

CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

Estudo de Sensibilidade Sobre Vãos
Envidraçados

RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

FEVEREIRO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por:

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais

O sucesso sempre foi a criação da ousadia

Voltaire

AGRADECIMENTOS

Com o desenvolvimento da realização deste trabalho senti o apoio imprescindível de pessoas sem as quais a sua conclusão teria sido muito mais árdua, pessoas às quais não quero deixar de agradecer.

Aos meus pais e irmã, pela paciência, força e suporte que sempre me propiciaram em todos os momentos, especialmente nos mais difíceis.

À Ana Luísa, pela constante motivação, apoio e afecto.

A todos os verdadeiros amigos, vocês sabem quem são, pelo ânimo e confiança.

E, por fim mas não por último, à Professora Doutora Helena Corvacho, minha orientadora científica, pela total disponibilidade, apoio e incentivo com que orientou ao longo destes meses.

RESUMO

O presente estudo foi realizado no âmbito da especialização em Construções Civas do Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, e assenta em dois objectivos principais.

O primeiro objectivo prende-se com o fortalecimento do conhecimento acerca da certificação energética de edifícios existentes, numa altura em que esta assume um papel muito relevante com o início da aplicação do sistema de certificação de edifícios (SCE) a este tipo de fracções em Portugal.

O segundo objectivo, inerentemente ligado ao primeiro, vai de encontro ao estudo mais aprofundado dos vãos envidraçados de modo a se proporcionar um maior conhecimento deste elemento da envolvente exterior, conferindo uma maior facilidade na sua análise e na melhoria das suas soluções presentes em edifícios existentes.

Para materializar o cumprimento destes objectivos o presente estudo dividiu-se em seis capítulos implícitos em quatro partes diferentes.

Na primeira parte, que integra os dois primeiros capítulos, são abordados assuntos fundamentais para um enquadramento na temática relativa ao estudo desenvolvido.

Na segunda parte, que integra os terceiro e quarto capítulos, é elaborada e descrito o processo de certificação energética de três fracções existentes de épocas diferentes, com soluções construtivas muito distintas.

Na terceira parte, que integra o quinto capítulo, o estudo debruça-se sobre os vãos envidraçados das mesmas três fracções e é elaborado um estudo de sensibilidade de modo a conhecer-se melhor as soluções existentes em cada uma delas e posteriormente estudadas alternativas, do ponto de vista térmico e económico.

Na quarta e última parte, que integra o sexto capítulo, elaborou-se um comentário crítico com base nos temas desenvolvidos no decorrer do estudo.

PALAVRAS-CHAVE: certificação energética, edifícios existentes, vãos envidraçados, coeficiente de transmissão térmica, factor solar.

ABSTRACT

The present research was performed under the specialization in Civil Construction of the Integrated Master's degree in Civil Engineering of the Faculty of Engineering of University of Porto, and it is based in two main goals.

The aim of the first goal is the invigoration of the knowledge about the energetic certification of existing buildings, as it will assume a very relevant role due to the beginning of the application of the system of certification of buildings in existent buildings in Portugal.

The aim of the second goal, inherently linked to the first, it's the further study of the glazed areas in order to provide a larger knowledge of the subject, to reach an easier analysis and an improvement of the present solutions in existent constructions.

To materialize the execution of these goals, the present research was divided in six chapters implicit in four different parts.

In the first part, which integrates the first two chapters, fundamental themes are approached for a thematic framework in the aim of the developed research.

In the second part, which integrates the third and the fourth chapters, it's elaborated and described the process of the energetic certification of three existent buildings constructed in different periods, with very different constructive solutions.

In the third part, which integrates the fifth chapter, the study leans over on the glazed areas of the same three existent buildings, and a sensibility study is elaborated in order to provide a better knowledge of the existent solutions in each building, and subsequently studied several alternatives, in a thermal and economical perspective.

In the fourth and last part, which integrates the sixth chapter, a critical comment was elaborated based in the themes developed in the elapsing of the study.

KEYWORDS: energetic certification, existent buildings, glazed areas, thermal transmission coefficient, solar factor.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.1.1. PROTOCOLO DE QUIOTO	1
1.1.2. O PROGRAMA E4.....	1
1.1.3. O P3E, A IMPLEMENTAÇÃO DO RCCTE (VERSÃO 2006) E A APLICAÇÃO A EDIFÍCIOS EXISTENTES	2
1.2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO E OBJECTIVOS	3
2. ESTADO DA ARTE	5
2.1. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS NO ÂMBITO DO RCCTE (VERSÃO 1990)	5
2.1.1. A ENTRADA EM VIGOR DO RCCTE (VERSÃO 1990)	5
2.1.2. AS CARACTERÍSTICAS DO RCCTE (VERSÃO 1990).....	5
2.1.3. AS MAIS-VALIAS APÓS MAIS DE UMA DÉCADA	6
2.2. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS NO ÂMBITO DO RCCTE (VERSÃO 2006)	6
2.2.1. A NECESSIDADE DE ACTUALIZAÇÃO	6
2.2.2. A DIRECTIVA EUROPEIA	7
2.2.3. O RCCTE (VERSÃO 2006) E AS SUAS PARTICULARIDADES	8
2.2.4. AS MEDIDAS A TER EM CONTA	8
2.2.5. OS OBJECTOS DE SATISFAÇÃO REGULAMENTAR	9
2.2.6. O PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO.....	9
2.2.7. A CALENDARIZAÇÃO	10
2.2.8. OUTRAS VANTAGENS DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA	10
2.3. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES NO ÂMBITO DO RCCTE	11
2.3.1. A NECESSIDADE E ÂMBITO DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES	11
2.3.2. A NOTA TÉCNICA DA ADENE COMO MÉTODO DE CÁLCULO.....	11
2.3.3. AS SIMPLIFICAÇÕES DA NOTA TÉCNICA DA ADENE.....	12
2.3.4. AS CLASSES ENERGÉTICAS.....	12
2.3.5. REGRAS PRÁTICAS E RECOMENDAÇÕES	13

3. PARÂMETROS E INDICADORES UTILIZADOS	15
3.1. REGULAMENTAÇÃO UTILIZADA	15
3.2. VALORES LIMITE	15
3.2.1. NECESSIDADES DE AQUECIMENTO	15
3.2.2. NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO.....	16
3.2.3. NECESSIDADES DE ENERGIA PARA A PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS	16
3.2.4. NECESSIDADES GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA	16
3.3. VALORES DE CÁLCULO	17
3.3.1. NECESSIDADES DE AQUECIMENTO	17
3.3.1.1. Perdas Pela Envolvente Exterior (Q_{ext}) e Envolvente Interior (Q_{Ina}).....	18
3.3.1.2. Perdas Pela Envolvente em Contacto Com o Terreno (Q_{pe}).....	18
3.3.1.3. Pontes Térmicas Lineares (Q_{pt}).....	19
3.3.1.4. Perdas Pela Renovação do Ar (Q_v).....	19
3.3.1.5. Ganhos Solares Brutos (Q_s)	20
3.3.1.6. Ganhos Internos Brutos (Q_i).....	20
3.3.2. NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO.....	20
3.3.2.1. Ganhos Através da Envolvente (Q_1).....	21
3.3.2.2. Ganhos Directos dos Vãos (Q_2)	21
3.3.2.3. Ganhos Resultantes da Renovação do Ar (Q_3).....	21
3.3.2.4. Ganhos térmicos internos (Q_4)	22
3.3.3. NECESSIDADES DE ENERGIA PARA A PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS	22
3.3.4. NECESSIDADES GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA	23
3.4. PARÂMETROS TÉRMICOS	23
3.4.1. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA.....	23
3.4.2. FACTOR SOLAR.....	24
3.4.3. FACTOR DE SOMBREAMENTO.....	24
3.4.4. INÉRCIA TÉRMICA	25
4. CARACTERIZAÇÃO DE ELEMENTOS DAS FRACÇÕES EM ESTUDO	27
4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS FRACÇÕES	28
4.1.1. HABITAÇÃO 1	28

4.1.2. HABITAÇÃO 2.....	29
4.1.3. HABITAÇÃO 3.....	31
4.2. ANÁLISE DA ENVOLVENTE EXTERIOR	32
4.2.1. HABITAÇÃO 1.....	32
4.2.1.1. Paredes	32
4.2.1.2. Pontes Térmicas Planas.....	33
4.2.1.3. Vãos Envidraçados.....	33
4.2.2. HABITAÇÃO 2.....	37
4.2.2.1. Paredes	37
4.2.2.2. Pontes Térmicas Planas.....	37
4.2.2.3. Vãos Envidraçados.....	38
4.2.3. HABITAÇÃO 3.....	41
4.2.3.1. Paredes	41
4.2.3.2. Pontes Térmicas Planas.....	43
4.2.3.3. Pavimentos	44
4.2.3.4. Vãos Envidraçados.....	44
4.3. ANÁLISE DA ENVOLVENTE INTERIOR	49
4.3.1. HABITAÇÃO 1.....	49
4.3.1.1. Pavimentos	49
4.3.1.2. Coberturas	50
4.3.2. HABITAÇÃO 2.....	51
4.3.2.1. Paredes	51
4.3.2.2. Coberturas	51
4.3.3. HABITAÇÃO 3.....	52
4.3.3.1. Paredes	52
4.3.3.2. Coberturas	52
4.3.3.3. Pavimentos	54
4.3.3.4. Vãos Envidraçados.....	55
4.4. ANÁLISE DE PONTES TÉRMICAS LINEARES E DE ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO ..	55
4.4.1. HABITAÇÃO 1.....	55
4.4.1.1. Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda ($\psi=0,75W/m.^{\circ}C$)	55
4.4.2. HABITAÇÃO 2.....	56
4.4.2.1. Pavimento em Contacto com o Solo com Cota Igual ou Superior ao Terreno ($\psi=2,5W/m.^{\circ}C$)	56

4.4.2.2. Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda ($\psi=0,75W/m.^{\circ}C$).....	56
4.4.3. HABITAÇÃO 3.....	56
4.4.3.1. Pavimento em Contacto com o Solo com Cota Igual ou Superior ao Terreno ($\psi=2,5W/m.^{\circ}C$)	56
4.4.3.2. Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda ($\psi=0,75W/m.^{\circ}C$).....	56
4.4.3.3. Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda (Separação de Espaços Não Úteis) ($\psi=0,75W/m.^{\circ}C$).....	56
4.5. CARACTERIZAÇÃO DE ESPAÇOS NÃO ÚTEIS.....	56
4.5.1. HABITAÇÃO 1.....	56
4.5.1.1. Desvão Não Ventilado.....	56
4.5.1.2. Garagem.....	56
4.5.2. HABITAÇÃO 2.....	57
4.5.2.1. Desvão Não Ventilado.....	57
4.5.3. HABITAÇÃO 3.....	57
4.5.3.1. Desvão Não Ventilado.....	57
4.5.3.2. Adegas.....	57
4.5.3.3. Capoeira.....	57
4.5.3.4. Curral.....	57
4.5.3.5. Chaminé.....	57
4.6. INÉRCIA TÉRMICA.....	58
4.6.1. HABITAÇÃO 1.....	58
4.6.2. HABITAÇÃO 2.....	58
4.6.3. HABITAÇÃO 3.....	58
4.7. AQUECIMENTO DAS ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS.....	59
4.7.1. HABITAÇÃO 1.....	59
4.7.2. HABITAÇÃO 2.....	59
4.7.3. HABITAÇÃO 3.....	60
4.8. VENTILAÇÃO.....	60
4.8.1. HABITAÇÃO 1.....	60
4.8.2. HABITAÇÃO 2.....	61
4.8.3. HABITAÇÃO 3.....	61
4.9. SISTEMAS DE AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO.....	62
4.10. CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DAS FRACÇÕES.....	62
4.10.1. HABITAÇÃO 1.....	62

4.10.2. HABITAÇÃO 2.....	62
4.10.3. HABITAÇÃO 3.....	62

5. ESTUDO DE SENSIBILIDADE SOBRE VÃOS ENVIDRAÇADOS.....

5.1. CARACTERÍSTICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS.....

5.1.1. ÁREA.....

5.1.2. ORIENTAÇÃO E OBSTRUÇÃO.....

5.1.3. CAIXILHARIA.....

5.1.3.1. Caixilharia em Madeira.....

5.1.3.2. Caixilharia em Alumínio.....

5.1.3.3. Caixilharia em PVC.....

5.1.4. VIDRO.....

5.1.5. PROTECÇÃO SOLAR.....

5.2. CLASSIFICAÇÃO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS EXISTENTES.....

5.2.1. ORIENTAÇÃO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS E SOMBREAMENTOS.....

5.2.1.1. Habitação 1.....

5.2.1.2. Habitação 2.....

5.2.1.3. Habitação 3.....

5.2.2. NÍVEL DE QUALIDADE DA TRANSMISSÃO TÉRMICA DOS VIDROS.....

5.2.2.1. Habitação 1.....

5.2.2.2. Habitação 2.....

5.2.2.3. Habitação 3.....

5.2.2.4. Análise Geral.....

5.2.3. NÍVEL DE QUALIDADE DAS PROTECÇÕES SOLARES.....

5.2.3.1. Habitação 1.....

5.2.3.2. Habitação 2.....

5.2.3.3. Habitação 3.....

5.2.4. CLASSIFICAÇÃO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS COM BASE NO FACTOR SOLAR, NA ÁREA DE ENVIDRAÇADO E NA ÁREA DE SUPERFÍCIE DO COMPARTIMENTO.....

5.2.4.1. Habitação 1.....

5.2.4.2. Habitação 2.....

5.2.4.3. Habitação 3.....

5.3. POSSÍVEIS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS A APLICAR.....

5.3.1. ANÁLISE ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE CAIXILHARIAS	87
5.3.1.1. Habitação 1	88
5.3.1.2. Habitação 2	89
5.3.1.3. Habitação 3	90
5.3.2. ANÁLISE TÉRMICA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE VIDROS	91
5.3.2.1. Habitação 1	92
5.3.2.2. Habitação 2	95
5.3.2.3. Habitação 3	98
5.3.2.4. Análise Geral	100
5.3.3. CLASSIFICAÇÃO EWERS	101
5.3.4. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA Vs. FACTOR SOLAR	105
5.3.4.1. Habitação 1	106
5.3.4.2. Habitação 2	106
5.3.4.3. Habitação 3	106
5.3.4.4. Análise Geral	107
5.3.5. ANÁLISE ECONÓMICA DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE VIDROS	107
5.3.5.1. Habitação 1	108
5.3.5.2. Habitação 2	108
5.3.5.3. Habitação 3	108
5.3.5.4. Análise Geral	109
5.3.6. RETORNO DO INVESTIMENTO APLICADO	110
5.3.6.1. Habitação 1	111
5.3.6.2. Habitação 2	113
5.3.6.3. Habitação 3	114
5.3.7. ANÁLISE DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE PROTECÇÕES SOLARES OPACAS	115
5.3.7.1. Habitação 1	116
5.3.6.2. Habitação 2	116
5.3.6.3. Habitação 3	116
5.3.8. A INFLUÊNCIA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS APLICADAS AOS VÃOS ENVIDRAÇADOS	118
6. CONCLUSÃO	119
6.1. ESTUDO DESENVOLVIDO	119
6.2. PERSPECTIVAS FUTURAS	121

BIBLIOGRAFIA..... 123

ANEXOS 125

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1.1. – Consumo de energia final e energia eléctrica	2
Fig.1.2. – Emissões de CO ₂ nos edifícios residenciais	2
Fig.1.3. – Calendarização da aplicação do RCCTE.....	3
Fig.2.1. – Consumo de energia nos edifícios residenciais	6
Fig.2.2. – Exemplo de certificado de desempenho energético	10
Fig.2.3. – Classes Energéticas	13
Fig.4.1. – Habitação 1.....	28
Fig.4.2. – Habitação 2.....	29
Fig.4.3. – Habitação 3.....	31
Fig.4.4. – Parede exterior Pext 1 da habitação 1	32
Fig.4.5. – Obstruções no horizonte da habitação 1.....	33
Fig.4.6. – Obstruções horizontais da habitação 1	34
Fig.4.7. – Obstruções verticais da habitação 1	34
Fig.4.8. – Vãos envidraçados Env 1 da habitação 1	34
Fig.4.9. – Vãos envidraçados Env 2 (vidro incolor) da habitação 1	35
Fig.4.10. – Vãos envidraçados Env 2 (vidro colorido) da habitação 1	36
Fig.4.11. – Vãos envidraçados Env 3 da habitação 1	36
Fig.4.12. – Parede exterior Pext 1 da habitação 2	37
Fig.4.13. – Obstruções no horizonte da habitação 2.....	38
Fig.4.14. – Obstruções horizontais da habitação 2	38
Fig.4.15. – Obstruções verticais da habitação 2	38
Fig.4.16. – Vãos envidraçados Env 1 (cortinas muito transparentes) da habitação 2.....	39
Fig.4.17. – Vãos envidraçados Env 1 (cortinas transparentes) da habitação 2	39
Fig.4.18. – Vãos envidraçados Env 2 (cortinas muito transparentes) da habitação 2	40
Fig.4.19. – Vãos envidraçados Env 2 (cortinas transparentes) da habitação 2	41
Fig.4.20. – Parede exterior Pext 1 da habitação 3.....	41
Fig.4.21. – Parede exterior Pext 2 da habitação 3	42
Fig.4.22. – Parede exterior Pext 3 da habitação 3	43
Fig.4.23. – Pavimento exterior Pav1 da habitação 3.....	44
Fig.4.24. – Obstruções no horizonte da habitação 3.....	44
Fig.4.25. – Obstruções horizontais da habitação 3	45

Fig.4.26. – Obstruções verticais da habitação 3	45
Fig.4.27. – Vãos envidraçados Env 1 da habitação 3.....	45
Fig.4.28. – Vãos envidraçados Env 2 da habitação 3.....	46
Fig.4.29. – Vãos envidraçados Env 3 da habitação 3.....	47
Fig.4.30. – Vãos envidraçados Env 4 (vidro colorido) da habitação 3.....	48
Fig.4.31. – Vãos envidraçados Env 4 (vidro incolor) da habitação 3.....	48
Fig.4.32. – Vão envidraçado horizontal da habitação 3.....	49
Fig.4.33. – Pavimento interior Pav 1 da habitação 1	49
Fig.4.34. – Cobertura interior Cob1 da habitação 1	50
Fig.4.35. – Cobertura interior Cob1 da habitação 2.....	51
Fig.4.36. – Parede interior Pint1 da habitação 3.....	52
Fig.4.37. – Cobertura interior Cob 1 da habitação 3.....	52
Fig.4.38. – Cobertura interior Cob 2 da habitação 3.....	53
Fig.4.39. – Solução construtiva semelhante à cobertura interior Cob 2 da habitação 3	53
Fig.4.40. – Pavimento interior Pav 2 da habitação 3	54
Fig.4.41. – Envidraçado interior da habitação 3.....	55
Fig.4.42. – Perspectiva interior da habitação 1.....	58
Fig.4.43. – Perspectiva interior da habitação 2.....	58
Fig.4.44. – Perspectiva interior da habitação 3.....	58
Fig.4.45. – Sistema de aquecimento das águas quentes sanitárias da habitação 1.....	59
Fig.4.46. – Sistema de aquecimento das águas quentes sanitárias da habitação 2.....	60
Fig.4.47. – Sistema de aquecimento das águas quentes sanitárias da habitação 3.....	60
Fig.4.48. – Valores do parâmetro R correspondentes a cada classe energética	62
Fig.5.1. – Caixilharia em madeira.....	66
Fig.5.2. – Caixilharia em alumínio	67
Fig.5.3. – Pormenor do corte térmico em poliamida	67
Fig.5.4. – Caixilharia em PVC	68
Fig.5.5. – Radiação incidente vs. radiação transmitida	70
Fig.5.6. – Variação do coeficiente de transmissão térmica com o aumento da lâmina de ar.....	71
Fig.5.7. – Protecções solares horizontais projectadas.....	72
Fig.5.8. – Protecções solares em estores ajustáveis.....	72
Fig.5.9. – Protecções solares em toldos e ecrãs	72
Fig.5.10. – Protecções solares verticais e mistas ajustadas	72

Fig.5.11. – Protecções solares totais ajustáveis	73
Fig.5.12. – Factor solar de protecções exteriores e interiores	73
Fig.5.13. – Desempenho de protecções interiores e exteriores.....	74
Fig.5.14. – Orientações adoptadas para o estudo	75
Fig.5.15. – Protecções solares dos tipos de vãos envidraçados da habitação 1	80
Fig.5.16. – Protecções solares dos tipos de vãos envidraçados da habitação 2	81
Fig.5.17. – Protecções solares dos tipos de vãos envidraçados da habitação 3	83
Fig.5.18. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 1	94
Fig.5.19. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 2	97
Fig.5.20. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 2	100
Fig.5.21. – Permeabilidade ao ar correspondente a caixilharias de diferentes classes	102
Fig.5.22. – Variação das necessidades globais de cálculo das soluções propostas relativamente à solução 1	104
Fig.5.23. – Variação da classificação EWERS das soluções propostas relativamente à solução 1 ..	104
Fig.5.24. – Variação da classificação EWERS (modificada) das soluções propostas relativamente à solução 1	105
Fig.5.25. – Aumento do preço por kWh de energia.....	110
Fig.5.26. – Custo de energia aplicando as soluções propostas à habitação 1	111
Fig.5.27. – Custo de energia aplicando as soluções propostas à habitação 2	113
Fig.5.28. – Custo de energia aplicando as soluções propostas à habitação 3	114
Fig.5.29. – Impossibilidade de aplicação de portadas exteriores opacas na habitação 3	116
Fig.5.30. – Necessidades energéticas globais de cálculo aplicando vidro de alto desempenho e diferentes sistemas de AQS na habitação 3	118

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1. – Regras de simplificação para perdas pela envolvente em contacto com o terreno	18
Quadro 3.2. – Regras de simplificação para pontes térmicas lineares.....	19
Quadro 3.3. – Regras de simplificação para factores de sombreamento na estação de aquecimento	24
Quadro 3.4. – Regras de simplificação para factores de sombreamento na estação de arrefecimento	25
Quadro 4.1. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 1 da habitação 1.....	35
Quadro 4.2. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 2 (vidro incolor) da habitação 1.....	35
Quadro 4.3. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 2 (vidro colorido) da habitação 1.....	36
Quadro 4.4. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 3 da habitação 1.....	36
Quadro 4.5. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 1 (cortinas muito transparentes) da habitação 2.....	39
Quadro 4.6. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 1 (cortinas transparentes) da habitação 2	40
Quadro 4.7. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 2 (cortinas muito transparentes) da habitação 2.....	40
Quadro 4.8. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 2 (cortinas transparentes) da habitação 2	41
Quadro 4.9. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 1 da habitação 3.....	46
Quadro 4.10. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 2 da habitação 3.....	46
Quadro 4.11. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 3 da habitação 3.....	47
Quadro 4.12. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 4 (vidro colorido) da habitação 3.....	48
Quadro 4.13. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 4 (vidro incolor) da habitação 3.....	48
Quadro 5.1. – Características da madeira	66
Quadro 5.2. – Características do alumínio.....	68
Quadro 5.3. – Características do PVC.....	69
Quadro 5.4. – Orientação dos vãos envidraçados na habitação 1	75
Quadro 5.5. – Orientação dos vãos envidraçados na habitação 2.....	76
Quadro 5.6. – Orientação dos vãos envidraçados na habitação 3.....	76
Quadro 5.7. – Coeficientes de transmissão térmica de referência	77
Quadro 5.8. – Coeficientes de transmissão térmica correspondentes aos níveis de qualidade	77
Quadro 5.9. – Nível de qualidade dos vidros da habitação 1	77
Quadro 5.10. – Nível de qualidade dos vidros da habitação 2	78
Quadro 5.11. – Nível de qualidade dos vidros da habitação 3	78

Quadro 5.12. – Factores solares máximos.....	79
Quadro 5.13. – Factores solares de referência.....	79
Quadro 5.14. – Factores solares correspondentes aos níveis de qualidade.....	79
Quadro 5.15. – Níveis de qualidade das protecções solares da habitação 1.....	80
Quadro 5.16. – Níveis de qualidade das protecções solares da habitação 2.....	81
Quadro 5.17. – Níveis de qualidade das protecções solares da habitação 3.....	82
Quadro 5.18. – Classe dos vãos envidraçados com base no factor solar, na área de envidraçado e na área do compartimento.....	84
Quadro 5.19. – Classe dos vãos envidraçados dos compartimentos da habitação 1.....	85
Quadro 5.20. – Classe dos vãos envidraçados dos compartimentos da habitação 2.....	86
Quadro 5.21. – Classe dos vãos envidraçados da habitação 3.....	86
Quadro 5.22. – Estimativa de preços de caixilharias na habitação 1.....	89
Quadro 5.23. – Estimativa de preços de caixilharias na habitação 2.....	90
Quadro 5.24. – Estimativa de preços de caixilharias na habitação 3.....	91
Quadro 5.25. – Soluções adoptadas para vidros de diferentes níveis de qualidade.....	92
Quadro 5.26. – Comportamento térmico no Inverno aplicando as soluções propostas na habitação 1.....	92
Quadro 5.27. – Comportamento térmico no Verão aplicando as soluções propostas na habitação 1.....	93
Quadro 5.28. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 1.....	94
Quadro 5.29. – Comportamento térmico no Inverno aplicando as soluções propostas na habitação 2.....	95
Quadro 5.30. – Comportamento térmico no Verão aplicando as soluções propostas na habitação 2.....	96
Quadro 5.31. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 2.....	96
Quadro 5.32. – Comportamento térmico no Inverno aplicando as soluções propostas na habitação 3.....	98
Quadro 5.33. – Comportamento térmico no Verão aplicando as soluções propostas na habitação 3.....	99
Quadro 5.34. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 3.....	100
Quadro 5.35. – Classificação EWERS das soluções propostas.....	103
Quadro 5.36. – Classificação EWERS (modificada) das soluções propostas.....	105
Quadro 5.37. – Coeficiente de transmissão térmica vs. factor solar na habitação 1.....	106
Quadro 5.38. – Coeficiente de transmissão térmica vs. factor solar na habitação 2.....	106
Quadro 5.39. – Coeficiente de transmissão térmica vs. factor solar na habitação 3.....	106

Quadro 5.40. – Encargos financeiros relativos à aplicação das soluções propostas.....	108
Quadro 5.41. – Encargos financeiros relativos à aplicação das soluções propostas na habitação 1.	108
Quadro 5.42. – Encargos financeiros relativos à aplicação das soluções propostas na habitação 2.	108
Quadro 5.43. – Encargos financeiros relativos à aplicação das soluções propostas na habitação 3.	109
Quadro 5.44. – Benefício da aplicação das soluções propostas na habitação 1	112
Quadro 5.45. – Benefício da aplicação das soluções propostas na habitação 2	113
Quadro 5.46. – Benefício da aplicação das soluções propostas na habitação 3	115
Quadro 5.47. – Comportamento térmico no Verão aplicando portadas interiores claras na habitação 3	117
Quadro 5.48. – Classificação energética aplicando portadas interiores claras na habitação 3	117

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

GEE – Gases responsáveis pelo aumento do efeito estufa

CO₂ – Dióxido de carbono

E4 – Eficiência energética e energias endógenas

P3E – Programa nacional para a eficiência energética nos edifícios

RCCTE – Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios

SCE – Sistema de certificação de edifícios

ADENE – Agência para a energia

N_{ic} – Necessidades nominais de aquecimento (kWh/m².ano)

N_i – Necessidades de aquecimento de referência (kWh/m².ano)

N_{vc} – Necessidades nominais de arrefecimento (kWh/m².ano)

N_v – Necessidades de arrefecimento de referência (kWh/m².ano)

N_{ac} – Necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (kWh/m².ano)

N_a – Necessidades de energia útil para produção de águas quentes sanitárias de referência (kWh/m².ano)

N_{tc} – Necessidades nominais globais de energia primária (kgep/m².ano)

N_t – Necessidades globais de energia primária de referência (kgep/m².ano)

U – Coeficiente de transmissão térmica (W/m².°C)

DCR – Declaração de conformidade regulamentar

CE – Certificado energético e da qualidade do ar interior

E_{solar} – Contribuição de sistemas de colectores solares para a produção de águas quentes sanitárias

E_{ren} – Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis

AQS – Águas quentes sanitárias

FF – Factor de forma

GD – Graus dia

M_{AQS} – Consumo médio diário de referência de AQS

η_d – número anual de dias de consumo de AQS

A_p – é a área útil de pavimento

Q_{ext} – Perdas através da envolvente em contacto com o exterior (kWh)

Q_{ina} – Perdas através da envolvente em contacto com locais não aquecidos (kWh)

Q_{pe} – Perdas através da envolvente em contacto com o terreno (kWh)

Q_{pt} – Perdas através das pontes térmicas lineares (kWh)

Q_v – Perdas por renovação de ar (kWh)

Q_s – Ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados (kWh)

Q_i – Ganhos internos brutos (iluminação, equipamento, ocupantes) (kWh)

η – Factor de utilização dos ganhos térmicos

τ – Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos

ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear do elemento em contacto com o terreno ou com a ponte térmica linear ($W/m \cdot ^\circ C$)

B – Desenvolvimento (medido pelo interior) do elemento em contacto com o terreno ou com a ponte térmica linear (m)

P_d – Pé direito (m)

η_v - Rendimento do eventual sistema de recuperação de calor

E_v - Valor médio mensal da energia eléctrica consumida pelo eventual sistema mecânico de ventilação (kWh)

P_v – Somatório das potências eléctricas dos ventiladores instalados (W)

M – Duração convencional da estação de aquecimento (meses)

G_{Sul} – Energia solar média mensal incidente ($kWh/m^2 \cdot mês$)

X – Factor de orientação

g_v - Factor solar do vidro

g_{\perp}' – Factor solar da protecção opaca

$g_{\perp}'_{int}$ – Factor solar da protecção interior não opaca

F_g – Fração envidraçada

F_w – Factor de correcção devido à variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar

F_s – Factor de sombreamento

F_h – Factor de sombreamento pelo horizonte

F_0 – Factor de sombreamento por elementos horizontais (palas, varandas)

F_f – Factor de sombreamento por elementos verticais (palas verticais, próprio edifício ou outros corpos)

Q_1 – Ganhos de calor por condução através envolvente (kWh);

Q_2 – Ganhos directos dos vãos (kWh);

Q_3 – Ganhos de calor resultantes da renovação de ar (kWh);

Q_4 – Ganhos térmicos internos (kWh);

α – Coeficiente de absorção solar da superfície exterior do elemento da envolvente

I_r – Energia solar incidente por orientação ($kWh/m^2 \cdot mês$)

h_e – Condutância térmica da superfície exterior ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

θ_i - Temperatura interior de referência de verão ($^{\circ}\text{C}$)

θ_{atm} - Temperatura média do ar exterior ($^{\circ}\text{C}$);

R_{ph} – Número de renovações horárias do ar interior (h^{-1})

q_i - Ganhos térmicos internos médios por unidade de área de pavimento útil (W/m^2)

Q_a – Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS

η_a – Eficiência dos sistemas de preparação de AQS

R – Resistência térmica ($\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{W}$)

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

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

ES – Espectralmente selectivos

ISE – Índice de selectividade espectral

Low-E – Vidro de baixa emissividade

ζ – Transmitância

LFC – Laboratório de física das construções

EWERS – European window energy rating system

EDP – Energias de Portugal

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

1.1.1. PROTOCOLO DE QUIOTO

Com o aumento constante e incontrolado do consumo energético que se tem vindo a verificar com o avançar dos anos no nosso planeta, surgiu a necessidade de agir globalmente.

