pela envolvente exterior	da	[W/°C]	Total	334,53
Fracção Autónoma				

Folha de Cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	τ [-]]	U .A. τ [W/°C]	A. τ [m ²]
Paredes em contacto com garagem privada - Par 3	10,14	1,78	0,50	9,02	5,07
			Total	9,02	5,07

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	τ [-]]	U .A. τ [W/°C]	A. τ [m ²]
Pavimento sobre a garagem privada. - Pav 1	31,45	0,51	0,50	8,02	15,73
			Total	8,02	15,73

Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	τ [-]]	U .A. τ [W/°C]	A. τ [m ²]
			Total	0,00	0,00

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	τ [-]]	U .A. τ [W/°C]	A. τ [m ²]
			Total	0,00	0,00

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não úteis com $\tau > 0,7$)	Comp. B [m]	Ψ [W/m°C]	τ [-]]	B. Ψ . τ [W/°C]
			Total	0,00

Paredes pela envolvente interior da Fracção Autónoma

[W/°C]

Total	17,04
--------------	-------

Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a *Fracção Autónoma* dos seguintes espaços:

- Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma;
- Edifícios anexos;
- Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;
- Sotãos não-habitados.

Folha de Cálculo FC IV.1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U . A [W/°C]
<i>Verticais</i>			
V1 - S - (Env 1.1)	8,10	3,20	25,92
V2 - E - (Env 3.1)	3,12	3,20	9,98
V3 - E - (Env 3.1)	1,08	3,20	3,46
V4 - E - (Env 3.1)	3,12	3,20	9,98
V5 - S - (Env 1.1)	1,20	3,20	3,84
V6 - N - (Env 1.1)	6,20	3,20	19,84
V7 - W - (Env 1.1)	4,00	3,20	12,80
V8 - S - (Env 1.1)	4,40	3,20	14,08
V9 - W - (Env 2.1)	25,20	3,20	80,64
V10 - N - (Env 1.1)	17,60	3,20	56,32
V11 - W - (Env 1.1)	4,00	3,20	12,80
V12 - S - (Env 1.1)	4,00	3,20	12,80
V13 - E - (Env 1.1)	0,81	3,20	2,59
V14 - N - (Env 1.1)	2,16	3,20	6,91
V15 - E - (Env 3.1)	10,92	3,20	34,94
V16 - E - (Env 1.1)	2,82	3,20	9,02
V17 - W - (Env 1.1)	2,82	3,20	9,02
<i>Horizontais</i>			
Total	101,55		324,96

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à renovação de ar

Área útil do pavimento (A_p)	<input type="text" value="217,25"/>	m^2
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,60"/>	m
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="564,85"/>	m^3

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumpre NP 1037-1? (S ou N) se SIM:

Se NÃO:

Classe da caixilharia (s/c 1, 2 ou 3) **Taxa de renovação nominal:**

Caixa de estore (S ou N) RPH:

Classe de exposição (1, 2, 3 ou 4) **Ver Quadro IV.1**

Aberturas auto-reguladas? (S ou N)

Área de envidraçados > 15% A_p ? (S ou N)

Portas exteriores bem vedadas? (S ou N)

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)

Caudal de insuflação V_{ins} [m^3/h] $V_f =$

Caudal extraído V_{ev} [m^3/h]

Diferença entre V_{ins} e V_{ev} [m^3/h] / $V =$

Infiltrações (V_x) (volume int) [RPH]

Recuperador de calor (S ou N) se SIM: $\eta =$
se NÃO: $\eta = 0$

Nº de ventiladores

Taxa de renovação nominal (RPH) (Mínimo: 0,6) ($(V_f/V + V_x)(1-\eta)$)

Taxa de renovação nominal (RPH) adoptada

Consumo de electricidade para os ventiladores ($E_v = P_v \times 24 \times 0.03 \times M$ [kWh])

Volume	<input type="text" value="564,85"/>	
	x	
Taxa de renovação nominal	<input type="text" value="0,95"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
Total	<input type="text" value="182,45"/>	[W/°C]