Nesse âmbito surge o Protocolo de Quioto, o qual veio impor um tecto nas emissões para a atmosfera de CO₂ e outros gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa (GEE) que contribuem para o aquecimento global.

Cada Estado signatário do Protocolo obrigou-se a tomar as medidas necessárias para limitar a produção de gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa no seu território. Para isso, impôs-se a criação de mecanismos de actuação, definindo políticas de curto e médio prazo que reduzam as emissões daqueles gases, de tal modo que os níveis de emissão no período de cumprimento 2008-2012 sejam a redução de 5,2% em relação aos níveis do ano de 1990.

1.1.2. O PROGRAMA E4

No nosso país, através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001, de 19 de Outubro, o governo português adoptou formalmente o Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Endógenas).

O objectivo deste programa visa "...a promoção da eficiência energética e da valorização das energias endógenas, contribuir para a melhoria da competitividade da economia portuguesa e para a modernização da nossa sociedade, salvaguardando simultaneamente a qualidade de vida das gerações vindouras pela redução de emissões, em particular do CO₂, responsável pelas alterações climáticas" [16].

O Programa E4 assumiu-se, assim, como um instrumento de primordial importância na estratégia para as alterações climáticas, dando um contributo decisivo no sentido do cumprimento das obrigações que Portugal assumiu ao subscrever o Protocolo de Quioto.

Com isto surgiu a necessidade de actuar no campo da energia eléctrica, mais concretamente ao nível dos edifícios, de onde são provenientes grandes consumos. Em Portugal, tanto os edifícios residenciais como os de serviços, são responsáveis por cerca de 30% do consumo de energia final e cerca de 60% do consumo eléctrico.

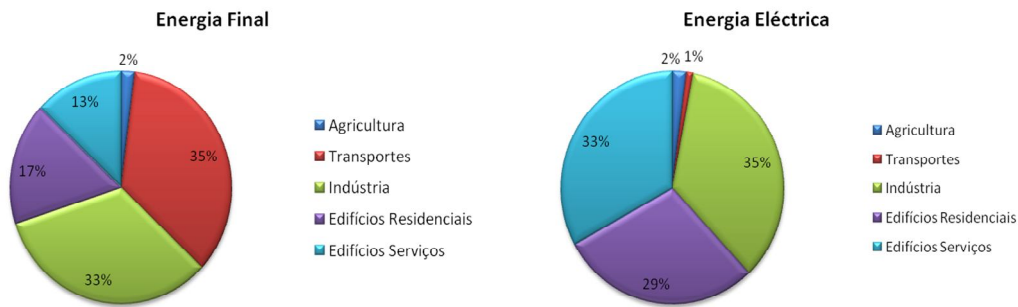


Fig.1.1. - Consumo de energia final e energia eléctrica [16]

O Programa E4 sem ficar indiferente, apontou um vasto conjunto de medidas que visam, nomeadamente [16]:

- Promover a melhoria da eficiência energética nos edifícios, ou a utilização racional de energia, cobrindo todos os tipos de consumo, desde a preparação de água quente sanitária (utilização básica de maior consumo nos edifícios residenciais), passando pela iluminação e pelos equipamentos e electrodomésticos, sem esquecer a melhoria da envolvente tendo em conta o impacto desta nos consumos de climatização (aquecimento, arrefecimento e ventilação) para assegurar o conforto ambiente;
- Promover o recurso às energias endógenas nos edifícios, criando os meios e instrumentos que facilitam a penetração das energias renováveis e das novas tecnologias energéticas, incluindo o estabelecimento das condições para a ligação destes pequenos produtores de electricidade em baixa tensão à rede eléctrica nacional.

1.1.3. O P3E, A IMPLEMENTAÇÃO DO RCCTE (VERSÃO 2006) E A APLICAÇÃO A EDIFÍCIOS EXISTENTES

Emergindo do E4, surge então o Programa Nacional Para a Eficiência Energética nos Edifícios (P3E) com o objectivo de contribuir para o aumento da eficiência energética em edifícios em Portugal, diminuindo-se as emissões de gases do efeito estufa (GEE) através do desenvolvimento, de uma forma integrada e coerente, do vasto leque de medidas do E4 com incidência nos edifícios.

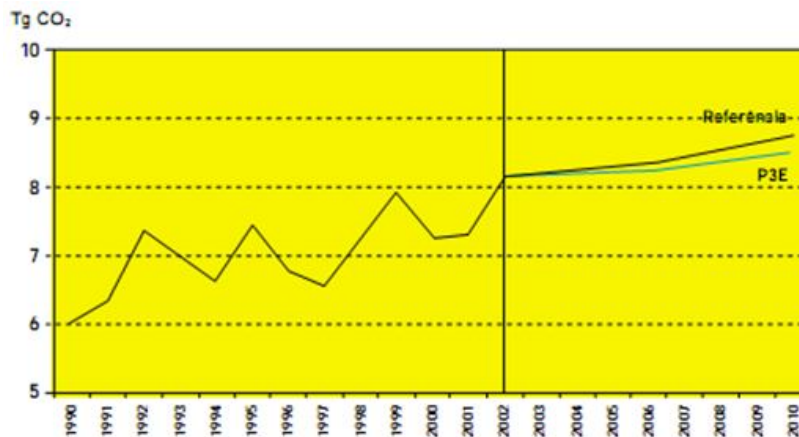


Fig.1.2. - Emissões de CO₂ nos edifícios residenciais

Uma dessas contribuições, enquadradas nas linhas orientadoras do programa, foi a revisão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [1], o qual já datava de 1991, de modo a criar-se uma verificação térmica mais efectiva.

Com uma exigência muito maior em relação à prévia edição, esta versão mais recente assenta num ciclo relativo ao faseamento da sua aplicação, contemplando em cada uma destas fases diferentes tipos de edifícios.



Fig.1.3. – Calendarização da aplicação do RCCTE [30]

É neste último grupo de edifícios, onde se inicia a aplicação do sistema de certificação de edifícios (SCE) a edifícios existentes, aquando da celebração de contratos de venda e de locação incluindo o arrendamento, que se situa o âmbito deste estudo, com o intuito de contribuir para uma clarificação da abordagem aos edifícios nesta nova etapa da certificação energética.

1.2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO E OBJECTIVOS

O presente relatório dividiu-se em seis capítulos, cada um incidindo em objectivos particulares mas culminando todos no propósito de facilitar a certificação energética de edifícios existentes proporcionando na parte final uma abordagem mais específica relativa aos vãos envidraçados.

- No capítulo 1, procede-se a um pequeno enquadramento através de uma abordagem superficial de factos que influenciaram o tema em estudo e descritos os assuntos tratados, assim como delineados objectivos para cada uma das partes.

Tem como objectivo proporcionar uma clarificação do que irá ser estudado no desenvolvimento do presente relatório e contextualizar o assunto abordado.

- No capítulo 2, elabora-se uma abordagem ao Regulamento de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [1] [2], desde o seu surgimento até à versão utilizada no presente, culminando com uma exposição do âmbito da Nota Técnica [3] recentemente publicada pela ADENE, como método de cálculo para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE.

Tem como objectivo uma descrição de como tem vindo a ser feita a certificação energética e proporcionar o enquadramento desta com os edifícios existentes.

- No capítulo 3, expõe-se e descreve-se separadamente os indicadores utilizados no cálculo com base no RCCTE [2] e na Nota Técnica [3] como método de cálculo para a certificação energética de edifícios existentes, publicada pela ADENE.

Tem como objectivo fornecer informação sobre os indicadores posteriormente utilizados.

- No capítulo 4, está presente a caracterização dos elementos das três fracções em estudo de modo a possibilitar a sua certificação energética.

Tem como objectivo a explicação e fundamentação das opções adoptadas relativamente às soluções presentes em cada uma das três fracções no seu cálculo térmico.

- No capítulo 5, elabora-se um estudo de sensibilidade relativo aos vãos envidraçados, onde são avaliadas termicamente as soluções presentes nas três habitações e estudadas alternativas que podem eventualmente ser implementadas futuramente, com vista a um melhoramento do comportamento térmico da parte da envolvente exterior em estudo.

Tem como objectivos: conceder um maior conhecimento acerca dos vãos envidraçados; para as três fracções em estudo proporcionar uma avaliação das soluções existentes através da aplicação de classificações; apresentar alternativas para os diferentes elementos dos vãos envidraçados contemplando uma análise económica; verificar eventuais reduções relativas às necessidades energéticas com a aplicação de soluções alternativas; avaliar o período de retorno associado a cada uma das soluções apresentadas.

- No capítulo 6, estão presentes as conclusões que este estudo foi proporcionando ao longo do seu desenvolvimento.

Tem como objectivo relatar de forma sucinta as conclusões retiradas e procurar promover possíveis direcções a percorrer no âmbito do estudo da certificação energética de edifícios existentes e dos vãos envidraçados.

2

ESTADO DA ARTE

2.1. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS NO ÂMBITO DO RCCTE (VERSÃO 1990)

2.1.1. A ENTRADA EM VIGOR DO RCCTE (VERSÃO 1990)

Na área dos edifícios entrou em vigor em Portugal, no ano de 1991, o RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios), Decreto-Lei nº 40/90, de 6 de Fevereiro [1]. Foi este o primeiro instrumento legal que em Portugal impôs requisitos ao projecto de novos edifícios e de grandes remodelações, de forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia, quer no Inverno, quer no Verão [2].

2.1.2. AS CARACTERÍSTICAS DO RCCTE (VERSÃO 1990)

Após um arranque gradual ao longo de alguns anos, o RCCTE [1] passou a constituir uma base de trabalho excelente. Nesta fase, como se tratavam das primeiras intervenções no sector, houve um cuidado especial em ter objectivos moderados e o regulamento não primava pela exigência, destacava-se por exigir apenas o cumprimento de grandes objectivos.

Tratava-se de um instrumento que procurou ser consensual e de fácil implementação, cuja obrigatoriedade para licenciamento introduzisse um interesse crescente na adopção de estratégias solares passivas e de conservação de energia.

Apesar de moderado, este regulamento reflectia a experiência adquirida noutros países, atendendo à especificidade climática do caso português, devido ao nosso país ter sido dos últimos países da União Europeia a dispor de um regulamento sobre esta matéria.

Com o objectivo de melhorar significativamente as condições de conforto térmico no interior de novos edifícios passou-se analisar explicitamente as estações de aquecimento e de arrefecimento. Isto de forma a propiciar um melhor aproveitamento da energia solar através da adopção de novas soluções construtivas e arquitectónicas, nomeadamente no que diz respeito à orientação e área de vãos envidraçados.

No período de Verão surgiu com o papel inovador, relativamente aos restantes regulamentos europeus, da imposição de requisitos de protecção solar dos vãos envidraçados de forma a limitar os ganhos provenientes do exterior. Para além disso estabeleceu ainda requisitos mínimos de qualidade térmica, dependentes da zona climática, ao nível dos coeficientes de transmissão térmica (U) dos elementos opacos da envolvente, onde contribuiu para uma utilização generalizada de isolamento térmico e inerente minimização de efeitos patológicos resultantes de condensações superficiais.

De modo a limitar potenciais consumos energéticos a versão de 1990 do RCCTE [1] recorreu à definição de dois parâmetros, as necessidades nominais de energia nas estações de aquecimento e de arrefecimento, parâmetros aos quais era impostos valores limite.

Assim, a versão de 1990 veio determinar:

- Necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}) \leq Necessidades de aquecimento de referência (N_i);
- Necessidades nominais de arrefecimento (N_{vc}) \leq Necessidades de arrefecimento de referência (N_v).

2.1.3. AS MAIS-VALIAS APÓS MAIS DE UMA DÉCADA

Hoje, praticamente todos os edifícios passaram a utilizar soluções construtivas muito melhores do ponto de vista térmico. Sobretudo, os utilizadores cada vez mais exigem-no. A "térmica", de que em 1990 praticamente ninguém falava, é um dos aspectos que é agora abordado rotineiramente no projecto e na construção, e os progressos são notórios [16].

Mais de uma dezena de anos passados verifica-se que o RCCTE [1] constituiu um marco significativo na melhoria da qualidade da construção em Portugal, havendo hoje uma prática quase generalizada de aplicação de isolamento térmico nos edifícios, incluindo nas zonas de clima mais ameno, numa prova de que o referido Regulamento conseguiu atingir e mesmo superar os objectivos a que se propunha associando-se a um grande impacto nos edifícios portugueses.

2.2. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS NO ÂMBITO DO RCCTE (VERSÃO 2006)

2.2.1. A NECESSIDADE DE ACTUALIZAÇÃO

Entretanto alguns dos pressupostos do RCCTE [1], tal como definido em 1990, têm vindo a alterar-se.

Enquanto no final da década de 1980 eram poucos os edifícios que dispunham de meios activos de controlo das condições ambientes interiores, hoje em dia apresenta-se um cenário bastante diferente.

Verifica-se uma penetração muito significativa de equipamentos de climatização, com um número significativo de edifícios a preverem equipamentos de aquecimento e um maior recurso a equipamentos de ar condicionado de pequena dimensão. Resultando num grande crescimento dos consumos de energia no sector dos edifícios.

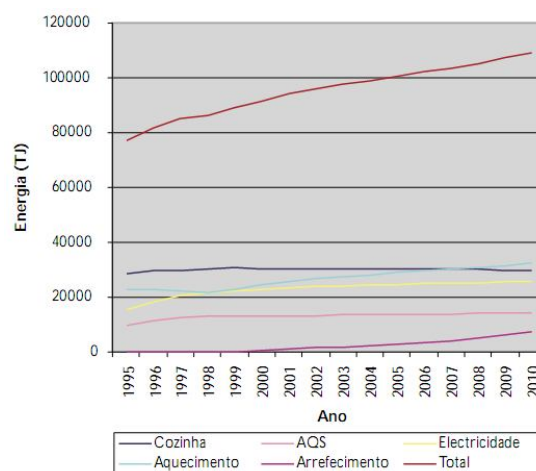


Fig.2.1. – Consumo de energia nos edifícios residenciais [16]

Tornou-se evidente a necessidade de tomar de medidas proactivas para fazer face a estas alterações a que os edifícios têm vindo a ser sujeitos, pois o cenário futuro não se perspectivava animador relativamente aos consumos dos edifícios residenciais.

Concluiu-se que era necessária uma contabilização mais realista de consumos que com muito maior frequência possam ocorrer, evoluindo na direcção de maiores exigências de qualidade térmica dos edifícios.

Assim, tornou-se oportuno ir de encontro aos objectivos do programa E4 e proceder à revisão do RCCTE [1], aumentando-se o grau de exigência e melhorando o desempenho energético de referência para os edifícios.

2.2.2. A DIRECTIVA EUROPEIA

Também a União Europeia, com objectivos semelhantes, publicou em 4 de Janeiro de 2003 a Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro [4], relativa ao desempenho energético dos edifícios a qual contempla cinco objectivos base orientados para a contenção dos consumos energéticos do sector [4].

- Aplicação de uma metodologia de cálculo adequada e actualizada do desempenho energético dos edifícios;
- Aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios;
- Aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação;
- Certificação energética dos edifícios;
- Inspecção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, a avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos.

De modo a garantir o seu cumprimento o mesmo documento veio estabelecer que os Estados Membros devem proceder à elaboração de regulamentos que conduzam à redução de consumos energéticos nos edifícios, bom como à sua revisão periódica de 5 em 5 anos.

Defende ainda a prioridade a ser dada a estratégias que contribuam para melhorar o comportamento térmico dos edifícios durante o Verão, e o desenvolvimento constante de técnicas de arrefecimento passivo, principalmente as que permitem melhorar a qualidade do ambiente interior e o microclima em torno dos edifícios.

Para além disso adoptou a obrigatoriedade da contabilização das necessidades de energia para preparação das águas quentes sanitárias, numa óptica de consideração de todos os consumos de energia importantes, com um objectivo específico de favorecimento da penetração dos sistemas de colectores solares ou outras alternativas renováveis.

Obrigatoriedade da instalação de colectores solares para a produção de água quente sanitária que veio abrir um amplo mercado para o desenvolvimento da energia solar renovável, contribuindo para a diminuição da poluição e da dependência energética.

Com esta imposição os consumidores podem beneficiar de melhores condições de conforto a custos mais baixos. A indústria tem uma nova oportunidade de desenvolvimento na produção de painéis, contadores e outros acessórios. Um novo sector de serviços tem condições para emergir, organizando a venda, a preços competitivos, de água quente solar aos consumidores [2].

2.2.3. O RCCTE (VERSÃO 2006) E AS SUAS PARTICULARIDADES

Surgiu por isso a versão de 2006 do RCCTE (Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril de 2006) [2], cuja aplicação se situa no âmbito das fracções autónomas de edifícios de habitação e de todos os novos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, de modo a que, sem dispêndio excessivo de energia, sejam satisfeitas as exigências relativas ao conforto térmico, à qualidade do ar no interior dos edifícios e às necessidades de águas quentes sanitárias.

A presente versão do Regulamento, à semelhança da versão de 1990, analisa em separado as estações de aquecimento e de arrefecimento, mantendo exigências em função de cada zona climática, tendo estas sido actualizadas com dados climáticos mais detalhados, assim como as metodologias adoptadas para o cálculo das necessidades de aquecimento e de arrefecimento, que possuem como base as normas europeias referenciadas na Directiva [4]. Neste contexto, foram fixadas condições ambientais de referência para cálculo dos consumos energéticos nominais, segundo padrões típicos admitidos como os médios prováveis.

Passou a ter também em conta novos parâmetros, tais como o factor de forma do edifício e a permeabilidade ao ar das caixilharias, e quantifica de uma forma mais detalhada o efeito das pontes térmicas lineares e planas, tendo em vista uma melhor avaliação da qualidade térmica do edifício.

O RCCTE de 2006 [2], seguindo a Directiva Europeia [4], implementou a obrigatoriedade, para todos os novos edifícios, do recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária. Em alternativa, prevê ainda o recurso a outras formas renováveis de energia com capacidade de captação equivalente numa base anual, que podem ser utilizadas para outros fins que não o do aquecimento de água se tal for mais eficiente ou conveniente [9].

A energia despendida para produção de águas quentes sanitárias também é tida em conta, assim como o tipo de sistema de aquecimento e de arrefecimento utilizados e respectivas fontes de energia primária, conduzindo a diferentes requisitos em função da eficiência dos equipamentos.

2.2.4. AS MEDIDAS A TER EM CONTA

Nesta mais recente versão do RCCTE [2], foram então aplicadas várias medidas:

- Actualizadas as características térmicas de referência para a envolvente dos edifícios, com base nos critérios de viabilidade económica indicados na Directiva Europeia [4] para a eficiência energética dos edifícios, que apontam para a adopção de todas as medidas de conservação de energia com período de recuperação de investimento de 8 anos ou inferior:

- Duplicação, na generalidade, das espessuras de isolamento em paredes, coberturas e pavimentos (ou seja, coeficientes de transmissão térmica pelo menos 40% melhores do que os previstos previamente);
- Adopção de vidros com melhor desempenho;
- Consideração do factor de forma do edifício, de modo a que edifícios com envolventes demasiado recortadas sejam forçados a adoptar um maior grau de isolamento para não excederem o nível regulamentar das necessidades nominais de energia para climatização.

- Necessidade da garantia da qualidade do ar interior, sendo impostas taxas de referência para a renovação do ar. As soluções construtivas adoptadas para os edifícios ou fracções autónomas, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, devem garantir a satisfação desses valores sob condições médias de funcionamento.

- Actualizada a metodologia de cálculo das necessidades energéticas de arrefecimento e aquecimento, havendo sido eliminadas algumas simplificações. Na presente versão do Regulamento estão contempladas:

- Contabilização do tipo de sistema de aquecimento e/ou arrefecimento utilizado e fontes de energia a que recorre;
- Contabilização da contribuição de sistemas solares passivos mais complexos que as janelas, únicos contemplados na prévia versão do RCCTE [1];
- Actualização da metodologia de cálculo das necessidades energéticas de arrefecimento com contabilização mais precisa dos ganhos solares através dos envidraçados, tendo em conta os sistemas de sombreamento utilizados e o respectivo padrão previsível de utilização;
- Contabilização, por imposição da Directiva Europeia [4], da energia dispendida para aquecimento de água sanitária tendo em conta a fonte energética utilizada para este fim, com um favorecimento para a água quente produzida por sistemas de colectores solares.

2.2.5. OS OBJECTOS DE SATISFAÇÃO REGULAMENTAR

Sintetizando, no âmbito da versão 2006 do RCCTE [2] são objecto de verificação os seguintes requisitos, no que se refere às características e desempenho dos edifícios:

Requisitos mínimos para a envolvente:

- Valores máximos admissíveis dos coeficientes de transmissão térmica superficiais de elementos opacos da envolvente;
- Nenhuma zona de ponte térmica plana pode ter um valor de coeficiente de transmissão térmica (U), superior ao dobro do valor do coeficiente de transmissão térmica (U) da zona corrente adjacente, respeitando sempre os valores máximos referidos no ponto anterior;
- Os vãos envidraçados, cuja área total seja superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, não podem apresentar um factor solar correspondente ao vão envidraçado com os dispositivos de protecção 100% activos, maior do que está definido no regulamento.

Valores limite para as necessidades energéticas:

- Limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento ($N_{ic} \leq N_i$);
- Limites das necessidades nominais de energia útil arrefecimento ($N_{vc} \leq N_v$);
- Limites das necessidades nominais de energia útil para preparação de água quente sanitária ($N_{ac} \leq N_a$);
- Limites das necessidades nominais globais de energia primária ($N_{ic} \leq N_t$).

2.2.6. O PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

O processo de certificação envolve um perito qualificado, o qual verifica a sua conformidade regulamentar e classifica-o segundo o desempenho energético, podendo 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.

Embora sejam documentos distintos a DCR e o CE obtêm-se através do mesmo processo de base, funcionando DCR como um “pré-certificado”.

Na prática, uma DCR tem o mesmo formato e tipo de conteúdos que um CE, com algumas diferenças a nível de apresentação final (nome e número do documento). A informação contida na DCR tem um carácter provisório, pois baseia-se em elementos e dados de projecto (incluindo classificação energética), passando a definitiva com a emissão do CE após verificação no final da obra.



Fig.2.2. – Exemplo de certificado de desempenho energético

2.2.7. A CALENDARIZAÇÃO

A implementação da versão 2006 tem vindo a ser feita faseadamente e assenta em diversos períodos de aplicação correspondente a diferentes tipos de edifícios:

- Início de aplicação do sistema de certificação de edifícios (SCE) [5], a novos grandes edifícios (>1000 m²) que tenham pedido licença ou autorização após 1 de Julho de 2007;
- Início de aplicação do sistema de certificação de edifícios (SCE) [5], a novos pequenos edifícios (<1000 m²) que tenham pedido licença ou autorização após 1 de Julho de 2007;
- Início de aplicação do sistema de certificação de edifícios (SCE) [5], a edifícios existentes, aquando da celebração de contratos de venda e de locação incluindo o arrendamento após 1 de Janeiro de 2009.

2.2.8. OUTRAS VANTAGENS DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

A certificação energética, para além de melhorar o desempenho energético dos edifícios, trouxe também outras mais-valias, como:

- Informar o utente, potencial proprietário ou locatário de um edifício ou fracção independente, sobre o desempenho energético e a qualidade do ar interior do imóvel que lhe é oferecido. As quais irão influenciar necessariamente os custos de funcionamento de sistemas para manutenção de um ambiente interior confortável, como a aquisição de combustíveis e electricidade para manter as

condições de conforto interior e a melhor ou pior qualidade do ambiente interior dos espaços que irá utilizar;

- Permitir seleccionar entre várias opções disponíveis e decidir na posse de todas as variáveis e informações relevantes;
- Informar o consumidor sobre medidas que potencialmente melhorem o desempenho energético do edifício e da respectiva viabilidade económica;
- Informar e sensibilizar os utentes dos edifícios públicos, de maior dimensão, sobre o desempenho energético do edifício, com o objectivo de promover a sua reabilitação energética sempre que necessário.

Esta ferramenta é, portanto, um instrumento fundamental, quer do lado da procura de energia, quer do lado da implementação da política energética, e permite agora disponibilizar informação objectiva actualizada sobre o desempenho do parque construído [16].

2.3. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES NO ÂMBITO DO RCCTE

2.3.1. A NECESSIDADE E ÂMBITO DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

Após o aumento das competências que se têm vindo a desenvolver no âmbito do RCCTE [2] por parte dos projectistas, e uma maior sensibilização para a área por parte da comunidade, surge a necessidade de aplicar a certificação energética aos edifícios existentes.