Folha de Cálculo FC IV.1e

Ganhos úteis na estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área [m ²]	Factor Orientação X [-]	Factor solar do vidro g [-]	Factor de obstrução Fs [-] Fh.Fo.Ff	Fracção envidraçada Fg [-]	Factor de sel. Angular Fw [-]	Área efectiva Ae [m ²]
V1 - S - (Env 1.1)	duplo	8,10	1,00	0,63	0,50	0,70	0,90	1,60
V2 - E - (Env 3.1)	duplo	3,12	0,56	0,55	0,48	0,70	0,90	0,29
V3 - E - (Env 3.1)	duplo	1,08	0,56	0,55	0,48	0,70	0,90	0,10
V4 - E - (Env 3.1)	duplo	3,12	1,00	0,55	0,48	0,70	0,90	0,52
V5 - S - (Env 1.1)	duplo	1,20	1,00	0,63	0,37	0,70	0,90	0,18
V6 - N - (Env 1.1)	duplo	6,20	0,27	0,63	1,00	0,70	0,90	0,66
V7 - W - (Env 1.1)	duplo	4,00	0,56	0,63	0,76	0,70	0,90	0,68
V8 - S - (Env 1.1)	duplo	4,40	1,00	0,63	0,37	0,70	0,90	0,65
V9 - W - (Env 2.1)	duplo	25,20	0,56	0,08	0,48	0,70	0,90	0,32
V10 - N - (Env 1.1)	duplo	17,60	0,27	0,63	1,00	0,70	0,90	1,89
V11 - W - (Env 1.1)	duplo	4,00	0,56	0,63	0,76	0,70	0,90	0,68
V12 - S - (Env 1.1)	duplo	4,00	1,00	0,63	0,81	0,70	0,90	1,29
V13 - E - (Env 1.1)	duplo	0,81	0,56	0,63	0,76	0,70	0,90	0,14
V14 - N - (Env 1.1)	duplo	2,16	0,27	0,63	1,00	0,70	0,90	0,23
V15 - E - (Env 3.1)	duplo	10,92	0,56	0,55	0,48	0,70	0,90	1,01
V16 - E - (Env 1.1)	duplo	2,82	0,56	0,63	0,76	0,70	0,90	0,48
V17 - W - (Env 1.1)	duplo	2,82	0,56	0,63	0,76	0,70	0,90	0,48

Área efectiva total equivalente na orientação Sul [m²]

11,18

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na Zona [kWh/m².mês] - do Quadro 8 (Anexo III)

x

Duração da Estação de Aquecimento M [meses]

=

Ganhos Solares Brutos [kWh/ano]

Ganhos Internos:

Ganhos internos médios	(Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/> [W/m ²]
		x
Duração da Estação de Aquecimento M [meses]		<input type="text" value="7"/> [meses]
		x
Área Útil de pavimento		<input type="text" value="217,25"/> [m ²]
		x
		<input type="text" value="0,72"/>
		=
Ganhos Internos Brutos		<input type="text" value="4379,76"/>

Ganhos Totais Úteis:

$\gamma =$	$\frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="11658,53"/> / <input type="text" value="43086,46"/>
Inércia do edifício:	<input type="text" value="Forte"/> a = 4,2	$\gamma =$ <input type="text" value="0,27"/>
Factor de Utilização dos Ganhos Solares (η)		<input type="text" value="1,00"/>
		x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos		<input type="text" value="11658,53"/>
		=
Ganhos Totais Úteis [kWh/ano]		<input type="text" value="11623,39"/>

Folha de Cálculo FC IV.1f

Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA	
<i>Da FC IV 1a e 1c: (Áreas)</i>	m ²
Paredes Exteriores	170,39
Coberturas Exteriores	86,26
Pavimentos Exteriores	3,27
Envidraçados Exteriores	101,55
<i>Da FC IV 1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	5,07
Coberturas Interiores	0,00
Pavimentos Interiores	15,73
Envidraçados Interiores	0,00
<i>Área Total</i>	382,27
	/
<i>Volume (da FC IV.1d)</i>	564,85
	=
FF	0,68

Graus-Dia no Local [°C.dia]

2090

$N_i = 4.5 + 0.0395 \text{ GD}$	para $FF < 0.5$
$N_i = 4.5 + (0.021 + 0.037 \text{ FF}) \text{ GD}$	para $0.5 < FF < 1$
$N_i = [4.5 + (0.021 + 0.037 \text{ FF}) \text{ GD}] (1.2 - 0.2 \text{ FF})$	para $1 < FF < 1.5$
$N_i = 4.05 + 0.06885 \text{ GD}$	para $FF > 1.5$

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni [kWh/m².ano]