Edifícios existentes, que são caracterizados pelos edifícios cuja data de entrada do pedido de licenciamento ou autorização de construção de edificação na entidade licenciadora é anterior à entrada em vigor do SCE [5] (1 de Julho de 2007 para edifícios com mais de 1000m² e 1 de Julho de 2008 para edifícios com menos de 1000m²). Na prática, um edifício existente não tem de estar já concluído nas datas referidas.

A mencionada necessidade de emissão do Certificado Energético para a celebração de contratos para edifícios existentes surge no Artigo 3º, ponto 1, alínea c), do Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril, o qual menciona: “Os edifícios existentes, para habitação e para serviços, aquando da celebração de contratos de venda e locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE” [5].

Esta aplicação, estabelecida como a terceira fase do SCE, que se traduz numa abrangência a todo o parque habitacional, está definida na portaria nº 461/2007 de 5 de Junho [6], a qual informa que: “tem início a 1 de Janeiro de 2009, alargando-se a aplicação do SCE a todos os edifícios, nos termos do disposto ao Decreto-Lei nº 78/2006, de 4 de Abril”.

Excluídas do âmbito de aplicação do SCE [5], ficam apenas as infra-estruturas militares e os imóveis afectos ao sistema de informações ou a forças de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo e confidencialidade.

2.3.2. A NOTA TÉCNICA DA ADENE COMO MÉTODO DE CÁLCULO

Como nem sempre existe a informação disponível que possibilite a caracterização necessárias da fracção para a elaboração do cálculo térmico, quer sejam peças escritas e desenhadas, projectos de especialidades, ficha da habitação, fichas técnicas e catálogos de equipamentos, etc., surgiu a necessidade de desenvolver um método de aplicar de regras de simplificação. Esse método foi desenvolvido pela ADENE, com a contribuição de diversas parcerias, e culminou na Nota Técnica – Método de cálculo para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE [3].

A possibilidade da utilização da Nota Técnica [3] como método de cálculo para a certificação de edifícios existentes está salvaguardada pelo Artigo 3º, Ponto 3 do Despacho nº 10250/2008 de 8 de Abril [7] que define os modelos dos certificados de desempenho e da qualidade do ar interior da seguinte forma: “Para o caso de edifícios existentes ou fracções de edifícios existentes no âmbito do SCE que sejam objecto de emissão de um CE dos Tipos A ou C, a determinação do valor de N_{tc} que irá definir a respectiva classificação energética poderá ser efectuado de acordo com as metodologias estabelecidas no Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril, ou, por opção do respectivo perito qualificado e nos casos em que seja aplicável, de acordo com as metodologias e regras simplificadas estabelecidas em Nota Técnica ou informativa a publicar pela ADENE, no seu sitio da internet...” [7].

2.3.3. AS SIMPLIFICAÇÕES DA NOTA TÉCNICA DA ADENE

Este modelo de cálculo para a certificação energética de edifícios existentes assenta em simplificações possíveis relativas a diversos aspectos.

- Levantamento dimensional;
- Coeficiente de redução de perdas;
- Pontes térmicas;
- Coeficiente de transmissão térmica;
- Ventilação mecânica;
- Factor solar do vão envidraçado;
- Factores de sombreamento;
- Classe de inércia;
- Contribuição de sistemas de colectores solares para a produção de águas quentes sanitárias;
- Eficiência dos sistemas.

2.3.4. AS CLASSES ENERGÉTICAS

Ao contrário dos edifícios a licenciar a certificação energética dos edifícios existentes, no seu certificado energético, possibilita obter qualquer classe energética.

Assim, a classificação do edifício segue uma escala pré-definida de 7+2 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético.

A classificação energética de edifícios, tal como já acontecia, é igualmente calculada a partir da expressão $R=N_{tc}/N_t$, em que N_{tc} representa as necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e aquecimento das águas quentes sanitárias e o N_t o valor limite das mesmas.

Classe energética	$R = N_{tc}/N_t$
A+	$R \leq 0,25$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$
C	$1,00 < R \leq 1,50$
D	$1,50 < R \leq 2,00$
E	$2,00 < R \leq 2,50$
F	$2,50 < R \leq 3,00$
G	$3,00 < R$

Fig.2.3. – Classes energéticas [30]

Certificação energética nos edifícios existentes, que para além da classificação energética proporciona ainda informação sobre as medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior que o proprietário pode implementar, embora não sofra de cariz obrigatório.

2.3.5. REGRAS PRÁTICAS E RECOMENDAÇÕES

Para que a certificação seja feita com uma optimização máxima em relação às variáveis qualidade e tempo, existem algumas regras práticas e recomendações que interessa ter em conta relativamente a várias fases do processo [12].

Recolha de informação básica:

- Devem ser desenvolvidos esforços para recolher informação útil sobre as soluções construtivas e sistemas instalados;
- Deve ser solicitada ao proprietário toda a informação disponível e de acesso imediato sobre a fracção em estudo, como por exemplo:
 - Peças escritas e desenhadas;
 - Projectos de especialidades;
 - Ficha de habitação;
 - Fichas técnicas e catálogos de equipamentos.
- Deve imperar o bom senso e o sentido de disponibilidade da informação. A procura não deve ser limitativa ou condicionar o trabalho, devendo ser feita numa perspectiva entre rigor e custo.

Visita ao local:

- Deve ser realizada uma visita obrigatória ao local e deve contemplar:
 - Levantamento dimensional ou verificação da informação de projecto eventualmente disponível;
 - Recolha de fotografias para elaboração de relatório fotográfico e para constar na primeira página do CE;
 - Identificação e caracterização de diversos aspectos necessários ao cálculo, como: dispositivos de admissão de ar; palas e obstruções de horizonte; análise geométrica geral do edifício; cor da fachada exterior; vãos envidraçados; sistema de ventilação; inércia térmica; soluções construtivas e oportunidades de melhoria.

Oportunidades de melhoria:

- Deve sempre procurar-se identificar oportunidades de melhoria durante o trabalho, em particular durante a visita ao local;
- Usar uma estratégia de abordagem com o intuito da melhoria energética:
- Identificar e corrigir possíveis patologias;
- Intervir nas soluções construtivas da envolvente, com objectivos de melhorar o conforto térmico e reduzir ou limitar as necessidades energéticas;
- Optimizar os consumos pela utilização de sistemas energéticos mais eficientes;
- A melhoria da classe energética deve ser uma consequência da estratégia de abordagem e nunca, por si, um objectivo;
- Os pressupostos utilizados no estudo de medidas de melhoria devem ser registados e explicitados no CE e no relatório;
- Devem ser estudadas prioritariamente as medidas de melhoria com melhor viabilidade económica;
- A apresentação de medidas de melhoria no CE não é de cariz obrigatório, mas será um factor de distinção de qualidade de trabalho;
- Ao elaborar o CE e na descrição detalhada de cada medida deve ser indicada o máximo de informação útil possível e orientada para o proprietário, no caso de este a querer implementar.

Relatório síntese:

- Deve sempre ser elaborado um relatório síntese do trabalho que foi desenvolvido na certificação energética da fracção;
- O relatório deve agregar informação recolhida ou produzida durante o processo que permita evidenciar aspectos como:
 - Identificação das envolventes;
 - Localização dos espaços úteis e não úteis;
 - Caracterização das diferentes soluções construtivas;
 - Ventilação natural/ mecânica;
 - Sistemas de climatização, águas quentes sanitárias e energias renováveis;
 - Cálculos técnicos e atribuição de classificação energética;
 - Identificação e estudo de possibilidades de melhoria.

3

PARÂMETROS E INDICADORES UTILIZADOS

3.1. REGULAMENTAÇÃO UTILIZADA

Antes de proceder ao cálculo térmico, interessa ter informação sobre o modo como são obtidos os resultados conhecendo os parâmetros e indicadores utilizados na certificação energética de edifícios existentes.

Esta certificação apoiou-se na metodologia prevista na regulamentação em vigor para o estudo térmico de habitações existentes, nomeadamente:

- Regulamento de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei 80/2006 [2];
- Nota Técnica – Método de cálculo para a certificação de edifícios existentes no âmbito do RCCTE [3].

Qualquer indicação em falta sobre algum parâmetro pode ser encontrada nestes mesmos documentos.

3.2. VALORES LIMITE

3.2.1. NECESSIDADES DE AQUECIMENTO

É necessária a determinação dos valores de cálculo das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e do valor limite das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i).

Como se trata da certificação energética dos edifícios existentes não se apresenta a limitação aplicável aos edifícios a licenciar, de modo a que os valores das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) sejam inferiores aos do valor limite das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i).

Os valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i) de uma fracção autónoma, em kWh/m².ano, dependem dos valores do factor de forma (FF) da fracção autónoma e dos graus-dias (GD) do clima local, e são dados pelas expressões:

- Para $FF \leq 0,5 \rightarrow N_i = 4,5 + 0,0395 \times GD$; (3.1.)

- Para $0,5 < FF < 1 \rightarrow N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD$; (3.2.)

- Para $1 < FF < 1,5 \rightarrow N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD] \times (1,2 - 0,2 \times FF)$; (3.3.)

- Para $FF \geq 1,5 \rightarrow N_i = 4,5 + 0,06885 \times GD$. (3.4.)

3.2.2. NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO

É necessária a determinação dos valores de cálculo das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e do valor limite das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v), embora para a certificação energética dos edifícios existentes não se dê a limitação aplicável aos edifícios a licenciar dos valores das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{vc}) serem inferiores aos do valor limite das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_v).

Os valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v), em kWh/m².ano, de uma fracção autónoma dependem da zona climática do local, e são os seguintes:

- Zona V1 (Norte) → $N_v = 16$;
- Zona V1 (Sul) → $N_v = 22$;
- Zona V2 (Norte) → $N_v = 18$;
- Zona V2 (Sul) → $N_v = 32$;
- Zona V3 (Norte) → $N_v = 26$;
- Zona V3 (Sul) → $N_v = 32$;
- Açores → $N_v = 21$;
- Madeira → $N_v = 23$.

3.2.3. NECESSIDADES DE ENERGIA PARA A PREPARAÇÃO DAS ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

É necessária a determinação dos valores de cálculo das necessidades nominais de energia para preparação das águas quentes sanitárias (N_{ac}) e do valor limite das necessidades nominais de energia para preparação das águas quentes sanitárias (N_a), embora para a certificação energética dos edifícios existentes não se dê a limitação aplicável aos edifícios a licenciar dos valores das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ac}) serem inferiores aos do valor limite das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_a).

O valor limite das necessidades de energia para preparação das águas quentes sanitárias (N_a) é definido pela seguinte equação:

$$N_a = \frac{0.081 \times M_{AQS} \times \eta_d}{A_p} \quad (3.5.)$$

Onde:

- M_{AQS} – Consumo médio diário de referência de AQS;
- η_d – número anual de dias de consumo de AQS;
- A_p – área útil de pavimento (m²).

3.2.4. NECESSIDADES GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Por fim, e através dos indicadores anteriores, é ainda determinado o valor de cálculo das necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (N_{te}) e o valor limite das necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (N_t).

Uma fracção autónoma é caracterizada pelo valor limite das necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (N_t), definido na expressão 3.6., em que os factores de ponderação das

necessidades de aquecimento, de arrefecimento e de preparação de AQS têm em conta os padrões habituais de utilização dos respectivos sistemas, na base dos dados estatísticos mais recentes:

$$N_t = 0,9 \times (0,01 \times N_i + 0,01 \times N_v + 0,15 \times N_a) \quad (3.6.)$$

3.3. VALORES DE CÁLCULO

As necessidades nominais de aquecimento e de arrefecimento de uma fracção autónoma de um edifício são a energia útil que é necessário fornecer-lhe ou retirar-lhe, para manter permanentemente no seu interior as temperaturas de referência da estação de aquecimento e de arrefecimento.

Estes valores não representam necessariamente o consumo real dessa zona do edifício, já que, em geral, os seus ocupantes não impõem permanentemente situações exactamente iguais às de referência, podendo mesmo ocorrer diferenças substanciais por excesso ou por defeito entre as condições reais de funcionamento e as admitidas ou convencionadas como de referência para efeitos do RCCTE [2].

No entanto, mais do que um método de prever necessidades energéticas reais de um edifício (ou de uma fracção autónoma de um edifício), o valor das necessidades nominais, em cada estação convencional, N_{ic} e N_{vc} , constitui uma forma objectiva de comparar edifícios, do ponto de vista do comportamento térmico: quanto maior for o valor de N_{ic} mais frio é o edifício no Inverno ou mais energia é necessário consumir para o aquecer até atingir uma temperatura confortável, e quanto maior for o valor de N_{vc} , mais quente é o edifício no Verão ou mais energia é necessário consumir para o arrefecer até atingir uma temperatura de referência.

Numa óptica de contabilização de todos os consumos energéticos da fracção, o índice N_{ac} , pretende representar as necessidades anuais de energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias, variando proporcionalmente com os consumos anuais de água da fracção e inversamente com a eficiência do equipamento de produção de águas quentes sanitárias bem como do contributo do sistema colector solar.

O último índice, o N_{tc} , pretende representar as necessidades anuais de energia da fracção, calculado em função dos índices anteriores e convertidos para energia primária em função das formas de energia final utilizadas para cada uso na fracção em estudo.

3.3.1. NECESSIDADES DE AQUECIMENTO

$$N_{ic} = \frac{(Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} + Q_v - \eta \times (Q_s + Q_i))}{A_p} \quad (3.7.)$$

Onde:

- Q_{ext} – Perdas através da envolvente em contacto com o exterior (kWh);
- Q_{lna} – Perdas através da envolvente em contacto com locais não aquecidos (kWh);
- Q_{pe} – Perdas através da envolvente em contacto com o terreno (kWh);
- Q_{pt} – Perdas através das pontes térmicas lineares (kWh);
- Q_v – Perdas por renovação de ar (kWh);
- Q_s – Ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados (kWh);
- Q_i – Ganhos internos brutos (iluminação, equipamento, ocupantes) (kWh);
- η – Factor de utilização dos ganhos térmicos;
- A_p – Área útil de pavimento (m^2).

3.3.1.1. Perdas Pela Envolvente Exterior (Q_{ext}) e Envolvente Interior (Q_{ina})

$$Q_{ext} = 0,024 \times \sum_j (U_j \times A_j) \times GD \quad (3.8.)$$

$$Q_{ina} = 0,024 \times \sum_j (U_j \times A_j) \times GD \times \tau \quad (3.9.)$$

Onde:

- U_j – Coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente (opaco ou envidraçado) ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
- A_j – Área (medida pelo interior) do elemento j da envolvente (m^2);
- GD – Número de graus-dias ($^\circ C \cdot dias$) da localidade em que o edifício se situa;
- τ – Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos;

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente na Nota Técnica [3], o coeficiente de redução de perdas (τ) pode tomar um valor convencional de 0,75 para todos os espaços não aquecidos.

3.3.1.2. Perdas Pela Envolvente em Contacto Com o Terreno (Q_{pe})

$$Q_{pe} = 0,024 \times \sum_j (\psi_j \times B_j) \times GD \quad (3.10.)$$

Onde:

- ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear do elemento j em contacto com o terreno ($W/m \cdot ^\circ C$);
- B_j – Desenvolvimento (medido pelo interior) do elemento j em contacto com o terreno (m);
- GD – Número de graus-dia ($^\circ C \cdot dia$) da localidade em que o edifício se situa.

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, é possível proceder as seguintes regras de simplificação presentes na Nota Técnica [3], relativas às perdas pela envolvente em contacto com o solo:

Quadro 3.1. – Regras de simplificação para perdas pela envolvente em contacto com o terreno [3]

Elemento construtivo	Regras de simplificação
Paredes em contacto com o solo	- Caso tenha sido contabilizada, na sua totalidade, a área de parede em contacto com o solo na área de parede de envolvente exterior, considerar $\psi=0W/m \cdot ^\circ C$.
Pavimentos em contacto com o solo	- Se a cota do pavimento for inferior à do terreno exterior considerar $\psi=1,5W/m \cdot ^\circ C$. Caso contrário utilizar $\psi=2,5W/m \cdot ^\circ C$.

3.3.1.3. Pontes Térmicas Lineares (Q_{pt})

$$Q_{pt} = 0,024 \times \sum_j (\psi_j \times B_j) \times GD \quad (3.11.)$$

Onde:

- ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear do elemento j em contacto com a ponte térmica linear j ($W/m \cdot ^\circ C$);
- B_j – Desenvolvimento (medida pelo interior) do elemento j em contacto com a ponte térmica linear j (m);
- GD – Número de graus-dia ($^\circ C \cdot dia$) da localidade em que o edifício se situa.

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, é possível proceder a seguinte regra de simplificação presente no quadro III do Anexo II da Nota Técnica [3], relativa às pontes térmicas lineares.

Quadro 3.2. – Regras de simplificação para pontes térmicas lineares [3]

Elemento construtivo	Regras de simplificação
Pontes térmicas lineares	- Considerar apenas o desenvolvimento linear total das ligações de fachadas com pavimentos, cobertura ou varanda e utilizar um valor convencional de $\psi=0,75W/m \cdot ^\circ C$ (desprezar as ligações de fachada com caixa de estore, padieira, ombreira ou peitoril e as ligações entre duas paredes verticais).

3.3.1.4. Perdas Pela Renovação do Ar (Q_v)

$$Q_v = 0,024 \times (0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d) \times GD \times (1 - \eta_v) \quad (3.12.)$$

Adicionar, se houver ventiladores mecânicos de funcionamento contínuo:

$$E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times M \quad (3.13.)$$

Onde:

- R_{ph} – Número de renovações horárias do ar interior (h^{-1});

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente no anexo IV da Nota Técnica [3], é possível considerar um caudal extraído de $100m^3/h$ por cada ventilador mecânico.

- A_p – Área útil de pavimento (m^2);
- P_d – Pé direito (m);
- GD – Número de graus-dias ($^\circ C \cdot dias$) da localidade em que o edifício se situa;
- η_v – Rendimento do eventual sistema de recuperação de calor (=0 caso não haja recuperador);

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente na Nota Técnica [3], é possível considerar os valores de rendimento de sistemas de climatização presentes no quadro XII do Anexo VIII da referida norma.

- E_v – Valor médio mensal da energia eléctrica consumida pelo eventual sistema mecânico de ventilação (kWh);
- P_v – Somatório das potências eléctricas dos ventiladores instalados (W);

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente na Nota Técnica [3], é possível considerar os valores de potência presentes no quadro V do Anexo IV da referida norma.

- M – Duração convencional da estação de aquecimento (meses);

3.3.1.5. Ganhos Solares Brutos (Q_s)

$$Q_s = G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \cdot \sum_n (A \cdot F_h \cdot F_0 \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp Inv}) \right] \cdot M \quad (3.14.)$$

Onde:

- G_{sul} – Energia solar média mensal incidente ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$);
- X_j – Factor de orientação para as diversas exposições j;
- A – Área total da janela (vidro mais caixilho) (m^2);
- $g_{\perp Inv}$ - Factor solar do vão envidraçado no Inverno;
- F_g – Fracção envidraçada;
- F_w – Factor de correcção devido à variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar.

Factores de sombreamento:

- F_h – Pelo horizonte;
- F_0 – Por elementos horizontais (palas, varandas);
- F_f – Por elementos verticais (palas verticais, próprio edifício ou outros corpos).

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente no Anexo V da Nota Técnica [3], os valores de F_h , F_0 e F_f são substituídos directamente pelo valor de F_s , factor o qual depende da intensidade de sombreamento, tal como explicado no ponto 3.4.3.

3.3.1.6. Ganhos Internos Brutos (Q_i)

$$Q_i = q_i \times M \times A_p \times 0,720 \quad (3.15.)$$

Onde:

- q_i – Ganhos térmicos médios por unidade de área útil de pavimento (W/m^2);
- M – Duração convencional da estação de aquecimento (meses);
- A_p – Área útil de pavimento (m^2);

3.3.2. NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO

$$N_{vc} = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \times (1 - \eta)}{A_p} \quad (3.15.)$$

Onde:

- Q_1 – Ganhos de calor por condução através envolvente (kWh);
- Q_2 – Ganhos directos dos vãos (kWh);
- Q_3 – Ganhos de calor resultantes da renovação de ar (kWh);
- Q_4 – Ganhos térmicos internos (kWh);
- η – Factor de utilização dos ganhos térmicos;

- A_p – Área útil de pavimento (m^2);

3.3.2.1. Ganhos Através da Envolvente (Q_1)

$$Q_1 = 2,928 \times \sum_j U_j \times A_j \times (\theta_{atm} - \theta_i) + \sum_j U_j \times A_j \times \left(\frac{\alpha_j \times I_r}{h_e} \right) \quad (3.16.)$$

Onde:

- U_j – Coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente (opaco ou envidraçado) ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
- A_j - Área (medida pelo interior) do elemento j da envolvente (m^2);
- α_j – Coeficiente de absorção solar da superfície exterior do elemento da envolvente j ;
- I_{rj} – Energia solar incidente por orientação j ($kWh/m^2 \cdot m\acute{e}s$);
- h_e – Condutância térmica da superfície exterior do elemento j ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
- θ_i – Temperatura interior de referência de Verão – $25^\circ C$;
- θ_{atm} – Temperatura média do ar exterior ($^\circ C$).

3.3.2.2. Ganhos Directos dos Vãos (Q_2)

$$Q_2 = \sum_j \left[I_{rj} \times \sum_n \left(A \times F_h \times F_0 \times F_f \times F_g \times F_w \times g_{\perp Ver} \right) \right] \quad (3.17.)$$

Onde:

- I_{rj} – Energia solar incidente por orientação j ($kWh/m^2 \cdot m\acute{e}s$);
- A – Área total da janela (vidro mais caixilho) (m^2);
- $g_{\perp Ver}$ - Factor solar do vão envidraçado no Verão.

Factores de sombreamento:

- F_h – Pelo horizonte (igual a 1 no Verão);
- F_0 – Por elementos horizontais (palas, varandas);
- F_f – Por elementos verticais (palas verticais, próprio edifício ou outros corpos);
- F_g – Devido ao caixilho;
- F_w – Devido à selectividade angular dos envidraçados.

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente no anexo V da Nota Técnica [3], os valores de F_h , F_0 e F_f são substituídos directamente pelo valor de F_s , factor o qual depende da intensidade de sombreamento, tal como explicado no ponto 3.4.3.

3.3.2.3. Ganhos Resultantes da Renovação do Ar (Q_3)

$$Q_3 = 2,928 \times (0.34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d) \times (\theta_i - \theta_{atm}) \quad (3.18.)$$

Adicionar se houver ventiladores mecânicos de funcionamento contínuo:

$$E_v = P_v \times 24 \times 0,03 \times M \quad (3.19.)$$

Onde:

- R_{ph} – Número de renovações horárias do ar interior (h^{-1});

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente no Anexo IV da Nota Técnica [3], é possível considerar um caudal extraído de $100m^3/h$ por cada ventilador mecânico.

- A_p – Área útil de pavimento (m^2);

- P_d – Pé direito (m);

- E_v – Valor médio mensal da energia eléctrica consumida pelo sistema mecânico de ventilação (kWh);

- θ_i – Temperatura interior de referência de Verão – $25^\circ C$;

- θ_{atm} – Temperatura média do ar exterior ($^\circ C$);

- P_v – Somatório das potências eléctricas dos ventiladores instalados (W);

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente na Nota Técnica [3], é possível considerar os valores de potência presentes no quadro V do Anexo IV da referida norma.

- M – Duração convencional da estação de aquecimento.

3.3.2.4. Ganhos Térmicos Internos (Q_4)

$$Q_4 = 2,928 \times q_i \times A_p \quad (3.20.)$$

Onde:

- q_i – Ganhos térmicos internos médios por unidade de área de pavimento útil (W/m^2);

- A_p – Área útil de pavimento (m^2).

3.3.3. NECESSIDADES DE ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DAS ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

$$N_{ac} = \frac{\left(\frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren} \right)}{A_p} \quad (3.21.)$$

Onde:

- Q_a – Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (kWh/ano);

- η_a – Eficiência dos sistemas de preparação de AQS;

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente na Nota Técnica [3], é possível considerar os valores do rendimento de sistemas de AQS presentes no quadro XII do Anexo VIII da referida norma.

- E_{solar} – Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS (kWh/ano);

Nota: Devido a tratarem-se de habitações existentes, aplicando-se a simplificação presente na Nota Técnica [3], é possível considerar os valores da contribuição de sistemas de colectores solares para a produção de águas quentes sanitárias presentes no Anexo VII da referida norma.

- E_{ren} – Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis (kWh/ano);

- A_p – Área útil de pavimento (m^2).

3.3.4. NECESSIDADES GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

$$N_{tc} = 0,1 \times \left(\frac{N_{ic}}{\eta_i} \right) \cdot F_{pui} + 0,1 \times \left(\frac{N_{vc}}{\eta_v} \right) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (3.22.)$$

3.4. PARÂMETROS TÉRMICOS

3.4.1. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

O coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (3.23.)$$

$$R_j = \frac{e_j}{\lambda_j} \quad (3.24)$$

Onde:

- R_j – Resistência térmica do elemento j ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);
- R_{se} e R_{si} – Resistências térmicas superficiais exterior e interior, respectivamente ($m^2 \cdot ^\circ C/W$).
- e_j – Espessura do elemento j (m);
- λ_j – Condutibilidade térmica do elemento j ($W/m \cdot ^\circ C$).

Devido a se tratar de edifícios existentes não se aplica a limitação regulamentar do coeficiente de transmissão térmica presente no RCCTE [2].

3.4.2. FACTOR SOLAR

O factor solar de um vão envidraçado é o quociente entre a energia solar transmitida para o interior através de um vão envidraçado com o respectivo dispositivo de protecção e a energia da radiação solar que nele incide e são calculados de forma distinta na estação de aquecimento e de arrefecimento.

Na estação de aquecimento, como se pretende maximizar o aproveitamento da radiação solar, os dispositivos de protecção solar móveis devem estar totalmente abertos e nestas circunstâncias é considerado apenas o valor do factor solar do envidraçado. Contudo, foram consideradas, pelo menos cortinas muito transparentes, que apesar de por vezes não estarem presentes, deste modo é feita uma avaliação pelo lado da segurança. Como estas protecções normalmente permanecem fechados durante a estação de aquecimento são consideradas no factor solar.

Vidro simples:

$$g_{\perp Inv} = \frac{g_{\perp v} \times g_{\perp int}}{0,85} \quad (3.25.)$$

Vidro duplo:

$$g_{\perp Inv} = \frac{g_{\perp v} \times g_{\perp int}}{0,75} \quad (3.26.)$$

Onde:

- $g_{\perp v}$ - Factor solar do vidro;
- $g_{\perp int}$ - Factor solar da protecção interior não opaca.

Na estação de arrefecimento, como se pretende limitar a radiação solar, para isso considera-se a protecção opaca activa em 70%, correspondendo os restantes 30% ao factor solar do vidro.

$$g_{\perp Ver} = 0,7 \times g_{\perp'} + 0,3 \times g_{\perp v} \quad (3.27.)$$

Onde:

- $g_{\perp'}$ - Factor solar do vão envidraçado com protecção opaca activa;
- $g_{\perp v}$ - Factor solar do vidro.

Como se tratam de edifícios existentes não existe a limitação dos factores solares aos valores máximos regulamentares.

3.4.3. FACTOR DE SOMBREAMENTO

A quantificação do factor de sombreamento é feita, para a estação de aquecimento e arrefecimento, aplicando o anexo V da Nota Técnica [3], disponibilizada pela ADENE, como método de cálculo para a certificação energética de edifícios existentes.

Esta simplificação consiste na caracterização do vão envidraçado como “sem sombreamento”, “sombreamento normal/standard” ou “fortemente sombreado” mediante algumas características do vão envidraçado.

Na estação de aquecimento são caracterizados aplicando as regras de simplificação presentes no quadro 3.3.

Quadro 3.3. – Regras de simplificação para factores de sombreamento na estação de aquecimento [3]

Regra de simplificação	Características do vão envidraçado
Sem sombreamento $F_s=0,9$	- Envidraçados orientados a Norte; - Envidraçados nas restantes orientações sem obstruções do horizonte e sem palas.
Sombreamento normal/ standard $F_s=0,45$	- Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45° .
Fortemente sombreado $F_s=0,27$	- Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45° .