100,72

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	[W/°C]
Envolvente Exterior (da FV IV.1a)	334,53
Envolvente Interior (da FV IV.1b)	17,04
Vãos Envidraçados (da FV IV.1c)	324,96
Renovação de Ar (da FV IV.1d)	182,45
	=
Coefficiente Global de Perdas [W/°C]	858,98
	x
Graus-Dia no Local [°C.dia]	2090
	x
	0,024
	+
Consumo dos ventiladores [kWh/ano]	0
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento [kWh/ano]	43086,46
	-
Ganhos Totais Úteis [kWh/ano] (da FC IV.1e)	11623,39
	=
Necessidades de Aquecimento [kWh/ano]	31463,07
	/
Área Útil do Pavimento [m²]	217,25
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic [kWh/m².ano]	144,82
	<
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni [kWh/m².ano]	100,72

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	83,24	[W/°C]
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	1,7985	[W/°C]
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCV.1b)	27,2887	[W/°C]
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1b)	324,96	[W/°C]
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	182,45	[W/°C]
		=	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	619,73	[W/°C]

Temperatura interior de referência		25	[°C]
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	[°C]
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	[°C]
		x	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	619,73	[W/°C]
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q _{1b})	10887,42	[kWh]

Folha de Cálculo FCV.1b

Perdas associadas a coberturas e envidraçados exteriores

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U . A [W/°C]
Cobertura em terraço - Cob 1.1	84,23	0,31	26,11
Cobertura em terraço - Cob 2.1	2,03	0,58	1,18
		Total	27,29

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U . A [W/°C]
Verticais:			
V1 - S - (Env 1.1)	8,10	3,20	25,92
V2 - E - (Env 3.1)	3,12	3,20	9,98
V3 - E - (Env 3.1)	1,08	3,20	3,46
V4 - E - (Env 3.1)	3,12	3,20	9,98
V5 - S - (Env 1.1)	1,20	3,20	3,84
V6 - N - (Env 1.1)	6,20	3,20	19,84
V7 - W - (Env 1.1)	4,00	3,20	12,80
V8 - S - (Env 1.1)	4,40	3,20	14,08
V9 - W - (Env 2.1)	25,20	3,20	80,64
V10 - N - (Env 1.1)	17,60	3,20	56,32
V11 - W - (Env 1.1)	4,00	3,20	12,80
V12 - S - (Env 1.1)	4,00	3,20	12,80
V13 - E - (Env 1.1)	0,81	3,20	2,59
V14 - N - (Env 1.1)	2,16	3,20	6,91
V15 - E - (Env 3.1)	10,92	3,20	34,94
V16 - E - (Env 1.1)	2,82	3,20	9,02
V17 - W - (Env 1.1)	2,82	3,20	9,02
Horizontais:			
		Total	324,96

Folha de Cálculo F.C.V.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

		POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL																
		V1-S- (Enev.L1)	V2-E- (Enev.3.1)	V3-E- (Enev.3.1)	V4-E- (Enev.3.1)	V5-S- (Enev.L1)	V6-N- (Enev.L1)	V7-W- (Enev.L1)	V8-S- (Enev.L1)	V9-W- (Enev.2.1)	V10-N- (Enev.L1)	V11-W- (Enev.L1)	V12-S- (Enev.L1)	V13-E- (Enev.L1)	V14-N- (Enev.L1)	V15-E- (Enev.3.1)	V16-E- (Enev.L1)	V17-W- (Enev.L1)
Orientação		8,10	3,12	1,08	3,12	1,20	6,20	4,00	4,40	25,20	17,60	4,00	4,00	0,81	2,16	10,02	2,82	2,82
Área, A [m ²]		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fração solar do vão envidraçado ⁽¹⁾		0,29	0,55	0,55	0,55	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,55	0,19	0,19
Fração envidraçada, F _g (Quadro IV.5 pág.2400)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fator de obstrução, F _s ⁽²⁾		0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Fator de seletividade do vidro, F _w (Quadro V.3 pág.2503)		0,86	0,86	0,86	0,86	0,84	1,00	0,90	0,84	0,90	0,86	0,90	0,90	0,90	1,00	0,92	0,90	0,90
Área efetiva, A _e [m ²]		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec [kWh/m ²] (Quadro III.9 pág.2484)		0,75	0,85	0,85	0,85	0,75	0,80	0,85	0,75	0,85	0,80	0,85	0,75	0,85	0,80	0,85	0,85	0,85
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores [kWh]		0,61	0,88	0,33	0,88	0,10	0,65	0,40	0,36	2,51	1,58	0,40	0,35	0,08	0,22	3,29	0,28	0,28
Total		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		420	450	450	450	420	200	450	420	430	200	450	420	450	200	450	450	450
		257,19	395,13	146,32	395,13	41,34	129,16	179,29	151,58	1129,50	315,31	179,29	147,65	36,31	45,00	1479,46	126,40	126,40

⁽¹⁾ Para dispositivos de sombreamento móveis, considere-se a soma de 30% do fator solar do vidro (Tabela B.9) e 70% do fator solar do envidraçado com a proteção solar móvel instalada (Quadro V.9)

⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o fator de obstrução, F_s, é obtido pelo produto F_sF_g dos Quadros V1 e V2.