Na estação de arrefecimento são caracterizados aplicando as regras de simplificação presentes no quadro 3.4.

Quadro 3.4. – Regras de simplificação para factores de sombreamento na estação de arrefecimento [3]

Regra de simplificação	Características do vão envidraçado
Sem sombreamento $F_s=0,9$	- Envidraçados orientados a Norte; - Envidraçados nas restantes orientações sem palas.
Sombreamento normal/ standard $F_s=0,79$	- Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45° .
Fortemente sombreado $F_s=0,71$	- Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45° .

3.4.4. INÉRCIA TÉRMICA

Ao contrário do que acontece com a certificação energética de edifícios a licenciar, no caso dos existentes a caracterização da inércia térmica não é feita com base em na caracterização da massa superficial útil dos elementos (M_{si}), a sua área de superfície (S_i) e na área útil do pavimento.

Aplicando a Nota Técnica [3] disponibilizada pela Agência para a Energia (ADENE), segundo o Anexo VI, a inércia térmica é caracterizada como forte ou fraca se o edifício satisfizer cumulativamente algumas premissas correspondentes a cada uma classificação.

Caso isso não aconteça, o edifício é classificado com uma inércia térmica média.

As características que necessitam de ser cumulativamente cumpridas para o edifício obter uma inércia térmica forte ou fraca são as seguintes:

Inércia Forte:

- Pavimento e tecto de betão armado ou pré-esforçado;
- Revestimento de tecto em estuque ou reboco;
- Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pêlo (não se incluem soluções de pavimentos flutuantes);
- Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco;
- Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco;
- Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, etc.) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco.

Inércia Fraca:

- Tecto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura);
- Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira;
- Paredes de compartimentação em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação.

4

CARACTERIZAÇÃO DE ELEMENTOS DAS FRACÇÕES EM ESTUDO

Tal como foi referido anteriormente, objecto deste projecto prendeu-se com a elaboração da certificação energética de três habitações unifamiliares existentes.

A escolha das habitações foi feita de modo a que cada uma delas tivesse características particulares em relação às restantes. Com esse objectivo foram escolhidas construções executadas em três épocas distintas e que não tivessem sido alvo de reabilitações recentes de modo a cada uma assumir a sua particularidade, nomeadamente no que toca aos vãos envidraçados.

A habitação 1, que data do ano de 1989, foi escolhida devido à proximidade da data da sua construção com a entrada em vigor da prévia versão do RCCTE [1]. Assim, apesar de não ter sido sujeita a certificação energética tem soluções construtivas de acordo com as habitações mais recentes construídas previamente à aplicação da primeira versão do mesmo Regulamento.

A habitação 2 foi licenciada no ano de 1976, e a escolha recaiu sobre ela pois data de numa época com elevado volume construtivo, após o 25 de Abril, e com pouca preocupação relativa à qualidade do edificado. Facilitando a escolha está o facto de possuir características peculiares da época em todos os elementos, quer em soluções construtivas adoptadas nas paredes, envidraçados, etc.

Por fim a habitação 3, que teve construção em 1863 e ampliação e reabilitação nos anos de 1890 e 1970 e foi escolhida devido à sua idade. Como é extremamente antiga possui características muito particulares que não têm sido muito comuns na certificação energética, mas que passarão a sê-lo com a necessidade da certificação energética de edifícios existentes a vigorar a partir de 1 de Janeiro de 2009.

A certificação energética destas fracções existentes tem como base o definido no RCCTE [2], a aplicação das simplificações presentes na Nota Técnica [3] disponibilizada pela ADENE como método de cálculo, os dados disponibilizados e cálculos efectuados relativos a cada uma delas.

Nota: Apesar de ter sido possível aceder a algumas peças desenhadas correspondentes às fracções em estudo existem algumas nuances em relação às áreas consideradas, pois após visita ao local constataram-se diferenças entre o projectado e o executado.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS FRACÇÕES

4.1.1. HABITAÇÃO 1



Fig.4.1. – Habitação 1

Local	Rua das Minas - Golães - Fafe
Tipo de Edifício	Edifício residencial
Classificação do Edifício	Edifício de habitação unifamiliar
Tipologia	T3
Zona climática	I2 – V2
Descrição do edifício	O edifício é constituído por dois pisos. A cave, parcialmente enterrada, destinada a estacionamento automóvel e por um piso elevado para habitação.
Descrição genérica das soluções construtivas	<p>O edifício tem uma estrutura rectilínea de pilares e vigas em betão armado, sendo os pavimentos executados em lajes de material pré-esforçado e pré-fabricado de betão.</p> <p>As envolventes exteriores têm espessura de 30cm e são realizadas com recurso a paredes com pano duplo de alvenaria de tijolo com espessura de 15 e 7cm respectivamente, formando caixa-de-ar.</p>

Ventilação	Existe sistema de ventilação com dispositivos de extracção mecânica de ar de funcionamento intermitente na cozinha.
Aquecimento de águas quentes sanitárias	Esquentador a gás com idade compreendida entre 10 e 19 anos, segundo a Nota Técnica [3] é designado por uma eficiência de 0,39.
Rede predial de distribuição de AQS	As tubagens da rede predial de distribuição de águas quentes sanitárias não são consideradas como isoladas com mais de 10mm de espessura.
Climatização	Não está instalado qualquer sistema de climatização no edifício. Para efeitos de cálculo da verificação do regulamento considera-se: - Sistema de aquecimento: Resistência eléctrica com uma eficiência nominal de 1,0; - Sistema de arrefecimento: Máquina frigorífica (ciclo de compressão) com uma eficiência nominal de 3,0.

4.1.2. HABITAÇÃO 2



Fig.4.2. – Habitação 2

Local	Avenida das Forças Armadas - Fafe - Fafe
Tipo de Edifício	Edifício residencial
Classificação do Edifício	Edifício de habitação unifamiliar

Tipologia	T3
Zona climática	I2 – V2
Descrição do edifício	O edifício é constituído por dois pisos. Um piso térreo com cozinha e sala e por um piso elevado com três quartos.
Descrição genérica das soluções construtivas	O edifício tem uma estrutura rectilínea de pilares e vigas em betão armado, sendo os pavimentos executados em lajes de material pré-esforçado. As envolventes exteriores têm espessura de 30cm e são realizadas com recurso a paredes de alvenaria de blocos de betão.
Ventilação	Existe apenas sistema de ventilação com dispositivo de extracção mecânica de ar de funcionamento intermitente na cozinha.
Aquecimento de águas quentes sanitárias	Esquentador a gás com mais de 20 anos, segundo a Nota Técnica [3] é designado por uma eficiência de 0,4.
Rede predial de distribuição de AQS	As tubagens da rede predial de distribuição de águas quentes sanitárias não são consideradas como isoladas com mais de 10mm de espessura.
Climatização	Não existe instalação de sistemas de climatização no edifício. Para efeitos de cálculo da verificação do regulamento considera-se: Sistema de aquecimento: Resistência eléctrica com uma eficiência nominal de 1,0 Sistema de arrefecimento: Máquina frigorífica (ciclo de compressão) com uma eficiência nominal de 3,0.

4.1.2. HABITAÇÃO 3



Fig.4.3. – Habitação 3

Local	Rua das Leis - Estorãos - Fafe
Tipo de Edifício	Edifício residencial
Classificação do Edifício	Edifício de habitação unifamiliar
Tipologia	T9
Zona climática	I2 – V2
Descrição do edifício	O edifício é constituído por quatro pisos. A cave com um curral, o piso 0 com cozinha, sala e adega, o piso 1 e piso 2 com quartos.
Descrição genérica das soluções construtivas	<p>O edifício tem uma estrutura de paredes de alvenaria de granito e vigas em madeira, sendo os pavimentos todos executados em lajes de madeira excepto o do piso superior o qual é de tabique.</p> <p>As envolventes exteriores nos pisos 0 e 1 têm espessura de 65cm e são realizadas com recurso a paredes com um pano de alvenaria de granito rebocadas pelo interior. As envolventes exteriores do piso 2 têm espessura de 35cm e são realizadas com recurso a paredes com um pano de alvenaria de granito rebocadas pelo interior.</p>

Ventilação	Não existe qualquer sistema de ventilação mecânica na habitação.
Aquecimento de águas quentes sanitárias	Termoacumulador eléctrico com mais de 20 anos, segundo a Nota Técnica [3] é designado por uma eficiência de 0,70.
Rede predial de distribuição de AQS	As tubagens da rede predial de distribuição de águas quentes sanitárias não são consideradas como isoladas.
Climatização	Não existe instalação de sistemas de climatização no edifício. Para efeitos de cálculo da verificação do regulamento considera-se: Sistema de aquecimento: Resistência eléctrica com uma eficiência nominal de 1,0 Sistema de arrefecimento: Máquina frigorífica (ciclo de compressão) com uma eficiência nominal de 3,0.

4.2. ANÁLISE DA ENVOLVENTE EXTERIOR

4.2.1. HABITAÇÃO 1

4.2.1.1. Paredes

- Paredes exteriores do tipo Pext 1

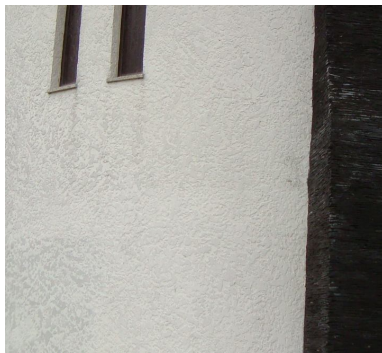


Fig.4.4. – Parede exterior Pext 1 da habitação 1

As paredes são duplas constituídas por alvenaria de tijolo com espessura de 15cm e 7cm, com caixa-de-ar (5cm). Os revestimentos são em reboco de argamassa de cimento no interior e em argamassa de cal e areia no exterior.

Devido à não consideração das pontes térmicas planas, seguindo a recomendação do método simplificado disponibilizado pela ADENE, majorou-se o valor da parede exterior corrente em 35%.

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,19 + 0,39 + 0,11 + \frac{0,015}{1,3} + \frac{0,015}{0,8} + 0,04} \times 1,35 = 1,51 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

Considerações efectuadas:

- Resistências térmicas das alvenarias de tijolo cerâmico furado (normal) → $R_{\text{tijolo15}}=0,39\text{m}^2\cdot\text{C}/\text{W}$ e $R_{\text{tijolo7}}=0,19\text{m}^2\cdot\text{C}/\text{W}$ [8] (quadro I.5, pág. I.12);
- Resistência térmica do espaço de ar não ventilado com 5mm de espessura → $R=0,11\text{m}^2\cdot\text{C}/\text{W}$ [8] (quadro I.4, pág. I.11);
- Condutibilidade térmica do reboco de argamassa de cimento tradicional com 1800-2000kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda=1,3\text{W}/(\text{m}\cdot\text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Condutibilidade térmica do reboco de cal e areia com 1600 kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda=0,8\text{W}/(\text{m}\cdot\text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Resistências térmicas superficiais horizontais → $R_{\text{se}}=0,04\text{m}^2\cdot\text{C}/\text{W}$ e $R_{\text{si}}=0,13\text{m}^2\cdot\text{C}/\text{W}$ [8] (quadro I.3, pág. I.11).

As paredes da fracção constituídas pela solução construtiva Pext 1 estão presentes no anexo IV.

4.2.1.2. Pontes Térmicas Planas

Segundo a Nota Técnica disponibilizada pela ADENE, no método de cálculo para certificação energética de edifícios existentes, a área relativa às pontes térmicas planas é ignorada. Para a quantificação destas, e como a solução construtiva presente não garante a sua ausência, majorou-se o valor de U da zona corrente em 35%.

4.2.1.3. Vãos Envidraçados

- Obstruções no horizonte

No caso da habitação em estudo foram consideradas obstruções menores que 45° em quase todos os envidraçados, isto apesar da habitação se situar numa zona rural.

As obstruções de horizonte consideradas com mais de 45° são relativas à existência de algum tipo de vegetação.



Fig.4.5. – Obstruções no horizonte da habitação 1

- Obstruções horizontais

No que diz respeito às obstruções horizontais são todas provocadas pela saliência da cobertura em relação ao alinhamento da parede, sendo este ângulo sempre inferior a 45° , excepto no caso dos envidraçados situados perto da porta principal da habitação.



Fig.4.6. – Obstruções horizontais da habitação 1

- Obstruções verticais

Na maioria dos envidraçados presentes na habitação em estudo não existe qualquer tipo de obstrução vertical, no entanto, a geometria da casa propicia sombreamento em alguns dos envidraçados.



Fig.4.7. – Obstruções verticais da habitação 1

- Vãos envidraçados do tipo Env 1



Fig.4.8. – Vãos envidraçados Env 1 da habitação 1

Os envidraçados do tipo Env 1 são constituídos por vidro simples colorido (4mm) com caixilharia em alumínio termolacado fixa sem corte térmico, sem protecção solar exterior. Foram consideradas protecções interiores de cortinas muito transparentes, que apesar de não existirem, deste modo é feita uma avaliação pelo lado da segurança já que funcionam como obstrução na estação de aquecimento.

$$U = 6,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \text{ [8] (quadro III.2, pág. III.4)}$$

Quadro 4.1. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 1 da habitação 1

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	g_{\perp}^{int}	g_{\perp}^{Inv}	g_{\perp}^{Ver}
0,70	-	0,70	0,58	0,70

Os envidraçados com características correspondentes a estas são: V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V14, V15, V16 e V17. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

- Vãos envidraçados do tipo Env 2

Os envidraçados são constituídos por vidro simples (4mm) com caixilharia em alumínio termolacado de correr sem corte térmico, com protecção solar exterior de persianas plásticas de cor escura e protecção interior de cortinas muito transparentes.

As protecções exteriores são em persianas plásticas, têm uma permeabilidade ao ar baixa [8].

$$U = 4,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \text{ [8] (quadro III.2, pág. III.4)}$$

- Com vidro incolor:



Fig.4.9. – Vãos envidraçados Env 2 (vidro incolor) da habitação 1

Quadro 4.2. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 2 (vidro incolor) da habitação 1

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	g_{\perp}^{int}	g_{\perp}^{Inv}	g_{\perp}^{Ver}
0,88	0,13	0,70	0,72	0,36

Os envidraçados com características correspondentes a estas são: V8, V9, V11, V12, V13 e V20. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

- Com vidro colorido:



Fig.4.10. – Vãos envidraçados Env 2 (vidro colorido) da habitação 1

Quadro 4.3. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 2 (vidro colorido) da habitação 1

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	$g_{\perp}^{i\text{int}}$	$g_{\perp}^{i\text{inv}}$	$g_{\perp}^{i\text{ver}}$
0,70	0,13	0,70	0,58	0,30

O envidraçado com características correspondentes a estas é o V10. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

- Vãos envidraçados do tipo Env 3



Fig.4.11. – Vãos envidraçados Env 3 da habitação 1

Os envidraçados são constituídos por vidro simples incolor (4mm) com caixilharia em madeira, sem protecção solar exterior. Foram consideradas protecções interiores de cortinas muito transparentes, que apesar de não existirem, deste modo é feita uma avaliação pelo lado da segurança já que funcionam como obstrução na estação de aquecimento.

$$U = 5,1 \text{ W } / (\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}) \text{ [8] (quadro III.1, pág. III.3)}$$

Quadro 4.4. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 3 da habitação 1

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	$g_{\perp}^{i\text{int}}$	$g_{\perp}^{i\text{inv}}$	$g_{\perp}^{i\text{ver}}$
0,70	-	0,70	0,58	0,70

Os envidraçados com características correspondentes a estas são: V18 e V19. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

4.2.2. HABITAÇÃO 2

4.2.2.1. Paredes

- Paredes exteriores do tipo Pext 1



Fig.4.12. – Parede exterior Pext 1 da habitação 2

As paredes são duplas constituídas por alvenaria de blocos de betão (27cm). Os revestimentos são em reboco de argamassa de cimento no interior e exterior e ainda no exterior existem ladrilhos cerâmicos.

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,35 + \frac{0,015}{1,3} + \frac{0,015}{1,3} + \frac{0,005}{0,6} + 0,04} \times 1,35 = 2,44 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

Considerações efectuadas:

- Resistência térmica da alvenaria de blocos de betão (normal) $\rightarrow R_{\text{bloco27}}=0,35m^2 \cdot ^\circ C/W$ [8] (quadro I.5, pág. I.12), valor calculado por interpolação;
- Condutibilidade térmica do reboco de argamassa de cimento tradicional com 1800-2000kg/m³ de massa volúmica aparente seca $\rightarrow \lambda=1,3W/(m \cdot ^\circ C)$ [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Condutibilidade térmica de ladrilhos cerâmicos com 1400-1600kg/m³ de massa volúmica aparente seca $\rightarrow \lambda=0,60W/(m \cdot ^\circ C)$ [8] (quadro I.2, pág. I.6);
- Resistências térmicas superficiais horizontais $\rightarrow R_{\text{se}}=0,04m^2 \cdot ^\circ C/W$ e $R_{\text{si}}=0,13m^2 \cdot ^\circ C/W$ [8] (quadro I.3, pág. I.11).

As paredes da fracção constituídas pela solução construtiva Pext 1 estão presentes no Anexo IV.

4.2.2.2. Pontes Térmicas Planas

Segundo a Nota Técnica disponibilizada pela ADENE [3], no método de cálculo para certificação energética de edifícios existentes, a área relativa às pontes térmicas planas é ignorada. Para a quantificação destas, e como a solução construtiva presente não garante a sua ausência, majorou-se o valor de U da zona corrente em 35%.

4.2.2.3. Vãos Envidraçados

- Obstruções no horizonte

No presente caso existem sempre obstruções de horizonte, isto deve-se à inserção da habitação em zona urbana. Estas obstruções possuem, dependendo dos casos, ângulos inferiores ou superiores a 45°.



Fig.4.13. – Obstruções no horizonte da habitação 2

- Obstruções horizontais

As obstruções horizontais presentes são relativas à saliência do telhado, varandas ou a uma chapa de zinco introduzida posteriormente à construção da fracção.

Apenas no último caso referido estas obstruções perfazem um ângulo superior a 45°.

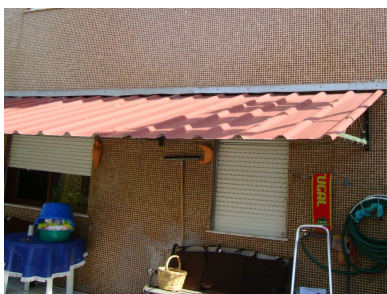


Fig.4.14. – Obstruções horizontais da habitação 2

- Obstruções verticais

As únicas obstruções verticais presentes são referentes aos vãos envidraçados do piso inferior influenciados pelo anexo adjacente ao edifício.

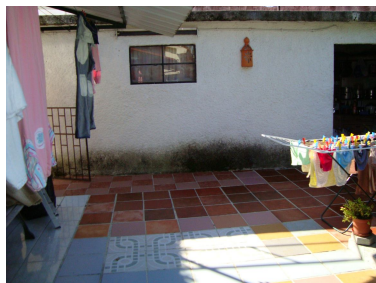


Fig.4.15. – Obstruções verticais da habitação 2

- Vãos envidraçados do tipo Env 1

Os envidraçados são constituídos por vidro simples incolor (4mm) com caixilharia em madeira, com protecção solar exterior constituída por persianas plásticas de cor clara.

Como as protecções exteriores são em persianas plásticas, têm uma permeabilidade ao ar baixa [8].

$$U = 3,4 \text{ W } / (\text{m}^2 \cdot \text{°C}) \text{ [8] (quadro III.2, pág. III.4)}$$

- Com protecção interior de cortinas muito transparentes:

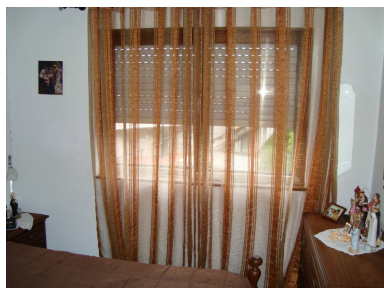


Fig.4.16. – Vãos envidraçados Env 1 (cortinas muito transparentes) da habitação 2

Quadro 4.5. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 1 (cortinas muito transparentes) da habitação 2

$g_{\perp v}$	g_{\perp}'	$g_{\perp}'_{int}$	$g_{\perp}'_{Inv}$	$g_{\perp}'_{Ver}$
0,88	0,07	0,70	0,72	0,31

Os envidraçados com características correspondentes a estas são: V1, V6, V7, V8 e V11. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

- Com protecção interior de cortinas transparentes de cor média:



Fig.4.17. – Vãos envidraçados Env 1 (cortinas transparentes) da habitação 2

Quadro 4.6. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 1 (cortinas transparentes) da habitação 2

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	$g_{\perp}^{i\text{int}}$	$g_{\perp}^{i\text{inv}}$	$g_{\perp}^{i\text{ver}}$
0,88	0,07	0,48	0,50	0,31

O envidraçado com características correspondentes a estas é o V2. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

- Vãos envidraçados do tipo Env 2

O envidraçado é constituído por vidro simples colorido (4mm) com caixilharia em madeira, e sem protecção exterior.

- Com protecção interior de cortinas muito transparentes:



Fig.4.18. – Vãos envidraçados Env2 (cortinas muito transparentes) da habitação 2

$$U = 5,1 \text{ W } / (\text{m}^2 \cdot \text{°C}) \text{ [8] (quadro III.2, pág. III.4)}$$

Quadro 4.7. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 2 (cortinas muito transparentes) da habitação 2

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	$g_{\perp}^{i\text{int}}$	$g_{\perp}^{i\text{inv}}$	$g_{\perp}^{i\text{ver}}$
0,70	-	0,70	0,58	0,70

Os envidraçados com características correspondentes a estas são: V4, V5 e V9. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

-Com protecção interior de cortinas transparentes de cor média:



Fig.4.19. – Vãos envidraçados Env 2 (cortinas transparentes) da habitação 2

$$U = 5,1 \text{ W } / (\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}) \text{ [8] (quadro III.2, pág. III.4)}$$

Quadro 4.8. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 2 (cortinas transparentes) da habitação 2

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	g_{\perp}^{int}	g_{\perp}^{Inv}	g_{\perp}^{Ver}
0,70	-	0,48	0,40	0,70

Os envidraçados com características correspondentes a estas são o Env 3 e Env 10. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

4.2.3. HABITAÇÃO 3

4.2.3.1. Paredes

- Paredes exteriores do tipo Pext 1

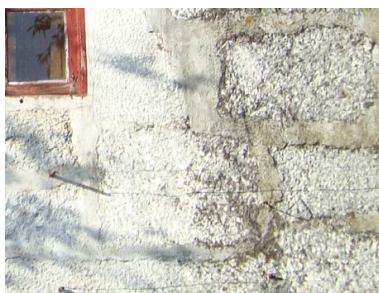


Fig.4.20. – Parede exterior Pext 1 da habitação 3

As paredes são simples constituídas por um pano de granito com espessura de aproximadamente 65cm. Apenas existe revestimento interior, em reboco de argamassa de cimento.

Neste caso o valor do coeficiente de transmissão térmica (U) da parede exterior não é majorado em 35%, pois as paredes são de alvenaria resistente.

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,65}{2,8} + \frac{0,015}{1,3} + 0,04} = 2,42 \text{ W } /(\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Resistências térmicas das alvenarias de granito com 2500-2700kg/m³ de massa volúmica aparente seca → λ = 2,8W/(m.°C) [8] (quadro I.2, pág. I.4);
- Condutibilidade térmica do reboco de argamassa de cimento tradicional com 1800-2000kg/m³ de massa volúmica aparente seca → λ = 1,3W/(m.°C) [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Resistências térmicas superficiais horizontais → R_{se} = 0.04m².°C/W e R_{si} = 0.13m².°C/W [8] (quadro I.3, pág. I.11).

As paredes da fracção constituídas pela solução construtiva Pext 1 estão presentes no Anexo IV.

- Paredes exteriores do tipo Pext 2

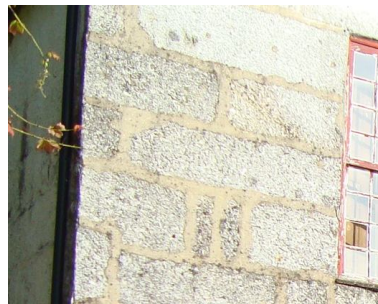


Fig.4.21. – Parede exterior Pext 2 da habitação 3

As paredes são simples constituídas por um pano de granito com espessura de aproximadamente 30 cm, apenas com revestimento interior, em reboco de argamassa de cimento.

Neste caso o valor do coeficiente de transmissão térmica (U) da parede exterior não é majorado em 35%, pois as paredes são de alvenaria resistente.

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,30}{2,8} + \frac{0,015}{1,3} + 0,04} = 3,46 \text{ W } /(\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Resistências térmicas das alvenarias de granito com 2500-2700kg/m³ de massa volúmica aparente seca → λ = 2,8W/(m.°C) [8] (quadro I.2, pág. I.4);
- Condutibilidade térmica do reboco de argamassa de cimento tradicional com 1800-2000kg/m³ de massa volúmica aparente seca → λ = 1,3W/(m.°C) [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Resistências térmicas superficiais horizontais → R_{se} = 0.04m².°C/W e R_{si} = 0.13m².°C/W [8] (quadro I.3, pág. I.11).

As paredes da fracção constituídas pela solução construtiva Pext 2 estão presentes no Anexo IV.

- Paredes exteriores do tipo Pext 3



Fig.4.22. – Parede exterior Pext 3 da habitação 3

As paredes são simples constituídas por um pano de granito com aproximadamente 30cm de espessura. Existe revestimento interior, em reboco de argamassa de cimento e no lado exterior a parede é revestida com telha cerâmica e por um material de impermeabilizante.

Neste caso o valor do coeficiente de transmissão térmica (U) da parede exterior não é majorado em 35%, pois as paredes são de alvenaria resistente.

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,30}{2,8} + \frac{0,015}{1,3} + \frac{0,01}{0,6} + \frac{0,003}{0,23} + 0,04} = 3,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Condutibilidade térmica de alvenaria de granito com 2500-2700kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda = 2,8 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.4);
- Condutibilidade térmica do reboco de argamassa de cimento tradicional com 1800-2000kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda = 1,3 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Condutibilidade térmica de telha cerâmica com 1400-1600kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda = 0,6 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.4);
- Condutibilidade térmica de membranas flexíveis impregnadas com betume com 1000-1100kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda = 0,23 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.9);
- Resistências térmicas superficiais horizontais → $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ [8] (quadro I.3, pág. I.11).

As paredes da fracção constituídas pela solução construtiva Pext 3 estão presentes no Anexo IV.

4.2.3.2. Pontes Térmicas Planas

Na habitação em estudo não existem pontes térmicas planas, pois a estrutura foi executada em alvenaria resistente. Assim, não se aplica a majoração do valor do coeficiente de transmissão térmica (U) da zona corrente em 35%

4.2.3.3. Pavimentos

- Pavimento exterior do tipo Pav 1



Fig.4.23. – Pavimento exterior Pav 1 da habitação 3

A laje é constituída por laje de madeira maciça densa (2,5cm).

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,025}{0,23} + 0,17} = 3,14 \text{ W } /(\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Condutibilidade térmica de madeira maciça densa com 750-870kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda=0,23\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Resistências térmicas superficiais verticais (considerando fluxo descendente) → $R_{se}=0.04\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$ e $R_{si}=0.17\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$ [8] (quadro I.3, pág. I.11).

O pavimento da fracção constituído pela solução construtiva Pav 1 está presente no Anexo IV.

4.2.3.4. Vãos Envidraçados

- Obstruções no horizonte

As obstruções no horizonte presentes nesta habitação são relativas a vegetação, isto porque se encontra numa zona rural.

Quase na totalidade dos casos, estas obstruções perfazem um ângulo superior a 45°.