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios [W/m^2] (Quadro IV.3)		4	
		x	
Área útil do pavimento [m^2]		217,25	
		x	
		2,93	
		=	
Ganhos internos totais		2544,43	[kWh]

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	5280,45	[kWh]
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1c)	867,87	[kWh]
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	2544,43	[kWh]
		=	
Ganhos térmicos totais		8692,75	[kWh]

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais (FVC.1e)	8692,75	[kWh]
	/	
Perdas térmicas totais (FVC.1a)	10887,42	[kWh]
	=	
Relação Ganhos-Perdas (γ)	0,80	
Inércia do edifício (a)	Forte	
	a= 4,2	

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,89	
	=	
	0,11352228	
	x	
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	8692,75	[kWh]
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	986,82	[kWh/ano]
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor de cozinha exduído)	0	($E_v = P_v \times 24 \times 0.03 \times 4$ [kWh])
	=	
Total	986,82	[kWh/ano]
	/	
Área útil de pavimento [m ²]	217,25	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	4,54	[kWh/m ² .ano]
	≤	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv	18	[kWh/m ² .ano]

Folha de Cálculo dos Indicadores das AQS

Necessidades de energia para preparação das Águas Quentes Sanitárias

Energia dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (Q_a)

Nº de Ocupantes	4
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	160
$M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times \text{n.º de ocupantes}$ (Quadro VI.1 pág 2506)	0,65
	4187
	x
Aumento da temperatura necessária para preparar as AQS, DT	45
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2 pág 2506)	365
	=
	1,1E+10
	/
	3600000
	=
Energia dispend. com sist. convenc. de preparação de AQS, Q_a [kWh/ano]	3056,51

Necessidades de energia para preparação das AQS (N_{ac})

Energia útil dispendida com sistemas convencionais de AQS, Q_a	3056,51
	/
Eficiência de conversão desses sistemas de AQS, η_a	0,86
	=
	3554,08
	-
Contribuição de sist. de colectores solares para o aquec. de AQS, E_{solar}	1842
	-
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para o aquec. de AQS, E_{ren}	0
	=
	1712,08
Área útil de pavimento [m^2]	217,25
	=
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]	7,88

Necessidades de energia máxima para a preparação de AQS, (N_a)

	0,081
	x
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	160
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	=
	4730,4
	/
Área útil de pavimento [m^2]	217,25
	=
Necessid. máx. de energia para a preparação de AQS, N_a [kWh/ m^2 .ano]	21,77
	\geq
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]	7,88

Folha de Cálculo dos Indicadores

Valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento

Conversão de Energia Útil para Energia Primária

Electricidade, F_{pu} [kgep/kWh]	0,290
Combustíveis líquidos e gasosos, F_{pu} [kgep/kWh]	0,086
Para combustíveis sólidos, os valores do coeficiente F_{pu} são calculados da seguinte forma:	
Poder calorífico inferior do combustível, PCI [kJ/kg]	
	x
Combustíveis com teor de inertes até 20%, $\rho = 0.65$	
Combustíveis com teor de inertes superior a 20%, $\rho = 0.50$	=
	0
	/
	37620
	=
	0
	[kgep/t]

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc)

Necessidades Nominais de Aquecimento, N_{ic} [kWh/m ² .ano]	144,82
Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de aquecim., η_i	1,00
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pui}	0,29
Necessidades Nominais de Arrefecimento, N_{vc} [kWh/m ² .ano]	4,54
Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de arrefec., η_v	3,00
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{puv}	0,29
Necessidades Nominais para preparação de AQS, N_{ac} [kWh/m ² .ano]	7,88
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pua}	0,09
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m ² .ano]	4,92

Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt)

Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas, N_i [kWh/m ² .ano]	100,72
Necessidades Nominais de Arrefecimento Máximas, N_v [kWh/m ² .ano]	18,00
Necessidades Máx. Nominais para preparação de AQS, N_a [kWh/m ² .ano]	21,77
Neces. máx. globais de anuais nominais de energia primária, N_t [kgep/m ² .ano]	3,81
	≥
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m ² .ano]	4,92