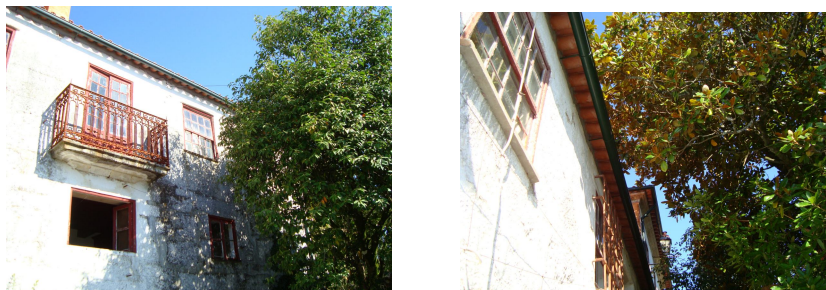


Fig.4.24. – Obstruções no horizonte da habitação 3

- Obstruções horizontais

A maioria dos vãos envidraçados possui obstruções horizontais com ângulo inferior a 45° provocado pela saliência da cobertura ou por uma varanda.

Existem ainda casos em que estas possuem um ângulo superior a 45° e casos pontuais de pisos intermédios onde tais obstruções não existem.



Fig.4.25. – Obstruções horizontais da habitação 3

- Obstruções verticais

A existência de obstruções verticais é quase nula tendo em conta o número de vãos envidraçados existentes. Curioso é, que em quase todos os casos onde este tipo de obstruções existe estas possuem um ângulo superior a 45° .



Fig.4.26. – Obstruções verticais da habitação 3

- Vãos envidraçados do tipo Env 1



Fig.4.27. – Vãos envidraçados Env 1 da habitação 3

Os vãos envidraçados são constituídos por vidro simples incolor (4mm) com caixilharia em aço fixa e sem corte térmico, sem protecção solar exterior. Foram consideradas protecções interiores de cortinas

muito transparentes, que apesar de não existirem, deste modo é feita uma avaliação pelo lado da segurança já que funcionam como obstrução na estação de aquecimento.

$$U = 6,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \text{ [8] (quadro III.2, pág. III.4)}$$

Quadro 4.9. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 1 da habitação 3

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	$g_{\perp}^{i \text{int}}$	$g_{\perp}^{i \text{Inv}}$	$g_{\perp}^{i \text{Ver}}$
0,88	-	0,70	0,72	0,88

Os envidraçados com características correspondentes a estas são: V1, V2 e V3. A localização destes envidraçados encontra-se explícita no Anexo IV.

- Vão envidraçado do tipo Env 2



Fig.4.28. – Vãos envidraçados Env 2 da habitação 3

O envidraçado é constituído por vidro simples incolor (4mm) com caixilharia em aço giratória e sem corte térmico, sem protecção solar exterior e com protecção solar interior de portadas de madeira opaca escura. Foram consideradas protecções interiores de cortinas muito transparentes.

Como as protecções solares são portadas opacas de madeira, têm uma permeabilidade ao ar baixa [8].

$$U = 3,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \text{ [8] (quadro III.2, pág. III.4)}$$

Quadro 4.10. – Factores solares dos vãos envidraçados do tipo Env 2 da habitação 3

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	$g_{\perp}^{i \text{int}}$	$g_{\perp}^{i \text{Inv}}$	$g_{\perp}^{i \text{Ver}}$
0,88	0,50	0,70	0,72	0,61

O envidraçado com características correspondentes a estas é o V4. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

- Vãos envidraçados do tipo Env 3



Fig.4.29. – Vãos envidraçados Env 3 da habitação 3

O envidraçado é constituído por vidro simples incolor (4 mm) com caixilharia de madeira, sem protecção solar exterior e com protecção solar interior de portadas de madeira escura. Foram consideradas protecções interiores de cortinas muito transparentes.

Como as protecções solares são portadas opacas de madeira, têm uma permeabilidade ao ar baixa [8].

$$U = 3,4 \text{ W } / (\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}) \text{ [8] (quadro III.1, pág. III.3)}$$

Quadro 4.11. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 3 da habitação 3

$g_{\perp v}$	g_{\perp}'	$g_{\perp}'_{int}$	$g_{\perp}'_{inv}$	$g_{\perp}'_{ver}$
0,88	0,50	0,70	0,72	0,61

Os envidraçados com características correspondentes a estas são: V5, V6, V7, V10, V11, V12, V14, V15, V16, V19, V20, V21, V22, V23, V24, V25, V29, V30, V31, V32 e V33. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

- Vãos envidraçados do tipo Env 4

O envidraçado é constituído por vidro simples (4 mm) com caixilharia de madeira, sem protecção solar exterior. Foram consideradas protecções interiores de cortinas muito transparentes.

$$U = 5,1 \text{ W } / (\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}) \text{ [8] (quadro III.1, pág. III.3)}$$

- Com vidro colorido:



Fig.4.30. – Vãos envidraçados Env 4 (vidro colorido) da habitação 3

Quadro 4.12. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 4 (vidro colorido) da habitação 3

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	g_{\perp}^{int}	g_{\perp}^{Inv}	g_{\perp}^{Ver}
0,70	-	0,70	0,58	0,70

Os envidraçados com características correspondentes a estas são o V8 e V9. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

- Com vidro incolor:



Fig.4.31. – Vãos envidraçados Env 4 (vidro incolor) da habitação 3

Quadro 4.13. – Factores solares dos vãos envidraçados Env 4 (vidro incolor) da habitação 3

$g_{\perp v}$	g_{\perp}^i	g_{\perp}^{int}	g_{\perp}^{Inv}	g_{\perp}^{Ver}
0,88	-	0,70	0,72	0,88

Os envidraçados com características correspondentes a estas são: V13, V17, V18, V26, V27 e V28. A sua localização encontra-se explícita no Anexo IV.

- Vão envidraçado do tipo Env horizontal



Fig.4.32. – Vão envidraçado horizontal da habitação 3

O envidraçado é constituído por vidro simples incolor (4 mm) com caixilharia em aço fixa e sem corte térmico, sem protecção solar exterior e interior.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{6,0} - 0,04} = 7,89 \text{ W } /(\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}) \text{ [8] (quadro III.1, pág. III.3)}$$

4.3. ANÁLISE DA ENVOLVENTE INTERIOR

4.3.1. HABITAÇÃO 1

4.3.1.1. Pavimentos

- Pavimento interior do tipo Pav 1



Fig.4.33. – Pavimento interior Pav 1 da habitação 1

A laje é constituída por laje de betão aligeirada de blocos cerâmicos (19cm), é rebocada com argamassa de cimento na base inferior e superior. Tem um acabamento em soalho de madeira.

$$U = \frac{1}{0,17 + 0,19 + \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,07}{1,3} + \frac{0,02}{0,15} + 0,17} = 1,37 \text{ W } /(\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Resistência térmica da laje de betão aligeirada (considerando fluxo descendente por se tratar da lajes de pavimento) → $R_{laje19}=0.19m^2 \cdot ^\circ C/W$ [8] (quadro I.7, pág. I.14), valor calculado por interpolação;
- Condutibilidade térmica do reboco de argamassa de cimento tradicional com 1800-2000kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda=1,3W/(m \cdot ^\circ C)$ [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Condutibilidade térmica do soalho em madeiras leves com 435-565kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda=0,15W/(m \cdot ^\circ C)$ [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Resistências térmicas superficiais verticais (considerando fluxo descendente porque se trata de pavimentos) → $R_{se}=R_{si}=0.17m^2 \cdot ^\circ C/W$ [8] (quadro I.3, pág. I.11).

O pavimento da fracção constituído pela solução construtiva Pav 1 está presente no Anexo IV.

4.3.1.2. Coberturas

- Cobertura interior do tipo Cob 1



Fig.4.34. – Cobertura interior Cob1 da habitação 1

A cobertura é constituída por laje de betão aligeirada com blocos de cerâmicos (15cm), com a base interior da laje estucada. O desvão é não habitado, tendo-se considerado este espaço como área não útil.

$$U = \frac{1}{0,10 + 0,13 + \frac{0,02}{0,57} + 0,10} = 2,74 W / (m^2 \cdot ^\circ C)$$

Considerações efectuadas:

- Resistência térmica da laje de betão aligeirada (considerando fluxo ascendente por se tratar da lajes de cobertura) → $R_{laje15}=0.13m^2 \cdot ^\circ C/W$ [8] (quadro I.7, pág. I.14);
- Condutibilidade térmica de estuque tradicional com 1000-1300kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda=0,57W/(m \cdot ^\circ C)$ [8] (quadro I.2, pág. I.6);
- Resistências térmicas superficiais verticais (considerando fluxo ascendente porque se trata de uma cobertura) → $R_{se}=R_{si}=0.10m^2 \cdot ^\circ C/W$ [8] (quadro I.3, pág. I.11).

A cobertura da fracção constituída pela solução construtiva Cob 1 está presente no Anexo IV.

4.3.2. HABITAÇÃO 2

4.3.2.1. Paredes

Não foram consideradas como paredes interiores as que dividem a fracção em estudo da contígua, pois trata-se de habitações geminadas, construídas como um só edifício sem qualquer junta de dilatação, funcionando assim como parede sem requisitos térmicos.

4.3.2.2. Coberturas

- Cobertura interior do tipo Cob 1

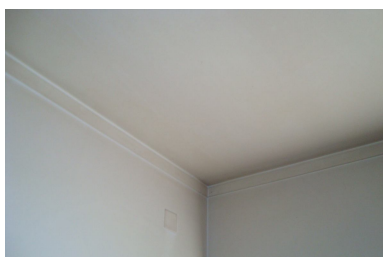


Fig.4.35. – Cobertura interior Cob 1 da habitação 2

A cobertura é constituída por laje de betão aligeirada com blocos de cerâmicos (15cm), com a base interior da laje estucada. O desvão é não habitado, tendo-se considerado este espaço como área não útil.

$$U = \frac{1}{0,10 + 0,13 + \frac{0,02}{0,57} + 0,10} = 2,74 \text{ W } /(\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Resistência térmica da laje de betão aligeirada (considerando fluxo ascendente por se tratar da lajes de cobertura) → $R_{\text{laje}15} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{W}$ [8] (quadro I.7, pág. I.14);
- Condutibilidade térmica de estuque tradicional com 1000-1300kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda = 0,57 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ \text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.6);
- Resistências térmicas superficiais verticais (considerando fluxo ascendente) → $R_{\text{se}} = R_{\text{si}} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{W}$ [8] (quadro I.3, pág. I.11).

A cobertura da fracção constituída pela solução construtiva Cob 1 está presente no Anexo IV.

4.3.3. HABITAÇÃO 3

4.3.3.1. Paredes

- Paredes interiores do tipo Pint 1



Fig.4.36. – Parede interior Pint 1 da habitação 3

As paredes são simples constituídas por um pano de granito com espessura de 65cm e apenas são revestidas no interior, em reboco de argamassa de cimento (1,5cm).

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,65}{2,8} + \frac{0,015}{1,3} + 0,13} = 1,99 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Resistências térmicas das alvenarias de granito com 2500-2700kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda = 2,8 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ \text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.4);
- Condutibilidade térmica do reboco de argamassa de cimento tradicional com 1800-2000kg/m³ de massa volúmica aparente seca → $\lambda = 1,3 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ \text{C})$ [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Resistências térmicas superficiais horizontais → $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot ^\circ \text{C}/\text{W}$ e $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ \text{C}/\text{W}$ [8] (quadro I.3, pág. I.11).

As paredes da fracção constituídas pela solução construtiva Pext 1 estão presentes no Anexo IV.

4.3.3.2. Coberturas

- Cobertura interior do tipo Cob 1



Fig.4.37. – Cobertura interior Cob 1 da habitação 3

A cobertura é constituída por laje de madeira densa. O desvão é não habitado, considerando-se este espaço como área não útil.

$$U = \frac{1}{0,10 + \frac{0,025}{0,23} + 0,10} = 3,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Condutibilidade térmica de madeira maciça densa com 750-870kg/m³ de massa volúmica aparente seca → λ=0,23W/(m.°C) [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Resistências térmicas superficiais verticais (considerando fluxo ascendente) → R_{se}=R_{si}=0.10m².°C/W [8] (quadro I.3, pág. I.11).

A cobertura da fracção constituída pela solução construtiva Cob 1 está presente no Anexo IV.

- Cobertura interior do tipo Cob 2



Fig.4.38. – Cobertura interior Cob 2 da habitação 3

Devido à dificuldade de saber quais as soluções construtivas presentes nesta cobertura resultante da impossibilidade de aceder ao desvão, optou-se por tentar encontrar uma obra com solução construtiva que indicasse sérias semelhanças.

Tal foi possível e acedeu-se a essa mesma obra, na qual se estava a proceder a uma profunda reabilitação. As paredes que indicavam ter a mesma solução construtiva que a cobertura da habitação em estudo.



Fig.4.39. – Solução construtiva semelhante à cobertura interior Cob 2 da habitação 3

Após a pesquisa, decidiu considerar-se que a cobertura é constituída por laje de madeira densa (4cm) e inferiormente por a mistura de madeira com gesso (parquet) (2cm) como se pode verificar na imagem. Surgiu outro problema, a elevada dificuldade na determinação correcta de características térmicas da

mistura, considerou-se as correspondentes ao gesso tradicional, visto ter uma condutibilidade térmica mais alta que a madeira, logo, com características termicamente mais desfavoráveis. A base interior da laje é estucada. O desvão é não habitado, tendo-se considerado este espaço como área não útil.

$$U = \frac{1}{0,10 + \frac{0,02}{0,57} + \frac{0,02}{0,57} + \frac{0,04}{0,23} + 0,10} = 2,25 \text{ W } /(\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Condutibilidade térmica de madeira maciça densa com 750-870kg/m³ de massa volúmica aparente seca → λ=0,23W/(m.°C) [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Condutibilidade térmica de estuque tradicional com 1200kg/m³ de massa volúmica aparente seca → λ=0,57W/(m.°C) [8] (quadro I.2, pág. I.6);
- Resistências térmicas superficiais verticais (considerando fluxo ascendente) → R_{se}=R_{si}=0.10m².°C/W [8] (quadro I.3, pág. I.11).

A cobertura da fracção constituída pela solução construtiva Cob 2 está presente no Anexo IV.

4.3.3.3. Pavimentos

- Pavimento interior do tipo Pav 2



Fig.4.40. – Pavimento interior Pav 2 da habitação 3

A laje é constituída por laje de madeira maciça densa (2,5cm).

$$U = \frac{1}{0,17 + \frac{0,025}{0,23} + 0,17} = 2,23 \text{ W } /(\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Considerações efectuadas:

- Condutibilidade térmica da madeira maciça densa com 750-870kg/m³ de massa volúmica aparente seca → λ=0,23W/(m.°C) [8] (quadro I.2, pág. I.7);
- Resistências térmicas superficiais verticais (considerando fluxo descendente) → R_{se}=R_{si}=0.17m².°C/W [8] (quadro I.3, pág. I.11).

O pavimento da fracção constituído pela solução construtiva Pav 2 está presente no Anexo IV.

4.3.3.4. Vãos Envidraçados

- Vão envidraçado em contacto com a adega



Fig.4.41. – Envidraçado interior da habitação 3

O envidraçado é constituído por vidro simples colorido (4mm) com caixilharia de madeira.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{5,1} + 0,09} = 3,5W / (m^2 \cdot ^\circ C) \quad [3] \text{ (quadro III.4, pág. III.7)}$$

4.4. ANÁLISE DE PONTES TÉRMICAS LINEARES E DE ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO

Na definição das pontes térmicas lineares e dos elementos em contacto com o solo foram feitas as seguintes considerações seguindo as recomendações da Nota Técnica [3] para a certificação energética de edifícios existentes:

- Na contabilização das pontes térmicas relativas a paredes em contacto com o solo, como foi contabilizada, na sua totalidade, a área de parede em contacto com o solo na área de parede de envolvente exterior, considera-se que $\psi = 0W/m \cdot ^\circ C$;
- Relativamente ao contacto do pavimento com o solo, se a cota do pavimento for inferior à do terreno exterior considera-se $\psi = 1,5W/m \cdot ^\circ C$. Caso contrário, considera-se que $\psi = 2,5W/m \cdot ^\circ C$;
- No que diz respeito às pontes térmicas lineares considera-se apenas o desenvolvimento linear total das ligações de fachadas com pavimentos, cobertura ou varanda e utiliza-se um valor convencional de $\psi = 0,75W/m \cdot ^\circ C$, desprezando as ligações de fachada com caixa de estore, padieira, ombreira ou peitoril e as ligações entre duas paredes verticais.

Os desenvolvimentos quer das pontes térmicas lineares, quer das paredes em contacto com o solo estão presentes no Anexo IV.

4.4.1. HABITAÇÃO 1

4.4.1.1. Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda ($\psi = 0,75W/m \cdot ^\circ C$)

$$B = 116,18m$$

4.4.2. HABITAÇÃO 2

4.4.2.1. Pavimento em Contacto com o Solo com Cota Igual ou Superior ao Terreno ($\psi=2,5\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

$$B = 19,10m$$

4.4.2.2. Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda ($\psi=0,75\text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

$$B = 71,50m$$

4.4.3. HABITAÇÃO 3

4.4.3.1. Pavimento em Contacto com o Solo com Cota Igual ou Superior ao Terreno ($\psi=2,5\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

$$B = 18,75m$$

4.4.3.2. Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda ($\psi=0,75\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

$$B = 246,39m$$

4.4.3.3. Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda (Separação de Espaços Não Úteis) ($\psi=0,75\text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

$$B = 46,06m$$

4.5. CARACTERIZAÇÃO DOS ESPAÇOS NÃO ÚTEIS

Segundo a Nota Técnica disponibilizada pela ADENE [3] para a certificação energética de edifícios existentes, como regra de simplificação relativa ao coeficiente de redução de perdas (τ) é atribuído um valor convencional de 0,75 a todos os espaços não aquecidos.

Os espaços não aquecidos estão presentes no Anexo IV.

4.5.1. HABITAÇÃO 1

4.5.1.1. Desvão Não Útil

Área da cobertura Cob 1 sob o desvão não útil=176,51m².

$$\tau = 0,75$$

4.5.1.2. Garagem

Área do pavimento Pav 1 sobre a garagem=176,51m².

$$\tau = 0,75$$

4.5.2. HABITAÇÃO 2

4.5.2.1. Desvão Não Útil

Área da cobertura Cob 1 sob o desvão não útil =40,93m².

$\tau =0,75$

4.5.3. HABITAÇÃO 3

4.5.3.1. Desvão Não Útil

Área da cobertura Cob 1 sob o desvão não útil piso 1=151,79m².

$\tau =0,75$

Área da cobertura Cob 2 sob o desvão não útil piso 2=86,20m².

$\tau =0,75$

4.5.3.2. Adegas

Área da parede Pint 1 em contacto com a adega=30,80m².

$\tau =0,75$

Área do pavimento Pav 2 em contacto com a adega=74,62m².

$\tau =0,75$

4.5.3.3. Capoeira

Área da parede Pint 1 em contacto com a capoeira=6,03m².

$\tau =0,75$

4.5.3.4. Curral

Área do pavimento Pav 2 em contacto com o curral=42,33m².

$\tau =0,75$

4.5.3.5. Chaminé

Área de parede Pint 1 em contacto com a chaminé=74,62 m².

$\tau =0,75$

4.6. INÉRCIA TÉRMICA

Tal como mencionado no ponto 3.4.4. do capítulo referente aos parâmetros e indicadores utilizados, para a classificação das habitações relativamente à inércia térmica, segundo a Nota Técnica disponibilizada pela ADENE [3] é necessário que estas satisfaçam cumulativamente um conjunto de condições relativas a cada uma das classificações de inércia térmica. As obtidas em cada uma das habitações tendo em conta as suas soluções construtivas foram as seguintes.

4.6.1. HABITAÇÃO 1

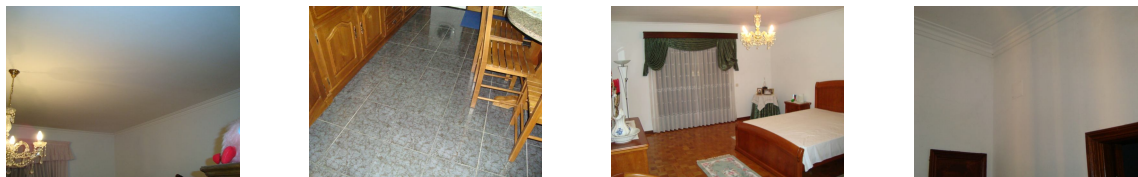


Fig.4.42. – Perspectiva interior da habitação 1

A inércia térmica foi classificada como forte pois satisfaz cumulativamente as características para que tal aconteça.

4.6.2. HABITAÇÃO 2

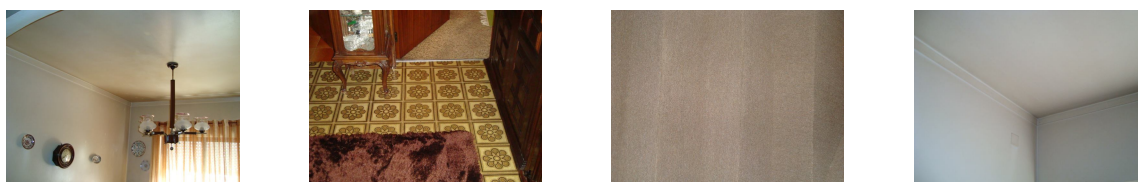


Fig.4.43. – Perspectiva interior da habitação 2

A inércia térmica foi classificada como forte pois satisfaz cumulativamente as características para que tal aconteça.

4.6.3. HABITAÇÃO 3

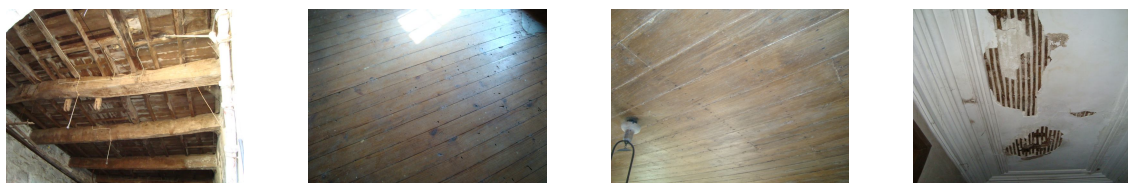


Fig.4.44. – Perspectiva interior da habitação 3

A inércia térmica foi classificada como fraca pois satisfaz cumulativamente as características para que tal aconteça.

4.7. AQUECIMENTO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

Os valores relativos às eficiências dos sistemas de climatização e produção de águas quentes sanitárias aplicados foram os presentes no Anexo VIII da Nota Técnica [3].

Em nenhuma das fracções foi possível comprovar a existência de isolamento na tubagem, assim não se possibilita aumentar a eficiência dos equipamentos de aquecimento de águas quentes sanitárias em 0,10, tal como disposto no mesmo anexo.

Como não existem colectores solares ou qualquer outra forma que possibilite a produção de energia renovável em nenhuma das habitações, não existe qualquer contribuição para a produção de águas quentes sanitárias.

4.7.1. HABITAÇÃO 1

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.

A preparação das AQS é garantida por um esquentador a gás.



Fig.4.45. – Sistema de aquecimento das águas quentes sanitárias da habitação 1

Segundo o Anexo VIII da Nota Técnica, que serve como método de cálculo para certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE [3], visto a idade do aparelho estar compreendida entre 10 e 19 anos, corresponde a este uma eficiência de 0,39.

4.7.2. HABITAÇÃO 2

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.

A preparação das AQS será garantida por um esquentador a gás.



Fig.4.46. – Sistema de aquecimento das águas quentes sanitárias da habitação 2

Segundo o Anexo VIII da Nota Técnica, que serve como método de cálculo para certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE [3], visto a idade do aparelho ser superior a 20 anos, corresponde a este uma eficiência de 0,38.

4.7.3. HABITAÇÃO 3

A tipologia do edifício é T9, pelo que se consideram 10 ocupantes para o mesmo.

Considera-se ainda que a utilização do edifício é permanente.

A preparação das AQS é garantida por um termoacumulador eléctrico.



Fig.4.47. – Sistema de aquecimento das águas quentes sanitárias da habitação 3

Segundo o Anexo VIII da Nota Técnica, que serve como método de cálculo para certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE [3], corresponde a este aparelho uma eficiência de 1,00.

4.8. VENTILAÇÃO

4.8.1. HABITAÇÃO 1

Como o edifício não cumpre a norma NP 1037-1, foi necessário ter em conta que a caixilharia não tem classificação, existem caixas de estore, não existem aberturas auto-reguladas nem portas exteriores bem vedadas e a área dos envidraçados não é superior a 15% da área de pavimento.

O edifício encontra-se na Região A, situado numa zona rural, logo, considerou-se relativamente à classe de exposição ao vento das suas fachadas, que a rugosidade é do tipo II. Visto ter uma altura acima do solo inferior a 10 metros, segundo o quadro IV.2 do Decreto-Lei nº 80/2006 [2], a classe de exposição é 2.

Consultando o Quadro IV.1 verifica-se que o valor da taxa de renovação nominal é de 1,00.

Existem apenas sistemas de ventilação com dispositivos de extracção mecânica de ar de funcionamento intermitente na cozinha, logo não foi considerado qualquer contributo relativo à ventilação mecânica.

4.8.2. HABITAÇÃO 2

Como o edifício não cumpre a norma NP 1037-1, foi necessário ter em conta que a caixilharia não tem classificação, existem caixas de estore, não existem aberturas auto-reguladas nem portas exteriores bem vedadas.

O edifício encontra-se na Região A, situado numa zona urbana, logo, considerou-se relativamente à classe de exposição ao vento das suas fachadas, que a rugosidade é do tipo I. Visto ter uma altura acima do solo inferior a 10 metros, segundo o Quadro IV.2 do Decreto-Lei nº 80/2006 [2], a classe de exposição é 1.

Consultando o Quadro IV.1 verifica-se que o valor da taxa de renovação nominal é de 1,00. Como a área dos envidraçados é superior a 15% da área de pavimento, este valor é agravado em 0,10, obtendo-se assim 1,10.

Existem apenas sistemas de ventilação com dispositivos de extracção mecânica de ar de funcionamento intermitente na cozinha, logo não foi considerado qualquer contributo relativo à ventilação mecânica.

4.8.3. HABITAÇÃO 3

Como o edifício não cumpre a norma NP 1037-1, foi necessário ter em conta que a caixilharia não tem classificação, não existem caixas de estore, não existem aberturas auto-reguladas nem portas exteriores bem vedadas.

O edifício encontra-se na Região A, situado numa zona rural, logo, considerou-se relativamente à classe de exposição ao vento das suas fachadas, que a rugosidade é do tipo II. Visto ter uma altura acima do solo inferior a 10 metros, segundo o Quadro IV.2 do Decreto-Lei nº 80/2006 [2], a classe de exposição é 2.

Consultando o Quadro IV.1 verifica-se que o valor da taxa de renovação nominal é de 0,95. Como a área dos envidraçados é superior a 15% da área de pavimento, este valor é agravado em 0,10, obtendo-se assim 1,05.

Na fracção em estudo não existem quaisquer sistemas de ventilação com dispositivos de extracção mecânica de ar.

4.9. SISTEMAS DE AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO

Em nenhuma das fracções em estudo existem quaisquer sistemas de aquecimento e de arrefecimento. Considera-se, em todas elas, para efeitos do cálculo das necessidades nominais globais de energia primária (N_{tc}), que o sistema de aquecimento é obtido por resistência eléctrica e que o sistema de arrefecimento é uma máquina frigorífica (ciclo de compressão). Assim sendo, as eficiências são respectivamente $\eta_i=1$ e $\eta_v=3$.

4.10. CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DAS FRACÇÕES

Segundo o artigo nº 2 do despacho 10250/2008 [7], a classificação energética das fracções, dividida em nove classes, é feita de acordo com valores de R. O parâmetro R é obtido através do rácio dos índices relativos às necessidades globais de energia primária N_{tc} e N_t , e a cada classe corresponde um intervalo de valores deste mesmo parâmetro como se pode constatar na figura 4.48.

Classe Energética	Valor de R
A+	$R \leq 0,25$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$
C	$1,00 < R \leq 1,50$
D	$1,50 < R \leq 2,00$
E	$2,00 < R \leq 2,50$
F	$2,50 < R \leq 3,00$
G	$R > 3,00$

Fig.4.48. – Valores do parâmetro R correspondentes a cada classe energética [7]

4.10.1. HABITAÇÃO 1

Na fracção em estudo obteve-se um valor de cálculo relativo às necessidades nominais globais de energia primária (N_{tc}) igual a 12,34kgep/m².ano. Considerando que as necessidades nominais globais de energia primária (N_t) são de 4,64kgep/m².ano, analisando o rácio N_{tc}/N_t obtém-se o valor do parâmetro R igual a 2,66, que corresponde à classificação F.

4.10.2. HABITAÇÃO 2

Na fracção em estudo obteve-se um valor de cálculo relativo às necessidades nominais globais de energia primária (N_{tc}) igual a 17,69kgep/m².ano. Considerando que as necessidades nominais globais de energia primária (N_t) são de 8,43kgep/m².ano, fazendo o rácio N_{tc}/N_t obtém-se o valor do parâmetro R igual a 2,10, que corresponde à classificação E.

4.10.2. HABITAÇÃO 3

Na fracção em estudo obteve-se um valor de cálculo relativo às necessidades nominais globais de energia primária (N_{tc}) igual a 22,88kgep/m².ano. Considerando que as necessidades nominais globais de energia primária (N_t) são de 6,48kgep/m².ano, fazendo o rácio N_{tc}/N_t obtém-se o valor do parâmetro R igual a 3,53, que corresponde à classificação G.

5

ESTUDO DE SENSIBILIDADE SOBRE VÃOS ENVIDRAÇADOS

5.1. CARACTERÍSTICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS

No âmbito do comportamento térmico a intervenção dos vãos envidraçados pode ser associada a papéis bastante distintos.

Na estação de aquecimento estes elementos da envolvente propiciam um contributo térmico positivo ao garantirem ganhos solares, mas também estão associados às perdas térmicas para o exterior.

Na estação de arrefecimento contribuem com os mesmos ganhos solares quando estes não são necessários e propiciam perdas térmicas que ajudam a diminuir a temperatura, pois a temperatura de referência exterior é tida como inferior à presente no interior da fracção.

Os vãos envidraçados são por isso constantemente conotados como áreas críticas para o conforto térmico, e como tal interessa que sejam projectados com especial prudência.

O seu comportamento térmico é influenciado por diversos componentes associados aos vãos envidraçados os quais de seguida serão abordados individualmente, de forma a aprofundar o conhecimento relativo a estes, propiciando assim que o estudo de sensibilidade apresentado seja mais facilmente compreendido.

5.1.1. ÁREA

Visto os vãos envidraçados serem os elementos da envolvente do edifício que permitem a interacção mais directa com o clima interessa que possuam uma proporção de área adequada.

Quanto maior for a área envidraçada maiores serão os ganhos solares no Inverno. Mas também haverá um maior volume de perdas térmicas, pelo que um adequado dimensionamento dos vãos envidraçados é fundamental. Se por um lado, vãos generosos beneficiam a admissão de luz natural e potenciam o aproveitamento da radiação solar térmica durante a estação de aquecimento, por outro lado, do ponto de vista do desempenho térmico de Verão há necessidade de controlar os mesmos.

Interessa então, para obter a proporção adequada, ter em consideração a variação do percurso do Sol durante as quatro estações do ano, determinando a capacidade de penetração da radiação solar nos espaços interiores e a respectiva captação do seu calor, devendo por isso ser pensadas consoante o clima em questão.

Para se alcançar condições de conforto no interior, é necessário que ocorra um equilíbrio entre as áreas dos vãos envidraçados – que reagem ao clima de forma instantânea – e as áreas opacas – que, pela sua estabilidade, atenuam o impacto das incidências extremas do clima.

Constata-se assim, que a melhoria do desempenho energético com base na área é um processo complexo e de carácter evolutivo. Do ponto de vista da reabilitação, o controlo dos ganhos solares não deve ser, regra geral, efectuado mediante alterações das dimensões dos vãos envidraçados devido ao grau de intervenção que comporta, mas antes através do controlo das propriedades dos vidros ou mediante a utilização de dispositivos de sombreamento.

5.1.2. ORIENTAÇÃO E OBSTRUÇÃO

A orientação dos vãos envidraçados culmina no cálculo térmico com o factor orientação (X) relativamente à estação de aquecimento, o qual interessa que seja mais elevado possível, para que se consiga obter um maior volume de ganhos. No que diz respeito à estação de aquecimento, estão presentes a intensidade da radiação solar e o factor de selectividade angular (F_w), os quais interessam diminuir de modo a que sejam reduzidos os ganhos solares nesta estação.

Analisando estes factores, verifica-se que os valores mais favoráveis se encontram na orientação Sul. A qual permite a entrada de raios solares, com consequente aumento de ganhos solares directos, durante os meses em que o Sol está mais baixo (Inverno) e elimina a entrada dos raios solares quando este se encontra mais alto (Verão).

Como base meramente indicativa, existe o valor de 35% de área ocupada pelos vãos envidraçados no alçado Sul [40].

No que diz respeito ao sombreamento, este deve existir nos vãos envidraçados de modo a que seja controlado o grau de luminosidade e a quantidade de raios solares directos que penetram a habitação, sendo as orientações Nascente e Poente as que necessitam de ser mais protegidas.

Durante o Inverno, altura em que todos os ganhos solares são positivos, estes vãos servirão justamente para deixar entrar o calor do Sol, porém, durante os meses mais quentes, sobretudo a orientação Poente deve ser muito protegida, devendo ser sombreada pelo exterior, com um dimensionamento conservador.

Isto com o intuito de precaver o edifício do sobreaquecimento, numa altura em que esta radiação não é favorável pois o calor incidente durante todo o dia já saturou a capacidade de absorção e acumulação da massa térmica do edifício.

Os vãos envidraçados a Norte têm um peso importante no balanço pois têm perdas térmicas e nunca ganhos energéticos. Apesar disso, têm como vantagem a garantia de uma ventilação adequada, proporcionando ainda uma boa iluminação natural, evitando o excesso de luz solar directa que é característica de outras orientações.

De salvaguardar que é de evitar uma possível área grande de vãos envidraçados com esta orientação ou então deve ser pensada em conjunto com um aumento da área dos vãos orientados a Sul, de modo a avaliar o equilíbrio entre os ganhos e as perdas energéticas.

Relativamente às clarabóias, quando o plano do vão envidraçado se aproxima do horizontal, são vãos que oferecem uma iluminação muito especial e positiva nos dias mais frios de Inverno, porém são vãos extremamente perigosos no contexto climático existente em Portugal. Os raios solares são

demasiado intensos em vários dias do ano resultando num sobreaquecimento por consequência do efeito estufa.

Este risco de sobreaquecimento deve ser completamente eliminado através da ventilação natural e de um sombreamento exterior eficaz. Sempre que sejam tomadas medidas que atenuem este efeito negativo, as clarabóias podem ter um papel muito enriquecedor para a qualidade de iluminação no espaço que adornam.

5.1.3. CAIXILHARIA

Na escolha de uma caixilharia existem diversas características que interessam satisfazer.

- Custo baixo;
- Módulo de elasticidade alto;
- Condutibilidade térmica baixa;
- Resistência à corrosão baixa;
- Resistência ao fogo alta;
- Impacto ambiental baixo.

Do ponto de vista térmico, é fundamental que a escolha recaia sobre uma caixilharia que contribua para um reforço do respectivo isolamento térmico (por exemplo, com corte térmico), reduzindo as infiltrações de ar não controláveis através das suas juntas e os problemas de desconforto associados a uma possível elevada permeabilidade.

Para além disso, interessa também, sempre que possível, que estas sejam dotadas de folhas móveis ou mecanismos de abertura que permitam a ventilação interior e que sejam competentes de modo a minimizar a sensação de desconforto.

Caso não se pretenda proceder à substituição da caixilharia, apesar de não se conseguir uma diminuição tão significativa das perdas, estas podem sempre ser reduzidas com algumas medidas:

- Afinação dos caixilhos, com ajustamento eventual das respectivas posições;
- Interposição de perfis vedantes nas juntas móveis;
- Substituição de materiais de vedação envelhecidos das juntas vidro-caixilho.

Os materiais mais utilizados no mercado das caixilharias são a madeira, o alumínio e o PVC. Todas elas têm comportamentos diferentes entre si perante diferentes solicitações, tendo por isso sido estudadas separadamente.

5.1.3.1. Caixilharia em Madeira

Se antigamente a madeira era o componente mais utilizado para caixilharias, este fenómeno veio-se a alterar. O avanço tecnológico, e o elevado preço desta solução, trouxe consigo um grande impacto relativo ao crescimento da aplicação de novos materiais.



Fig.5.1. – Caixilharia em madeira

O PVC e o alumínio têm vindo a assumir o mercado, isto porque o custo da madeira se tem mostrado superior e apresentado um mau desempenho em muitos edifícios.

Este mau desempenho é muito por culpa da necessidade de se possuir um conhecimento do tipo de madeira a aplicar e as suas características de desempenho, mediante as exigências a que vai ser solicitada, de modo a que seja sujeita a um tratamento adequado a estas.

Este tratamento toma um papel preponderante, pois a caixilharia em madeira estará sujeita à luz solar, água, vento e clima, que terão um papel muito activo na sua degradação. É por isso uma solução que necessita de uma manutenção adequada.

A madeira utilizada como material de construção não possui uma durabilidade concretamente definida mas esta, tal como referido, está fortemente associada à sua escolha, aplicação e ao tipo de tratamento aplicado, sendo que existem construções seculares com elementos em madeira.

Quadro 5.1. – Características da madeira [22]

Características da madeira	
Durabilidade	Tempo indefinido
Energia incorporada	Baixa se comparada com o alumínio
Impactos de transporte	Pode ser mais facilmente extraída de regiões próximas
Emissão de gases	Não emite gases tóxicos
Reciclagem	Pode ser reciclada para dar origem a outros produtos de madeira
Extracção	Pode ser penosa ao meio ambiente se não for feita racionalmente
Degradação	É um material biodegradável

5.1.3.1. Caixilharia em Alumínio

Apesar de o alumínio ser um material recente, é hoje o segundo metal mais utilizado, perdendo em utilização apenas para o aço.



Fig.5.2. – Caixilharia em alumínio

A utilização do alumínio começou a estar em voga devido à possibilidade de ser extrudido, resultando perfis de mais fácil aplicação, armazenamento e movimentação e ao seu preço ser inferior ao da madeira.

É um material com difícil degradação que pode levar entre 200 e 500 anos para se decompor, e no que diz respeito ao tratamento, este é desnecessário em condições de ambiente não muito adversas ou em que o aspecto estético não seja fundamental. No entanto, desejando um aspecto inalterado da superfície, deve-se proteger adequadamente o alumínio, recorrendo por exemplo ao processo de anodização.

Termicamente, apesar do desempenho das caixilharias de alumínio não ser tão satisfatório como o do PVC, pode-se optar pelo corte térmico, em que dois perfis independentes são unidos por uma poliamida, de modo a obter comportamentos térmicos mais eficientes.

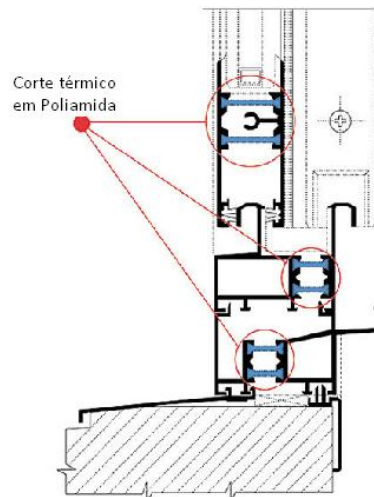


Fig.5.3. – Pormenor do corte térmico em poliamida [48]

No que se refere à durabilidade, no alumínio esta é difícil de estimar pois trata-se de um material relativamente recente na indústria da construção civil e em constante evolução tecnológica.

O seu principal agente de degradação é o processo de oxidação que acontece com uma velocidade dependente da alcalinidade do meio ambiente e dos elementos com que está em contacto.

A sua manutenção é extremamente simples.

Quadro 5.2. – Características do alumínio [22]

Características do alumínio	
Durabilidade	Tempo não totalmente conhecido. Pode chegar a várias dezenas de anos
Energia incorporada	Grande pois atravessa diversos processos metalúrgicos
Resistência	Resiste à decomposição biológica
Reciclagem	É um material totalmente reciclável
Extracção	É um material que penaliza muito o ambiente
Degradação	Não é um material biodegradável podendo levar até 100 anos para se decompor

5.1.3.2. Caixilharia em PVC

O baixo custo e o excelente desempenho do PVC, constituem factores que têm originado um aumento da sua utilização na caixilharia de vãos envidraçados.



Fig.5.4. – Caixilharia em PVC

Em Portugal e em Espanha o fenómeno é inverso, estando o PVC ao mesmo preço que o alumínio corrente ou mesmo mais elevado quando comparado com o alumínio de baixa qualidade. Já em relação a um bom alumínio com corte térmico o preço é bastante competitivo.

Com uma condutibilidade térmica muito inferior à do alumínio, o PVC proporciona um bom comportamento térmico e a uma subsequente economia de energia, diminuindo trocas com o exterior através de espaços vazios que permitem também a entrada de ruído e poeira.

A resistência do PVC a acções químicas e biológicas, bem como à propagação de chamas em caso de incêndio confere-lhe propriedades bastante interessantes, especialmente no que diz respeito ao equilíbrio ambiental, pois é considerado um produto ecológico, reciclável, não tóxico, sendo portanto não prejudicial ao meio ambiente.

A sua degradação é bastante complexa, não estando totalmente definida pois nela estão envolvidos inúmeros factores podendo provocar uma certa descoloração no material.

Devido à sua composição conter cloro, faz com que seja dificilmente inflamado, sendo que, ao contrário de muitas especulações, neste material não está contemplada qualquer participação activa em eventuais incêndios.

Relativamente à manutenção, as caixilharias em PVC têm a vantagem de esta ser diminuta. Não necessitam de qualquer pintura ou polimento, e mesmo se danificadas superficialmente o impacto visual é minimizado pois o material de base é idêntico ao da superfície.

Quadro 5.3. – Características do PVC [22]

Características do PVC	
Durabilidade	Tempo não totalmente conhecido. Estima-se entre 50 e 100 anos
Energia incorporada	Maior que a madeira e menor que a do alumínio. Os plásticos permitem ser moldados a temperaturas mais baixas que os metais
Emissão de gases	Os plásticos são potenciais emissores de formaldeídos, sendo essa substância nociva à saúde
Resistência	Resiste à decomposição biológica
Reciclagem	É reciclável pois trata-se de um termoplástico. Pode ser fundido e moldado diversas vezes
Extracção	Material com compostos do petróleo, cuja extracção e transporte podem ser penosos para o ambiente
Degradação	Não é um material biodegradável podendo levar mais de 100 anos para se decompor

5.1.4. VIDRO

Relativamente ao vidro para além de ter em conta o coeficiente de transmissão térmica (U) é importante considerar o factor solar (g_v) existente.

A procura de um vidro com um coeficiente de transmissão térmica (U) baixo é importante, de modo a que as perdas associadas às diferenças de temperatura entre os ambientes interior e exterior sejam as mais reduzidas possíveis.

O factor solar (g_v), é o resultado do quociente entre a energia transmitida para o interior através de um vão envidraçado e a energia que nele incide e varia entre 0 (grau de protecção solar máximo) e 1 (grau de protecção solar mínimo).



Fig.5.5. – Radiação incidente vs. radiação transmitida [10]

No Inverno interessa permitir a admissão de radiação solar, diminuindo assim a energia necessária para o aquecimento. No Verão tem mais interesse o controlo dos ganhos solares mediante adopção de dispositivos de protecção solar competentes, com vista a diminuir as necessidades de arrefecimento (N_{vc}). Para além disso importa também que o vidro escolhido permita a admissão controlada da luz natural (quantificada pela transmitância luminosa), minimizando eventuais problemas de encadeamento.

Entre os envidraçados comercialmente disponíveis, aqueles com maior campo de aplicação são os envidraçados com revestimentos de baixa emissividade (low-e), espectralmente selectivos (ES).

Com estes pode-se adaptar mais facilmente o vidro a um determinado clima específico onde predominem exigências de aquecimento ou de arrefecimento, mediante a análise do respectivo índice de selectividade espectral (ISE). Este índice define-se pelo quociente entre a transmitância luminosa (%) e o factor solar expresso em percentagem (%).

Os vidros com ISE superiores a 1 são denominados espectralmente selectivos e transmitem mais luz natural do que calor, enquanto vidros com ISE inferiores a 1 transmitem mais calor do que luz natural [10].

Relativamente às lâminas de ar, como seria de esperar, constata-se que as caixilharias cujas lâminas possuem a espessura de 16mm têm um melhor desempenho térmico que as caixilharias com lâmina de ar, por exemplo, de 6mm.

No entanto, este aumento do desempenho com o aumento da lâmina de ar ou outro gás não é constante. Em todos os exemplos, ao passar dos 14 para os 16mm de espessura da lâmina de ar, a diminuição do coeficiente de transmissão térmica (U) é muito mais baixa, tornando-se igual em todos os vidros em questão com a passagem dos 16 para os 18mm.

Lâmina, a qual pode ser de ar seco ou um gás de isolamento térmico (árgon, por exemplo), aumentando o seu desempenho térmico, sendo no entanto esta uma solução mais dispendiosa.

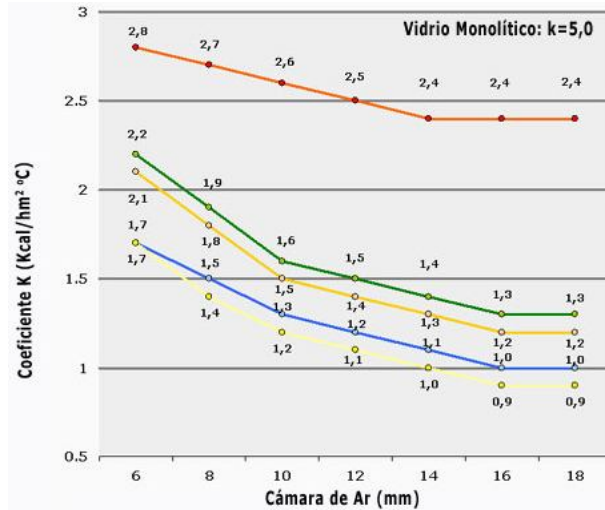


Fig.5.6. – Variação do coeficiente de transmissão térmica com o aumento da lâmina de ar [35]

No interior destas mesmas lâminas, sempre que possível, deve ser evitada a colocação de quadrículas, pois estabelecem uma ponte térmica entre as duas folhas de vidro reduzindo a eficácia do isolamento térmico proporcionado pela lâmina de ar.

Deve também ser evitada a subdivisão da folha com perfis, pois isso conduz à aplicação de vidros duplos de pequenas dimensões cujo desempenho térmico fica muito aquém do esperado, devido à ponte térmica estabelecida pelo intercalar entre os vidros [18].

5.1.5. PROTECÇÃO SOLAR

O modo mais eficaz de proteger um edifício da radiação solar directa indesejável é através da utilização de dispositivos de sombreamento, que têm como principal função proporcionar o controlo desta radiação assegurando, simultaneamente, condições satisfatórias de conforto visual e térmico aos ocupantes.

Os dispositivos de sombreamento podem ser caracterizados pelos seguintes critérios:

- Quanto à localização – interiores, intercalares ou exteriores;
- Quanto ao modo de operação – fixos ou ajustáveis;
- Quanto ao modo de controlo – manuais ou automáticos.

De um modo geral, os dispositivos de sombreamento mais eficazes na redução de ganhos solares são os exteriores e de cor clara. São estes que possuem um factor solar mais baixo, o que é muito vantajoso para o cálculo térmico na estação de arrefecimento (Verão), pois é considerado o dispositivo fechado em 70% da área de envidraçado, sendo o seu contributo positivo para evitar problemas de desconforto térmico associados ao sobreaquecimento de espaços interiores, com vista a diminuir ou eliminar o recurso a dispositivos de arrefecimento mecânico.

Os diversos dispositivos de sombreamento exteriores podem ser divididos em categorias:

- Protecções solares horizontais projectadas



Fig.5.7. – Protecções solares horizontais projectadas [10]

- Estores ajustáveis

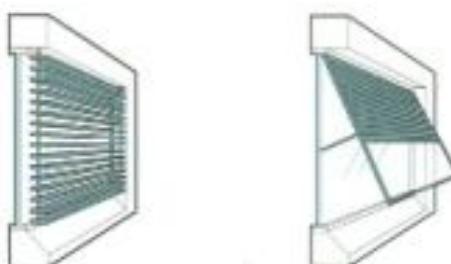


Fig.5.8. – Protecções solares em estores ajustáveis [10]

- Toldos e ecrãs



Fig.5.9. – Protecções solares em toldos e ecrãs [10]

- Protecções solares verticais e mistas ajustadas



Fig.5.10. – Protecções solares verticais e mistas ajustadas [10]

- Protecções totais ajustáveis



Fig.5.11. – Protecções solares totais ajustáveis [10]

As soluções com melhores resultados são as portadas exteriores, persianas com réguas de madeira, metálicas ou plásticas e estores de lona opaca, ou seja, as que propiciam aberturas mais reduzidas.

Estas protecções solares, sendo caracterizadas por uma baixa permeabilidade ao ar quando fechadas, permitem a formação de um espaço de ar muito fracamente ventilado entre a protecção e a janela. Para além das consequências positivas inerentes ao seu reduzido factor solar, permitem também uma redução significativa das perdas térmicas.

Relativamente aos dispositivos de protecção com caixa de estore interessa ter sempre em conta o seu isolamento térmico. É por isso recomendável haver a certificação que a instalação é correcta, pois as infiltrações por este componente podem ser iguais ou superiores às existentes pelas janelas. Pode ainda ser compensador proceder à substituição das calhas existentes por outras com perfis de vedação [10].

Comparando com os limites máximos do factor solar das protecções opacas presentes no RCCTE [2] para as várias zonas climáticas, verifica-se que todas as protecções exteriores cumprem os coeficientes de referência, à excepção do estore com lona muito transparente.

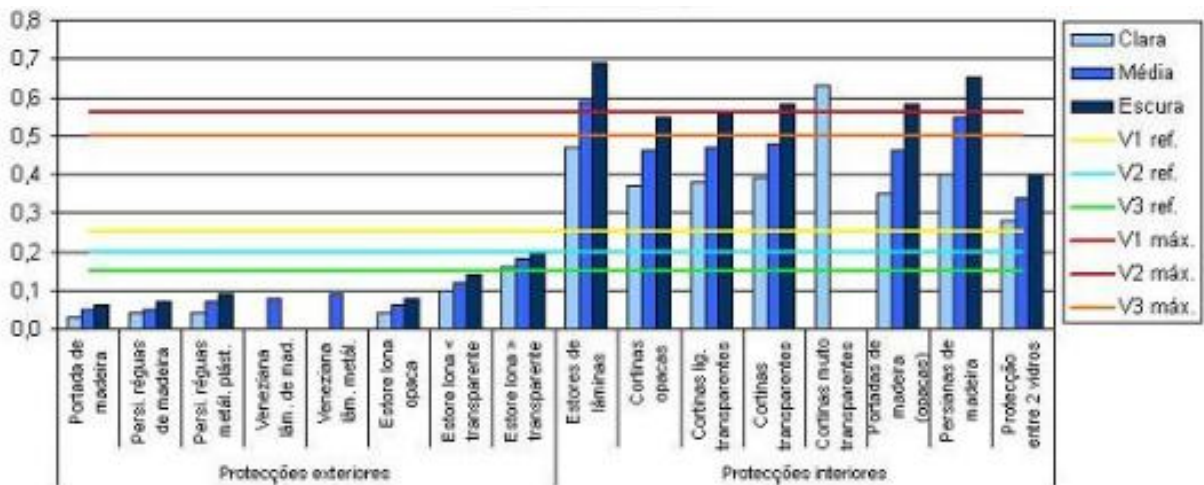


Fig.5.12. – Factor solar de protecções exteriores e interiores [42]

É evidente a diferença de desempenho das protecções exteriores quando confrontadas com as homólogas, mas colocadas do lado interior do vidro.

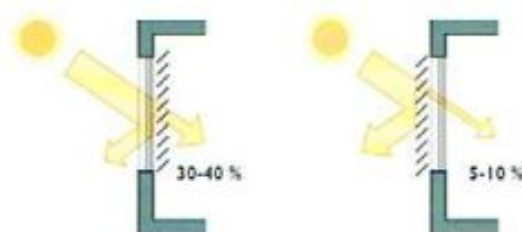


Fig.5.13. – Desempenho de proteções interiores e exteriores [10]

Isto porque os dispositivos de sombreamento interior não garantem só por si uma redução significativa dos ganhos solares, devendo por isso ser utilizados como protecção complementar e não em substituição dos dispositivos exteriores. Contudo, em muitos edifícios residenciais, a protecção solar é exclusivamente proporcionada por dispositivos interiores, e em edifícios antigos é corrente o uso de portadas interiores de madeira como os únicos dispositivos de protecção solar, com obvio prejuízo para o comportamento térmico da fracção.

5.2. CLASSIFICAÇÃO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS EXISTENTES

Com base nas três fracções existentes, para as quais foi elaborada a certificação energética com base na Nota Técnica disponibilizada pela ADENE [3] e no Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro (RCCTE) [2], procedeu-se ao estudo de sensibilidade relativo aos vãos envidraçados.

Num primeira fase, foi traçado como objectivo a obtenção de um conhecimento mais aprofundado relativo aos vãos envidraçados existentes.

Para isso classificou-se os vãos envidraçados existentes com base em alguns aspectos.

- Orientação dos vãos envidraçados e sombreamentos;
- Nível de qualidade da transmissão térmica dos vidros;
- Nível de qualidade das protecções solares, quando 100% activas;
- Classificação de vãos envidraçados com base no factor solar, na área de envidraçado e área de superfície do compartimento.

5.2.1. ORIENTAÇÃO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS E SOMBREAMENTOS

Para conhecer as características dos vãos envidraçados procedeu-se à caracterização referente às suas orientações e à existência, ou não, de um sombreamento adequado.

Dividiu-se em quatro as possíveis orientações dos vãos envidraçados, e foram estudadas as percentagens da área total correspondentes a cada uma delas.

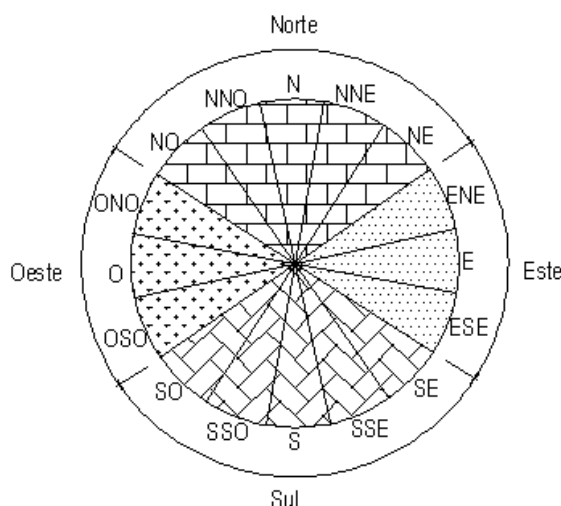


Fig.5.14. – Orientações adoptadas para o estudo

5.2.1.1. Habitação 1

Quadro 5.4. – Orientação dos vãos envidraçados na habitação 1

Orientação	Área dos vãos envidraçados (%)
N	19,27
O	21,68
S	29,44
E	29,62

Na fracção em estudo a predominância de envidraçados com orientação Este, deve-se essencialmente ao facto de esta se tratar da orientação referente à fachada principal da habitação. Tal como foi dito anteriormente, os vãos envidraçados tanto com esta orientação como voltados a Oeste, devem ser conservadoramente protegidos e obstruídos.

A maioria dos vãos orientados nestas direcções têm uma boa protecção exterior, no entanto as obstruções e palas propiciam, na maior parte das vezes, um ângulo de sombreamento inferior a 45°, pois as presentes horizontalmente são frequentemente devidas à cornija.

É positivo o facto da fachada voltada a Sul partilhar a dominância relativa à área dos vãos envidraçados, visto ser a orientação sobre a qual se podem tirar mais consequências positivas da sua exposição ao Sol. Pois serão obtidos ganhos solares durante o Inverno, quando o Sol se encontra mais baixo, e eliminada a penetração de raios solares no Verão, quando o Sol está mais alto.

Apesar de haver poucos vãos envidraçados com esta orientação estes têm uma grande dimensão, aumentando a sua relevância. Ainda assim, a fracção em estudo não apresenta uma área de envidraçados voltados a Sul próxima dos 35%.

A área de vãos envidraçados a Norte deveria ter sido compensada com um aumento da área com orientação Sul. Isto porque a Norte a concentra-se perto de um quinto da área total de envidraçados e

nesta orientação não se possibilitam ganhos, apenas perdas, possuindo um peso energético acentuado. Vãos envidraçados com esta orientação contribuem apenas para a garantia da ventilação natural e para a luminosidade da fracção.

5.2.1.2. Habitação 2

Quadro 5.5. – Orientação dos vãos envidraçados na habitação 2

Orientação	Área dos vãos envidraçados (%)
N	0,00
O	40,00
S	21,90
E	38,10

A segunda habitação, porque se trata de uma moradia geminada, tem o aspecto benéfico de não possuir envidraçados orientados a Norte. No entanto, a fachada principal e das traseiras da habitação estão voltadas a Nascente e Poente respectivamente, possuindo as áreas de vãos envidraçados predominantes. Apesar de aproximadamente 93% da área relativa a estas orientações estar munida de uma boa protecção exterior, é notória a falta de obstruções horizontais em alguns dos envidraçados, e quando presentes, possuem normalmente um ângulo inferior a 45°.

De referir ainda a total dominância da área de vãos envidraçados com estas orientações em detrimento dos voltados a Sul, cuja presença seria benéfica para o conforto térmico da habitação.

5.2.1.3. Habitação 3

Quadro 5.6. – Orientação dos vãos envidraçados na habitação 3

Orientação	Área dos vãos envidraçados (%)
N	22,11
O	17,82
S	39,75
E	20,33

Na fracção em análise os vãos envidraçados orientados a Sul possuem grande expressão, o que, como foi dito previamente, é positivo. A sua percentagem situa-se acima dos 35%, possibilitando um volume de ganhos significativo na estação de aquecimento (Inverno).

Apesar de poderem ser parcialmente compensados com a significativa área voltada a Sul, na presente habitação os vãos envidraçados voltados a Norte ultrapassam os 20% da área total.

No que se refere aos vãos envidraçados voltados a Este e Oeste, tal como acontece nas restantes orientações, a sua protecção solar é pouco eficiente, aliando-se ao facto da obstrução através de elementos horizontais ser garantida pela cornija, logo, com um ângulo reduzido. Apesar disso, parte das áreas envidraçadas com esta orientação apresentam-se obstruídas no horizonte.

5.2.2. NÍVEL DE QUALIDADE DA TRANSMISSÃO TÉRMICA DOS VIDROS

Para avaliar o nível de qualidade da transmissão térmica dos vidros existentes foram adoptados os quatro níveis propostos pelo Laboratório de Física das Construções (LFC) da FEUP [14] (quadro 5.8.).

Os valores limite para cada um destes níveis são resultantes do coeficiente de transmissão térmica de referência (U_{ref}) presente no quadro IX.3. da pág. 2513 do RCCTE [2], para cada uma das zonas climáticas existentes em Portugal (quadro 5.7.).

Quadro 5.7. – Coeficientes de transmissão térmica de referência [2]

U_{ref} (W/m ² .°C)			
I1	I2	I3	R.A.
4,3	3,3	3,3	4,3

Quadro 5.8. – Coeficientes de transmissão térmica correspondentes aos níveis de qualidade [14]

Nível de qualidade	U	U (W/m ² .°C)		
		I1	I2	I3
N0	$U > U_{ref}$	$U > 4,3$	$U > 3,3$	$U > 3,3$
N1	$U \leq U_{ref}$	$U \leq 4,3$	$U \leq 3,3$	$U \leq 3,3$
N2	$U \leq 0,75 \cdot U_{ref}$	$U \leq 3,2$	$U \leq 2,5$	$U \leq 2,5$
N3	$U \leq 0,6 \cdot U_{ref}$	$U \leq 2,6$	$U \leq 2,0$	$U \leq 2,0$

As habitações em estudo estão localizadas no concelho de Fafe, na zona I2, com $U_{ref}=3,3\text{W/m}^2.\text{°C}$.

5.2.2.1. Habitação 1

Quadro 5.9. – Nível de qualidade dos vidros da habitação 1

Tipo de vão envidraçado	U (W/m ² .°C)	Condição	Nível de qualidade
Env 1	6,0	$U > U_{ref}$	N0
Env 2	4,8	$U > U_{ref}$	N0
Env 3	5,1	$U > U_{ref}$	N0
Habitação	4,6	$U > U_{ref}$	N0

5.2.2.2. Habitação 2

Quadro 5.10. – Nível de qualidade dos vidros da habitação 2

Tipo de vão envidraçado	U (W/m ² .°C)	Condição	Nível de qualidade
Env 1	3,4	U>U _{ref}	N0
Env 2	5,1	U>U _{ref}	N0
Habitação	3,6	U>U _{ref}	N0

5.2.2.3. Habitação 3

Quadro 5.11. – Nível de qualidade dos vidros da habitação 3

Tipo de vão envidraçado	U (W/m ² .°C)	Condição	Nível de qualidade
Env 1	6,0	U>U _{ref}	N0
Env 2	3,9	U>U _{ref}	N0
Env 3	3,4	U>U _{ref}	N0
Env 4	5,1	U>U _{ref}	N0
Habitação	4,1	U>U _{ref}	N0

5.2.2.4. Análise geral

A classificação dos diferentes tipos de envidraçados relativos às diversas habitações estudadas era de esperar que correspondesse a um nível muito baixo.

Isto acontece devido aos envidraçados de todas as fracções em estudo se tratarem do tipo simples, que como consequência apresentam coeficientes de transmissão térmica (U) muito elevados, e inerentemente baixa resistência térmica (R). Com os valores admitidos como limite, dificilmente um vidro simples corrente superaria a exigência de um nível de qualidade superior a N0.

5.2.3. NÍVEL DE QUALIDADE DAS PROTECÇÕES SOLARES

Como segundo passo para um melhor conhecimento dos vãos envidraçados presentes optou-se por estudar o nível de qualidade das protecções solares (g_{\perp}), relativamente a cada tipo de envidraçado das diferentes habitações.

Para o cálculo dos factores solares (g_{\perp}), quando existe protecção solar opaca exterior, o seu valor obteve-se directamente do quadro V.4. da pág. 2503 do RCCTE [2]. Nos casos em que existem apenas dispositivos de protecção solar interior, como se tratam de vidros simples, utilizou-se a equação 5.1., presente na pág. 2504 do RCCTE [2]:

$$g_{\perp} = \frac{g_v \times g_{\perp \text{ int}}}{0,85} \quad (5.1.)$$

De modo a possuir bases de comparação para os valores obtidos relativos aos vãos envidraçados utilizou-se os valores do factor solar de referência e do factor solar máximo presentes nos quadros IX.2. e IX.4. das págs. 2512 e 2513 do mesmo Regulamento.

Quadro 5.12. – Factores solares máximos

Factor solar máximo ($g_{\text{máx}}$)			
Classe de inércia térmica	Zona climática		
	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,15	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Quadro 5.13. – Factores solares de referência

Factor solar de referência (g_{ref})		
Zona climática		
V1	V2	V3
0,25	0,20	0,15

Para proporcionar uma analogia dos factores solares característicos de cada envidraçado com o seu nível de qualidade, optou-se ter mais uma vez como base os valores adoptados pelo Laboratório de Física das Construções (LFC) da FEUP [14], considerando factores solares relativos aos diferentes níveis de qualidade presentes no quadro 5.14.

Quadro 5.14. – Factores solares correspondentes aos níveis de qualidade

Nível de qualidade	g_{\perp}
N0	$g_{\perp} > 0,56$
N1	$0,25 \leq g_{\perp} \leq 0,56$
N2	$0,10 \leq g_{\perp} \leq 0,25$
N3	$g_{\perp} \leq 0,10$

Com o intuito de avaliar a generalidade da fracção, utilizou-se uma média ponderada com base nos diversos factores solares das protecções dos vãos envidraçados e nas suas áreas, de modo a caracterizar o nível de qualidade das protecções solares das habitações, quando 100% activas (equação 5.2.).

$$g_{\perp \text{ Fracção}} = \frac{\sum (g_{\perp \text{ Env}} \times A_{\text{Env}})}{\sum A_{\text{Env}}} \quad (5.2.)$$

As fracções em estudo encontram-se na zona climática V2 e os factores solares dos diferentes vãos envidraçados relativos às fracções em estudo caracterizam-se pelos níveis de qualidade presentes nos quadros 5.15, 5.16 e 5.17. respectivamente.

A localização dos vãos envidraçados mencionados nos referidos quadros encontra-se explícita no Anexo IV.

5.2.3.1. Habitação 1

Quadro 5.15. – Níveis de qualidade das protecções solares da habitação 1

Tipos de vãos envidraçados	Vãos envidraçados	Área (m ²)	g _{máx}	g _{ref}	g _⊥	Nível de qualidade
Env 1	V1; V2; V3; V4; V5; V6; V7; V14; V15; V16; V17	3,96	0,56	0,20	0,58	N0
Env 2	V8; V9; V10; V11; V12; V13; V20	16,86			0,13	N3
Env 3	V18; V19	1,60			0,58	N0
Habitação		22,42			0,24	N2

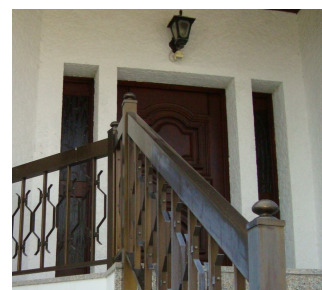


Fig.5.15. – Protecções solares dos tipos de vãos envidraçados da habitação 1

Os vãos envidraçados do tipo Env 1 obtiveram o pior nível de qualidade, N0, com um factor solar (g_⊥) superior ao máximo, o que aconteceu sobretudo devido à inexistência de uma protecção exterior opaca.

O facto de as cortinas serem consideradas como muito transparentes também não é benéfico. E nem o facto de o vidro ser colorido, logo com um factor solar ligeiramente mais alto, fez com que a classificação alcançada fosse superior.

A obtenção da classificação N2 por parte dos vãos envidraçados do tipo Env 2, já no limiar de alcançar da melhor classe (N3), é resultado da protecção exterior de persianas plásticas. De reparar que existindo uma protecção exterior competente facilmente é satisfeito o factor solar de referência.

Caso estas fossem de cor clara, em vez da presente cor escura, a classe obtida seria a N3.

No caso dos vãos envidraçados do tipo Env 3 a situação é idêntica à presente no tipo Env 1. A única nuance é o facto da caixilharia destes ser de madeira, facto que não influencia o nível de qualidade da protecção.

Numa óptica mais geral, a habitação alcança a segunda melhor classe (N2), mas já no limite do intervalo. Para esta classificação contribuiu positivamente a protecção garantida por persianas, nos envidraçados com maior área.

Por outro lado, existe a contribuição negativa dos vãos envidraçados mais pequenos, que apesar de a sua área corresponder a aproximadamente um quarto da área total, que devido à falta de protecções exteriores, pioram significativamente o nível de qualidade da habitação.

5.2.3.2. Habitação 2

Quadro 5.16. – Níveis de qualidade das protecções solares da habitação 2

Tipos de vãos envidraçados	Vãos envidraçados	Área (m ²)	$g_{\text{máx}}$	g_{ref}	g_{\perp}	Nível de qualidade
Env 1	V1; V2; V6; V7; V8; V11	12,16			0,07	N3
Env 2 cortinas muito transparentes	V4; V5; V9	2,40	0,56	0,20	0,58	N0
Env 2 cortinas transparentes cor média	V3; V10	2,24			0,40	N1
Habitação		16,80			0,19	N2

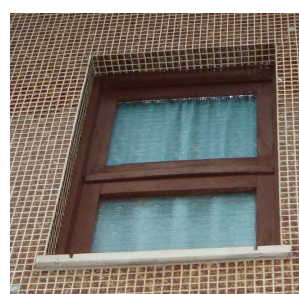


Fig.5.16. – Protecções solares dos tipos de vãos envidraçados da habitação 2

Os envidraçados do tipo Env 1, devido a possuírem uma protecção exterior constituída por persianas plásticas de cor clara obtiveram a melhor classe. Este tipo de protecção, possui um factor solar muito baixo, o que favorece o vão termicamente.

Com um resultado totalmente adverso, os envidraçados do tipo Env 2 com cortinas muito transparentes obtiveram a pior classificação, e um factor solar (g_{\perp}) superior ao máximo, o qual resulta da ausência de qualquer protecção opaca.

Utilizando cortinas interiores de cor média nos mesmos vãos envidraçados alcançou-se o nível de qualidade N1 e um valor inferior ao máximo presente no RCCTE [2] para a zona climática em questão. Isto porque dada a inexistência de protecção opaca exterior, a protecção interior contribui para o factor solar.

Relativamente à habitação, na sua generalidade, obteve-se o segundo melhor nível de qualidade devido à competente protecção exterior presente nos envidraçados munidos de maior área. Apesar disso, a classificação foi severamente agravada pela inexistência de protecção exterior em alguns vãos envidraçados.

5.2.3.3. Habitação 3

Quadro 5.17. – Níveis de qualidade das protecções solares da habitação 3

Tipos de vãos envidraçados	Vãos envidraçados	Área (m ²)	$g_{\text{máx}}$	g_{ref}	g_{\perp}	Nível de qualidade
Env 1	V1; V2; V3	2,04			0,72	N0
Env 2	V4	2,42			0,52	N1
Env 3	V5; V6; V7; V10; V11; V12; V14; V15; V16; V19; V20; V21; V22; V23; V24; V25; V29; V30; V31; V32; V33	31,46	0,15	0,20	0,52	N1
Env 4 vidro colorido na massa	V8; V9	3,50			0,58	N0
Env 4 vidro incolor	V13; V17; V18; V26; V27; V28	9,48			0,72	N0
Habitação		48,90			0,69	N0



Fig.5.17. – Protecções solares dos tipos de vãos envidraçados da habitação 3

O nível de qualidade obtido pelos envidraçados do tipo Env 1 foi o mais baixo. Acontecimento que era de prever, pois a associar ao facto de não possuir qualquer protecção opaca, o vidro instalado contempla o pior factor solar (g_L) possível.

Relativamente aos vãos envidraçados do tipo Env 2, o facto de existir protecção interior opaca fez com que se alcançasse o nível de qualidade N1. No entanto, o resultado aproxima-se muito do nível N0, pois apesar de se tratar de portadas opacas, estas encontram-se do lado interior do envidraçado, o que penaliza fortemente a classificação.

Nos vãos envidraçados do tipo Env 3 a situação é idêntica à presente no tipo Env 2. A única nuance é o facto da caixilharia destes ser de madeira, facto que não influencia o nível de qualidade da protecção.

A classificação com o nível de qualidade N0 por parte dos vãos envidraçados do tipo Env 4 é justificada: pela ausência de protecções opacas, quer interiores ou exteriores; pelo vidro, que mesmo quando colorido não propicia um aumento do nível de qualidade; e pelas protecções interiores.

Procedendo a uma análise mais abrangente, todos os vãos envidraçados da presente fracção apresentam resultados extremamente negativos, obtendo sempre os dois piores níveis possíveis.

Para além disso, como se trata de uma habitação com uma inércia térmica fraca, são aumentadas as exigências relativas aos envidraçados, as quais numa habitação em fase de projecto se traduziriam num factor solar máximo igual a 0,15. Todos os factores solares se encontram muito longe desse limite atingindo sempre valores superiores a 0,52. Isto devido à ausência de protecções exteriores, e aos vidros presentes possuírem factores solares muito altos, alcançando-se assim um resultado muito distante dos objectivos a cumprir.

Com a contribuição de todos estes aspectos negativos e a baixa classificação de todos os vãos envidraçados, como seria de esperar, também a habitação obteve o nível de qualidade N0.

Nota: É necessário ter em atenção que para a melhoria da classe dos vãos envidraçados sem protecções opacas deveriam ser instaladas protecções interiores mais severas, no entanto, isso iria penalizar a classificação energética das fracções no cálculo térmico. Isto porque, na zona climática em estudo para

fracções com estas características, a estação predominante é a de aquecimento (Inverno), e com protecções interiores mais severas menos ganhos solares seriam obtidos, quando eles são pretendidos.

5.2.4. CLASSIFICAÇÃO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS COM BASE NO FACTOR SOLAR, NA ÁREA DE ENVIDRAÇADO E NA ÁREA DE SUPERFÍCIE DO COMPARTIMENTO

De novo com base no estudo feito pelo Laboratório de Física das Construções (LFC) da FEUP [14], procedeu-se à elaboração de uma avaliação complementar, tendo por base o factor solar, a área do vão envidraçado e a área do compartimento.

Esta avaliação estima o desempenho da protecção tendo em conta o rácio da área do(s) envidraçado(s) com a do compartimento onde este(s) se encontra(m).

Assim, procedeu-se à divisão da fracção nos seus compartimentos, que pode ser consultada no Anexo IV, calculou-se a respectiva área e utilizou-se a fórmula 5.3.

$$g_{\perp} \times \frac{A_{Env}}{A_s} \quad (5.3.)$$

Onde:

- g_{\perp} - Factor solar dos vãos envidraçados do compartimento;
- A_{Env} - Área dos vãos envidraçados do compartimento (m²);
- A_s - Área do compartimento (m²).

Onde existem diferentes factores solares (g_{\perp}) no mesmo compartimento, o valor adoptado é resultante de uma média ponderada tendo como base a área de cada um dos vidros.

$$g_{\perp} = \frac{\sum (g_{\perp} \times A_{Env})}{\sum A_{Env}} \quad (5.4.)$$

Através das fórmulas 5.3. e 5.4. torna-se possível classificar os vãos de um determinado compartimento através dos limites de cada classe apresentados no quadro 5.18.

Quadro 5.18. – Classe dos vãos envidraçados com base no factor solar, na área de envidraçado e na área do compartimento

Classe	$g_{\perp} \times \frac{A_{Env}}{A_s}$
1	≤0,015
2	>0,015 e ≤0,030
3	>0,030 e ≤0,055
4	>0,055 e ≤0,085
5	>0,085

De modo a avaliar os vãos envidraçados da fracção apenas com uma classificação optou-se pela seguinte fórmula:

$$\left(g_{\perp} \times \frac{A_{Env}}{A_s} \right)_{Fracção} = \frac{\sum \left(\left(g_{\perp} \times \frac{A_{Env}}{A_s} \right) \times A_{Env} \right)}{\sum A_{Env}} \quad (5.5.)$$

A localização dos vãos envidraçados mencionados nos quadros 5.19., 5.20. e 5.21. encontra-se explícita no Anexo IV.

5.2.4.1. Habitação 1

Quadro 5.19. – Classe dos vãos envidraçados dos compartimentos da habitação 1

Compartimento	Vãos envidraçados	A_{Env} (m ²)	A_s (m ²)	g_{\perp}	$g_{\perp} \times \frac{A_{Env}}{A_s}$	Classe
Quarto 1	V20; V1	4,32	23,12	0,17	0,032	3
WC 1	V2; V3	0,72	7,64	0,58	0,055	3
Despensa	V4	0,36	3,15	0,58	0,066	4
Hall	V5; V6; V7; V18; V19	2,68	37,24	0,58	0,042	3
Quarto 2	V8	2,16	15,79	0,13	0,018	2
Quarto 3	V9	2,16	17,68	0,13	0,016	2
WC 2	V10	0,54	3,53	0,13	0,020	2
Cozinha	V11	2,16	22,25	0,13	0,013	1
Sala comum	V12; V13; V14; V15; V16; V17	7,32	42,68	0,22	0,038	3
Habitação		22,42			0,031	3

De reparar que o resultado da classificação foi influenciado positivamente pela presença de protecção exterior nos envidraçados com área superior. Aos aspectos negativos, que faz com que seja conferida uma classificação mais baixa, está associada a falta de protecção exterior em alguns vãos envidraçados e neles apenas serem consideradas cortinas muito transparentes. Apesar de quando não existe protecção exterior estar presente um vidro colorido e o seu factor solar ser menor que o do vidro incolor, as melhorias não são muito significativas, porque se continua a tratar de vidros simples com valores só por si muito altos.

O facto de se alcançarem classificações mais positivas que as esperadas à partida em compartimentos não munidos de obstruções exteriores, é essencialmente devido à sua área de superfície ser grande relativamente à área envidraçada, não necessitando por isso de estar tão protegidos.

5.2.4.2. Habitação 2

Quadro 5.20. – Classe dos vãos envidraçados dos compartimentos da habitação 2

Compartimento	Vãos envidraçados	A_{Env} (m ²)	A_s (m ²)	g_{\perp}	$g_{\perp} \times \frac{A_{Env}}{A_s}$	Classe
Sala comum	V1; V6	3,84	22,25	0,07	0,012	1
Cozinha	V2; V3	2,72	7,88	0,28	0,097	5
Despensa	V4	0,96	1,57	0,58	0,355	5
Hall	V5; V9	1,44	13,95	0,58	0,059	4
Quarto 1	V7	1,92	12,20	0,07	0,011	1
Quarto 2	V8	1,92	12,20	0,07	0,011	1
WC	V10	0,48	4,27	0,40	0,045	3
Quarto 3	V11	3,52	10,05	0,07	0,025	2
Habitação		16,80			0,053	3

Como se pode reparar a classificação alcançada apresenta resultados bastante antagónicos quando analisados separadamente os compartimentos. Se por um lado existe a contribuição positiva da protecção exterior presente nos vãos envidraçados de maior área ser boa termicamente, nos compartimentos onde ela não está presente a classificação alcançada é francamente baixa. Isto deve-se ao facto de a área de envidraçado ser bastante significativa quando comparada com a área de superfície do compartimento, pois trata-se de uma habitação com divisões de tamanho reduzido.

De ter em atenção que a presente habitação apesar de possuir uma classificação melhor que a da habitação 1 quando apenas são avaliadas as protecções solares, assim que se contempla no cálculo o rácio da área de envidraçado em face à área de superfície do compartimento o resultado final obtido é pior.

5.2.4.3. Habitação 3

Devido à impossibilidade de acesso a peças desenhadas da habitação do séc. XIX, não se tem informação sobre as áreas relativas a cada um dos compartimentos. Isto impossibilitou que a execução desta avaliação complementar, fosse feita do mesmo modo.

Para poder obter uma classificação optou-se por usar um procedimento mais simplificado. Contabilizaram-se as áreas totais dos envidraçados da habitação, com um factor solar obtido através de uma média ponderada, em vez de se utilizarem as relativas a cada um dos compartimentos.

Quadro 5.21. – Classe dos vãos envidraçados da habitação 3

Compartimento	A_v (m ²)	A_s (m ²)	g_{\perp}	$g_{\perp} \times \frac{A_{Env}}{A_s}$	Classe
Habitação	48,90	284,16	0,55	0,098	5

Apesar da classificação da presente fracção ter sido elaborada de um modo muito simplificado, devido à inexistência de peças desenhadas, esta obtém a pior classificação possível. Isto deve-se à obstrução opaca, quando existente, ser feita através de portadas interiores, as quais possuem um factor solar muito alto.

A melhor solução, para uma melhoria da classe, seria optar por uma protecção exterior sempre que possível e aceitável a sua aplicação.

Nota: É necessário ter em atenção que para a melhoria da classe dos vãos envidraçados sem protecções opacas deveriam ser instaladas protecções interiores mais severas, no entanto, isso iria penalizar a classificação energética das fracções no cálculo térmico. Isto porque, na zona climática em estudo para fracções com estas características, a estação predominante é a de aquecimento (Inverno), e com protecções interiores mais severas menos ganhos solares seriam obtidos, quando eles são pretendidos.

5.3. POSSÍVEIS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS A APLICAR

Após ser garantido um conhecimento mais aprofundado dos vãos envidraçados existentes nas habitações, pretendeu-se estudar a possível aplicação de soluções alternativas.

Apesar de a área de intervenção parecer vasta, o facto do âmbito do estudo se centrar em habitações existentes, faz com que não exista a possibilidade de exercer qualquer alteração sobre muitas das variáveis.

Variáveis estas ligadas à arquitectura geral da habitação, como introdução de palas horizontais ou verticais de modo a permitir o sombreamento, ou ainda no que toca a modificações no âmbito das áreas dos vãos envidraçados.

Foram então estudadas soluções alternativas relativas às componentes do vão envidraçado. Analisaram-se as possíveis intervenções em três elementos:

- Caixilharias;
- Vidros;
- Protecções opacas.

As análises foram efectuadas com o objectivo da obtenção de melhores desempenhos térmicos, procurando diminuir as necessidades energéticas e na elaboração de análises económicas de forma a ser possível elaborar uma análise custo/ benefício.

5.3.1. ANÁLISE ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE CAIXILHARIAS

Na procura de soluções relativas à caixilharia, analisou-se economicamente a sua aplicação em alumínio e PVC.

Nesta parte do estudo procurou-se não só obter informações relativas ao custo dos perfis da caixilharia mas também contabilizar os inerentes à sua colocação, como: o transporte e movimento vertical e horizontal dos materiais em obra (inclusive carga e descarga dos camiões); vedação de juntas; ajuste final; protecção da caixilharia perante pancadas, salpicos, etc.; limpeza final e eliminação de restos com remoção destes para vazadouro; a parte proporcional de utilização de andaimes e os custos associado aos meios auxiliares.

As estimativas de preços detalhadas para os diferentes tipos de caixilharia utilizados em cada uma das habitações, encontram-se no Anexo I, e para cada um destes foram consideradas as seguintes composições:

- Pré-aro para caixilharia exterior;
- Caixilharia;
- Cartucho de pasta de silicone neutro para vedação de caixilharia exterior;
- Oficial de primeira – serralheiro;
- Ajudante de serralheiro;
- Meios auxiliares;
- Custos indirectos.

Os resultados obtidos foram fundamentados no software de gestão de preços “Cype”, e através do contacto com fornecedores de caixilharias. Têm apenas o objectivo de estimar os custos referentes a cada um dos materiais, podendo por vezes afastar-se dos reais, funcionando por isso como uma simulação através de valores prováveis.

A compartimentação das habitações estudo, bem como a localização dos vãos envidraçados mencionados nos quadros 5.22., 5.23. e 5.24. encontram-se explícitas no Anexo IV.

Relativamente aos dois tipos de materiais, com os quais foi simulada a implementação das caixilharias, eles possuem as seguintes características:

- Alumínio

Os perfis da caixilharia proposta são constituídos por alumínio lacado de cor branca com corte de ponte térmica.

São compostos por perfis extrudidos formando aros e folhas de 1,5mm de espessura mínima em perfis estruturais, ferragens, juntas de envidraçado, parafusos de aço inoxidável, elementos de estanquidade, acessórios e ferramentas homologadas.

- PVC

Os perfis da caixilharia proposta são constituídos por PVC de cor branca.

São compostos por aro, folha, ferragens de pendurar e abertura, elementos de estanquidade e acessórios homologados.

5.3.1.1. Habitação 1

Na habitação em estudo utilizou-se os seguintes tipos de caixilharia:

- Janelas de correr;
- Janelas fixas;
- Janelas abatíveis;
- Portas de varanda de correr.

Ponderou-se a utilização de perfis de abrir, pois termicamente possuem um melhor desempenho. Apesar disso optou-se por não se utilizar, pois as portas de varanda e algumas janelas possuem um vão de 1,80m, e como não se pretende utilizar mais que duas folhas, estas assumiriam dimensões muito grandes.

Devido ao custo da aplicação de janelas abatíveis ser alto, optou-se pela sua aplicação apenas no WC 1 de modo a garantir a sua ventilação. No WC 2 tal não foi necessário pois está munido de uma janela de correr.

Quadro 5.22. – Estimativa de preços de caixilharias na habitação 1

Solução	Preço (€/m ²)		Vãos envidraçados	Área de envidraçado (m ²)	Preço (€)	
	Alumínio	PVC			Alumínio	PVC
Janelas de correr de duas folhas 1m ² <s≤2m ²	145,60	158,49	V8; V9; V10; V11; V12; V13; V20	8,94	1301,66	1416,90
Janelas fixas de uma folha s≤1m ²	93,05	112,13	V1; V4; V5; V6; V7; V14; V15; V16; V17; V18; V19	4,84	450,36	542,71
Janelas abatíveis de uma folha s≤1m ²	166,73	186,27	V2; V3	0,72	120,05	134,11
Portas de varanda de correr de duas folhas 2m ² <s≤4m ²	170,78	183,10	V12; V20	7,92	1352,58	1450,15
Habitação	143,83	158,07		22,42	3224,65	3543,88

5.3.1.2. Habitação 2

Na habitação em estudo utilizou-se os seguintes tipos de caixilharia, quer para o alumínio, quer para o PVC:

- Janelas de correr;
- Janelas fixas;
- Janelas abatíveis;
- Portas de varanda de correr.

Ponderou-se a utilização de perfis de abrir, pois termicamente possuem um melhor desempenho. Apesar disso optou-se por não se utilizar pois as portas de varanda possuem um vão de 1,60m, e como não se pretende utilizar mais que duas folhas, estas assumiriam dimensões muito grandes.

Devido ao custo da aplicação de janelas abatíveis ser alto, optou-se pela sua aplicação apenas no WC de modo a garantir a sua ventilação e não se contabilizou a porta de entrada, apesar de actualmente possuir vidro em mais de 25% da sua área.

Quadro 5.23. – Estimativa de preços de caixilharias na habitação 2

Solução	Preço (€/m ²)		Vãos envidraçados	Área de envidraçado (m ²)	Preço (€)	
	Alumínio	PVC			Alumínio	PVC
Janelas de correr de duas folhas 1m ² <s≤2m ²	145,60	158,48	V1; V2; V6; V7; V8	8,64	1257,98	1369,27
Janelas fixas de uma folha s≤1m ²	93,05	112,13	V4; V5; V9	2,40	223,32	269,11
Janelas abatíveis de uma folha s≤1m ²	166,73	186,27	V10	0,48	80,03	89,41
Portas de varanda de correr de duas folhas 2m ² <s≤4m ²	170,78	183,10	V11	3,52	601,15	644,51
Habitação	143,78	157,73		15,04	2162,48	2372,30

5.3.1.3. Habitação 3

Na habitação em estudo utilizou-se os seguintes tipos de caixilharia, quer para o alumínio, quer para o PVC:

- Janelas de abrir;
- Janelas dobráveis;
- Janelas de abrir com vitral;
- Janelas fixas;
- Portas de varanda de abrir.

As janelas sobre as quais se simulou a implementação de janelas de abrir de duas folhas são as existentes com esta característica e todas as que apresentam abertura de guilhotina actualmente. Isto porque a aplicação de caixilharia de guilhotina com vidro duplo torna o envidraçado demasiado pesado.

Relativamente às áreas envidraçadas em que se simulou a aplicação dos restantes perfis de caixilharia são as que possuem essas mesmas características actualmente.

Apesar de o custo aumentar em cerca de 25% optou-se por adoptar neste caso acabamentos em madeira nas caixilharias, tanto no interior como no exterior, devido às soluções construtivas presentes na fracção em estudo.

Quadro 5.24. – Estimativa de preços de caixilharias na habitação 3

Solução	Preço (€/m ²)		Vãos envidraçados	Área de envidraçado (m ²)	Preço (€)	
	Alumínio	PVC			Alumínio	PVC
Janelas de abrir de duas folhas 1m ² <s≤2m ²	176,55	189,98	V7; V8; V9; V10; V11; V12; V13; V14; V15; V16; V17; V18; V19; V20; V21	20,10	3548,66	3818,60
Janelas dobráveis de três folhas 1m ² <s≤2m ²	215,47	229,54	V5; V6	2,94	633,48	674,85
Janelas de abrir de duas folhas com vitral 1m ² <s≤2m ²	314,49	330,25	V22; V23; V24; V25; V26; V27; V28; V29; V30; V31; V33	18,60	5849,51	6142,65
Janelas fixas de uma folha s≤1m ²	113,70	132,35	V1; V2; V3	2,04	231,95	269,99
Portas de varanda de abrir de duas folhas 2m ² <s≤4m ²	289,15	335,69	V4; V32	5,23	1512,25	1755,66
Habitação	236,02	253,36		48,90	11775,85	12661,75

5.3.2. ANÁLISE TÉRMICA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE VIDROS

Como soluções alternativas de possível aplicação às fracções foram propostos seis vidros diferentes e consultados os seus preços através de contacto com fornecedores dos mesmos. A escolha destas soluções teve como objectivo a satisfação dos níveis de qualidade da transmissão térmica presentes no ponto 5.2.2. e a procura da maior diminuição possível das necessidades energéticas das fracções.

Para isso propôs-se uma solução correspondente a cada nível de qualidade e três soluções de alto desempenho, pois apesar dos coeficientes de transmissão térmica (U) destas soluções se revelarem bastante próximos, os seus factores solares (g_v) são bastante divergentes. Com a simulação da aplicação das soluções analisou-se a diminuição das necessidades energéticas e a possível mudança de classe.

As soluções propostas, e as suas características relativas ao coeficiente de transmissão térmica (U) e factor solar (g_v), foram as seguintes.

Quadro 5.25. – Soluções adoptadas para vidros de diferentes níveis de qualidade

Nível de qualidade	Solução	Solução de vidros		
		Descrição	U (W/m ² .°C)	g _v
N1	1	Isolar Glas (4+6+4)	3,3	0,75
N2	2	SGG Climaplus 4S (Planistar + Planilux) (4+6+4)	2,5	0,42
N3	3	SGG Climaplus 4S (Planistar + Planilux) (4+10+4)	1,9	0,42
	4	Isolar Solarlux com Neutralux (6+12+4)	1,2	0,34
N3	5	SGG Climaplus 4S (Planistar+Planilux) (4+16+4)	1,1	0,42
	6	Isolar Neutralux-S (4+16+4)	1,0	0,53

5.3.2.1. Habitação 1

Quadro 5.26. – Comportamento térmico no Inverno aplicando as soluções propostas na habitação 1

Nível de qualidade	Solução	Perdas (W/°C)	Área efectiva total orientação Sul (m ²)	Ganhos solares brutos (kWh/ano)	N _{ic} (kWh/m ² .ano)	N _i (kWh/m ² .ano)
N0	Base	101,05	2,60	1689,73	292,54	
N1	1	73,99	2,36	1537,32	285,67	
N2	2	56,05	1,32	860,90	284,40	
N3	3	42,60	1,32	860,90	280,55	119,68
	4	26,90	1,07	696,92	276,42	
N3	5	24,66	1,32	860,90	275,43	
	6	22,42	1,67	1086,38	273,50	

Na estação de aquecimento, devido à temperatura exterior padrão considerada ser inferior à presente no interior da fracção, interessa limitar o volume de perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores. Perdas as quais estão directamente ligadas ao coeficiente de transmissão térmica (U).

Ao aplicar a solução do nível N1 foi possível alcançar uma redução para cerca de 73% das perdas iniciais, para 55% com o nível N2, alcançando-se os 42% ao simular a implementação da solução 3, correspondente ao nível de qualidade N3. No entanto ao aplicar a solução 6 o seu valor alcançou os 22% relativamente à solução base. Isto porque é esta solução de alto desempenho que está associada a um coeficiente de transmissão térmica (U) inferior.

Nesta estação interessa também garantir o maior volume de ganhos térmicos possíveis, com a finalidade de diminuir as necessidades de aquecimento da habitação. Ganhos térmicos que dependem

do factor solar do vidro (g_v), o qual, como se pode comprovar com os resultados obtidos, interessa que seja elevado de modo a aumentar a área efectiva de envidraçado.

A solução que melhor satisfaz estas premissas foi a solução 6, sendo a que mais conseguiu diminuir o volume de perdas aumentando também os ganhos térmicos. Com isso alcançou menores necessidades de aquecimento (N_{ic}), no entanto, apesar de haver uma diminuição há que ter em conta que esta apenas corresponde a 6,5%.

Quadro 5.27. – Comportamento térmico no Verão aplicando as soluções propostas na habitação 1

Nível de qualidade	Solução	Perdas (W/°C)	Ganhos solares (kWh)	N_{vc} (kWh/m ² .ano)	N_v (kWh/m ² .ano)
N0	Base	101,05	1967,03	1,74	
N1	1	73,99	1798,22	1,82	
N2	2	56,05	1101,95	1,15	
N3	3	42,60	1101,95	1,26	18
	4	26,90	933,16	1,21	
N3	5	24,66	1101,95	1,44	
	6	22,42	1334,04	1,78	

Relativamente ao Verão acontece uma inversão dos conceitos mencionados, procurando-se nesta estação um coeficiente de transmissão térmica (U) mais elevado de modo a reduzir as necessidades energéticas.

Isto porque o cálculo térmico se baseia em valores padrão médios de temperatura, considerando-se a temperatura exterior como inferior aos 25°C que caracterizam o interior da fracção na estação em estudo.

Assim, um coeficiente de transmissão térmica (U) maior está associado a um envidraçado com mais perdas possibilitando um aumento de volume de trocas com o exterior diminuindo as necessidades de arrefecimento de cálculo (N_{vc}).

No que diz respeito ao factor solar (g_v) é procurado um valor baixo de modo a diminuir os ganhos solares e conseqüentemente as necessidades de arrefecimento. É importante ter em atenção que nesta estação este factor só é influenciado pelo vidro em 30%, estando os restantes 70% associados à protecção opaca (quando presente).

De todas as soluções analisadas, a que conseguiu conciliar melhor estes factores de modo a obter uma redução das necessidades energéticas de arrefecimento (N_{vc}) foi a solução 2, do nível de qualidade N2.

Quadro 5.28. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 1

Indicadores					
Nível de qualidade	Solução	N_{tc} (kgep/m ² .ano)	N_t (kgep/m ² .ano)	N_{tc}/N_t	Classe
N0	Base	12,34		2,66	F
N1	1	12,14		2,62	F
N2	2	12,10		2,61	F
N3	3	11,99	4,64	2,58	F
	4	11,87		2,56	F
N3	5	11,84		2,55	F
	6	11,79		2,54	F

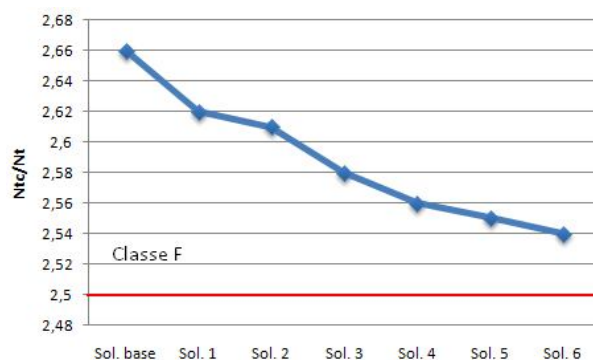


Fig.5.18. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 1

Procedendo a uma observação mais geral, é notória a abismal diferença das necessidades energéticas entre o Inverno e o Verão.

Assim, faz sentido que o resultado final seja fruto das melhorias alcançadas no Inverno, daí a solução 6 possuir um menor volume de necessidades energéticas globais de cálculo (N_{tc}), tal como acontecia nessa estação.

De reparar, que implementando soluções alternativas relativas aos vidros, mesmo sendo de alto desempenho, não se alcança diferenças significativas na diminuição das necessidades energéticas de cálculo (N_{tc}), possibilitando-se apenas uma redução de 4,5%, e conseqüentemente uma diminuição pouco significativa na razão N_{tc}/N_t .

5.3.2.2. Habitação 2

Quadro 5.29. – Comportamento térmico no Inverno aplicando as soluções propostas na habitação 2

Nível de qualidade	Solução	Perdas (W/°C)	Área efectiva total orientação Sul (m ²)	Ganhos solares brutos (kWh/ano)	N _{ic} (kWh/m ² .ano)	N _i (kWh/m ² .ano)
N0	Base	54,94	1,47	956,14	312,94	
N1	1	50,16	1,42	922,47	310,38	
N2	2	38,00	0,79	516,58	307,84	
N3	3	28,88	0,79	516,58	302,16	96,28
	4	18,24	0,64	418,19	296,75	
N3	5	16,72	0,79	516,58	294,58	
	6	15,20	1,00	651,88	291,95	

Na estação de aquecimento (Inverno), para o caso da habitação 2, a solução que apresenta menores perdas é, mais uma vez, a solução 6. Esta redução de perdas é ainda muito significativa, mas já não toma a proporção verificada na habitação 1, isto porque na presente fracção o coeficiente de transmissão térmica (U) dos vidros existentes é, segundo o ITE50 [8], considerado superior.

O facto de a solução 6 ser a que possui um maior factor solar (g_v) do conjunto das soluções de alto desempenho, ajudou ainda mais a que com a sua utilização que se verifiquem os melhores resultados do ponto de vista do cálculo térmico, pois são obtidos mais ganhos solares, resultando numa diminuição das necessidades energéticas de aquecimento (N_{ic}).

De notar que a redução das necessidades energéticas de aquecimento (N_{ic}) aplicando a solução com valor limite relativo ao nível de qualidade N3 (solução 3) é cerca de metade da alcançada relativamente à aplicação da solução de alto desempenho com melhores resultados (solução 6). Redução esta, que na estação em estudo, alcança os 6,7%

Quadro 5.30. – Comportamento térmico no Verão aplicando as soluções propostas na habitação 2

Nível de qualidade	Solução	Perdas (W/°C)	Ganhos solares (kWh)	N_{vc} (kWh/m ² .ano)	N_v (kWh/m ² .ano)
N0	Base	54,94	1374,50	2,55	
N1	1	50,16	1294,83	2,44	
N2	2	38,00	753,58	1,44	
N3	3	28,88	753,58	1,57	18
	4	18,24	622,37	1,47	
N3	5	16,72	753,58	1,76	
	6	15,20	934,00	2,23	

No que diz respeito à estação de arrefecimento, a solução 1 foi a que alcançou um maior volume de perdas, conseguindo assim garantir mais trocas com o exterior.

No entanto foi a solução 4, que é caracterizada por um factor solar (g_v) inferior, a qual alcançou uma maior diminuição dos ganhos, nesta estação em que estes são nefastos.

Tal como no caso da fracção anterior, a solução que combinou melhor estas premissas, traduzindo-se numa diminuição das necessidades energéticas de arrefecimento (N_{vc}), foi a solução 2.

Quadro 5.31. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 2

Indicadores					
Nível de qualidade	Solução	N_{tc} (kgep/m ² .ano)	N_t (kgep/m ² .ano)	N_{tc}/N_t	Classe
N0	Base	17,69		2,10	E
N1	1	17,62		2,09	E
N2	2	17,53		2,08	E
N3	3	17,37	8,43	2,06	E
	4	17,21		2,04	E
N3	5	17,15		2,03	E
	6	17,08		2,03	E



Fig.5.19. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 2

Tal como se pode constatar na fórmula 5.6., relativamente às necessidades globais de cálculo (N_{tc}) o peso das duas estações é semelhante. No entanto, para além das necessidades de aquecimento (N_{ic}) serem muito superiores, a diferença entre as parcelas do Inverno e do Verão é ainda agravada pelo facto de a eficiência nominal para o equipamento utilizado como sistema de aquecimento (η_i) ter sido considerada de 1 e a eficiência nominal admitida para o equipamento utilizado como sistema de arrefecimento (η_v) ser 3. Como em ambos os casos se trata da utilização de energia eléctrica, os factores de conversão (F_{pu}) são idênticos.

$$N_{tc} = 0.1 \times \left(\frac{N_{ic}}{\eta_i} \right) \times F_{pui} + 0.1 \times \left(\frac{N_{vc}}{\eta_v} \right) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (5.6.)$$

Isto fez com que, tal como explicado, a solução associada menor volume de necessidades globais (N_{tc}) fosse a solução 6, a mesma que alcança menores necessidades de aquecimento (N_{ic}). Apesar disso a diferença entre as várias soluções de alto desempenho propostas foi quase insignificante do ponto de vista de resultados finais, tendo uma amplitude de apenas $0,13 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$.

Interessante constatar que da solução 1 (nível N1) para a solução 3 (com U limite relativo ao nível de qualidade N3), se reduziu menos de metade das necessidades energéticas globais de cálculo (N_{tc}) do que aplicando a solução de alto desempenho com melhores resultados, a solução 6.

Ao simular a aplicação desta solução, limitou-se as necessidades energéticas em cerca de 3,5%, resultando na diminuição da relação N_{tc}/N_t em 0,07. Resultados muito pouco significativos, que impossibilitam que se atinja qualquer mudança de classe, apesar de se encontrar no limiar desse acontecimento.

5.3.2.3. Habitação 3

Quadro 5.32. – Comportamento térmico no Inverno aplicando as soluções propostas na habitação 3

Nível de qualidade	Solução	Perdas (W/°C)	Área efectiva total orientação Sul (m ²)	Ganhos solares brutos (kWh/ano)	N _{ic} (kWh/m ² .ano)	N _i (kWh/m ² .ano)
N0	Base	208,81	6,59	4290,11	400,92	
N1	1	168,10	5,78	3765,91	395,54	
N2	2	124,29	3,24	2108,91	393,51	
N3	3	94,95	3,24	2108,91	388,34	119,81
	4	60,72	2,62	1707,21	383,69	
N3	5	55,83	3,24	2108,91	381,44	
	6	50,74	4,09	2661,24	378,64	

Com a simulação da implementação das seis soluções alternativas relativas aos vidros, na presente fracção, assim como tinha acontecido anteriormente, conseguiu-se diminuir muito as perdas associadas aos envidraçados, com consequências positivas relativamente à estação de aquecimento.

A diminuição das perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores atingiu o valor máximo de 24% com a simulação da implementação da solução 6 relativamente à existente. Diminuição a qual poderia ainda ser mais avultada caso nos coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados existentes tivesse sido tomado em conta o seu precário estado de conservação, consideração que não é feita no ITE50 [8], tendo-se beneficiado a solução base.

Na estação em estudo interessa aumentar a área total equivalente na orientação Sul através de um elevado factor solar (g_v), de modo a propiciar um aumento de ganhos solares. Correspondeu à solução 1 o índice mais alto desse volume.

É importante ter em atenção que esta solução, que apesar de ter um factor solar (g_v) alto, beneficiando dos ganhos solares, como não possui um coeficiente de transmissão térmica (U) reduzido obteve a pior classificação na estação em estudo de entre as soluções alternativas propostas.

Quadro 5.33 – Comportamento térmico no Verão aplicando as soluções propostas na habitação 3

Nível de qualidade	Solução	Perdas (W/°C)	Ganhos solares (kWh)	N_{vc} (kWh/m ² .ano)	N_v (kWh/m ² .ano)
N0	Base	208,81	7119,24	11,23	
N1	1	168,10	6839,76	11,16	
N2	2	124,29	5009,55	8,69	
N3	3	94,95	5009,55	8,92	18
	4	60,72	4527,17	8,47	
N3	5	55,83	5009,55	9,25	
	6	50,74	5619,62	10,28	

Ao contrário do que acontecia nas fracções analisadas anteriormente, na presente fracção foi a solução 4 responsável pela maior diminuição das necessidades energéticas de cálculo na estação de arrefecimento (N_{vc}).

Apesar de possuir um coeficiente de transmissão térmica inferior à solução que apresentava um melhor resultado nas fracções já estudadas, a solução 4 tem um factor solar (g_v) muito baixo diminuindo os ganhos solares numa estação em que eles são nefastos.

O facto de ser uma solução diferente a apresentar um melhor resultado na estação de aquecimento deve-se, por exemplo, à proporção de áreas não protegidas na fracção em estudo ser maior (31%), fazendo com que a influência de um factor solar baixo (g_v) seja mais significativa para alcançar bons resultados energéticos no Verão.

No entanto os valores das duas soluções (2 e 4) estão muito próximos tal como acontecia anteriormente.

Quadro 5.34. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 3

Indicadores					
Nível de qualidade	Solução	N_{tc} (kgep/m ² .ano)	N_t (kgep/m ² .ano)	N_{tc}/N_t	Classe
N0	Base	22,88		3,53	G
N1	1	22,72		3,51	G
N2	2	22,64		3,49	G
N3	3	22,49	6,48	3,47	G
	4	22,35		3,45	G
N3	5	22,29		3,44	G
	6	22,22		3,43	G

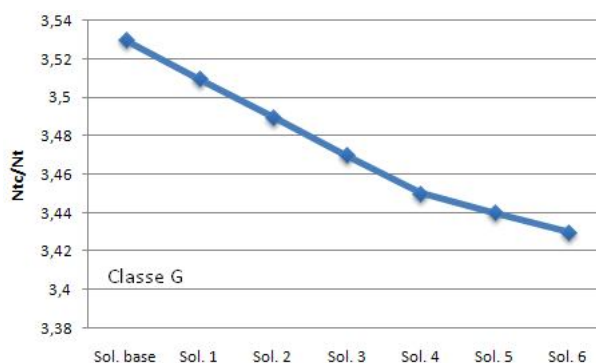


Fig.5.20. – Classificação energética aplicando as soluções propostas na habitação 3

Apesar de a diferença entre as necessidades de aquecimento e arrefecimento ser inferior à presente nas habitações anteriores, este valor é ainda muito significativo, o que faz com que as necessidades energéticas do Verão continuem a ter pouca influência.

Devido ao baixo peso que as melhorias aplicadas nos vãos envidraçados têm ao nível do resultado final de necessidades energéticas globais de cálculo (N_{tc}), foi apenas possível reduzir as mesmas em 3,0% resultando numa diminuição da relação N_{tc}/N_t em 0,10. Estes progressos não foram suficientes para que se sucedesse qualquer redução de classe, pois a presente habitação encontra-se longe do limiar desse acontecimento.

5.3.2.4. Análise geral

Procedendo a uma vista segundo um prisma mais geral, e após a análise da aplicação destas soluções de alto desempenho às três soluções em estudo pode-se concluir que, para o zona climática estudada, o melhor desempenho procurado relativamente ao vidro é o que está intrinsecamente ligado a:

- Um baixo coeficiente de transmissão térmica (U), de modo a diminuir as perdas associadas aos vãos envidraçados na estação de aquecimento (Inverno). Apesar de no Verão estas perdas serem benéficas, a influência desta estação é reduzida;

- Um elevado factor solar (g_v), que aumentando a área efectiva dos vãos envidraçados no Inverno, conta com o conseqüente aumento de ganhos úteis nesta estação. É prejudicial no que diz respeito ao aumento de ganhos solares a que está sujeita a habitação no Verão. No entanto, como nesta estação o vidro apenas representa 30% da área do vão, sendo os restantes 70% considerados inerentes à protecção exterior, é compensatória a procura de um envidraçado com elevado factor solar (g_v).

- Uma protecção exterior com um factor solar muito baixo de modo a diminuir o calor a que a habitação está exposta na estação de arrefecimento.

O vidro que proporcionou a satisfação destes aspectos foi o respeitante à solução 6, o Isolar Neutralux-S (4+16+4). Apesar disso a influência referente à implementação de novas soluções de vidros no balanço energético final é muito reduzida, alcançando-se uma redução máxima de 4,5% nas necessidades energéticas globais de cálculo (N_{tc}), resultando na diferença de 0,12 no rácio N_{tc}/N_t comparativamente com a solução base, isto para a habitação 1.

É importante ter atenção que as soluções que se apresentaram como mais favoráveis nos casos analisados podem não corresponder às que sejam mais vantajosas em aplicações diferentes. Por exemplo, a aplicação de soluções com características parecidas com a solução 4 parece mais indicada para edifícios sem protecções solares opacas, como por exemplo edifícios de escritórios com grandes áreas de envidraçados que satisfaçam facilmente a necessidade de ganhos solares no Inverno, tendo por isso de haver uma preocupação acrescida com os ganhos solares excessivos no Verão, optando-se assim por um vidro com factor solar (g_v) mais reduzido.

5.3.3. CLASSIFICAÇÃO EWERS

Desde uns anos até então tem vindo a ser promovida na Europa a tentativa de implementação de um sistema homogéneo para todos os países na classificação de envidraçados. Este sistema é denominado de EWERS (European Window Energy Rating System) e prende-se com a criação de um nível de classificação para as zonas climáticas europeias.

Apesar da quantidade de zonas ainda se encontrar aberta para discussão e alguns pontos não estarem totalmente acertados, isto não impediu a conclusão do método operacional.

No âmbito deste estudo, a classificação EWERS foi adoptada com o objectivo de completar a análise feita até então, pois através dele é possível obter uma classificação que contempla o coeficiente de transmissão térmica (U) e o factor solar (g_v).

A criação de um sistema de classificação geral e uniformizado relativo aos envidraçados surgiu como meio de:

- Permitir a comparação directa de produtos de diferentes fabricantes;
- Possibilitar aos consumidores e a todos os intervenientes uma decisão baseada em performances energéticas reais;
- Promover ferramentas e metodologias comuns na União Europeia para evitar um desenvolvimento de sistemas de classificação múltiplos e incompatíveis;
- Promover uma base europeia de sistemas de classificação energética de envidraçados.

Apesar de o sistema de classificação ser composto por vários níveis, no presente estudo apenas se incidiu sobre o nível dois.

Relativamente ao nível dois do sistema de classificação energética europeu de envidraçados existem algumas considerações a ter em conta:

- O método é baseado num balanço energético do envidraçado para a estação de aquecimento (Inverno);
- No método não está contido o arrefecimento;
- O balanço contém um factor de utilização de ganhos solares, a duração da estação de aquecimento, a energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul na estação de aquecimento;
- Os parâmetros são: coeficiente de transmissão térmica (U), factor solar (g_v) e permeabilidade ao ar (L).

Tendo em conta que, segundo o nível dois da classificação EWERS [15], o balanço energético para uma janela na estação de aquecimento é determinado pela seguinte expressão:

$$q_{net} = \eta \times g_v \times G_{Sul} - (U + L) \times (T_i - T_e) \times t \quad (5.9.)$$

E que a classificação é feita pela seguinte expressão:

$$Rating = A \times g_v - B \times (U + L) \quad (5.10.)$$

Como $q_{net} = Rating$, surge:

$$A = \eta \times G_{Sul} \quad (5.11.)$$

$$B = (T_i - T_e) \times t \quad (5.12.)$$

Onde:

- η - Factor utilização dos ganhos solares;
- g_v - Factor solar do vidro;
- U - Coeficiente de transmissão térmica do vidro ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
- G_{Sul} - Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul na estação de aquecimento (MJ);
- L - Permeabilidade ao ar, com uma pressão de ar específica (geralmente 50Pa) ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
- T_i - Temperatura média interior ($^\circ C$);
- T_e - Temperatura média exterior no período de aquecimento ($^\circ C$);
- t - Duração da estação de aquecimento (meses).

Aplicando às três fracções em estudo, estas variáveis assumem os seguintes valores:

- Factor utilização dos ganhos solares: $\eta=1,0$ (cálculo térmico);
- Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul na estação de aquecimento (MJ): $G_{Sul}=93 \times 3,6=344,80MJ$ [2] (quadro III.8, pág. 2482);
- Temperatura média interior: $T_i=20^\circ C$ [2] (artigo 14º, pág. 2474);
- Temperatura média exterior no período de aquecimento: com base no instituto de meteorologia [46], obteve-se as temperaturas médias desde o mês de Outubro até Maio. $T_e=12^\circ C$;
- Duração da estação de aquecimento: $t=7$ meses.
- Permeabilidade ao ar, com uma pressão de ar específica (geralmente 50Pa) ($W/m^2 \cdot ^\circ C$): com base na classificação europeia EN12207, visto as caixilharias adoptadas integrarem a classe 4 de

permeabilidade ao ar, obtém-se um valor igual a $2\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ correspondente à permeabilidade ao ar para uma pressão igual a 50Pa.

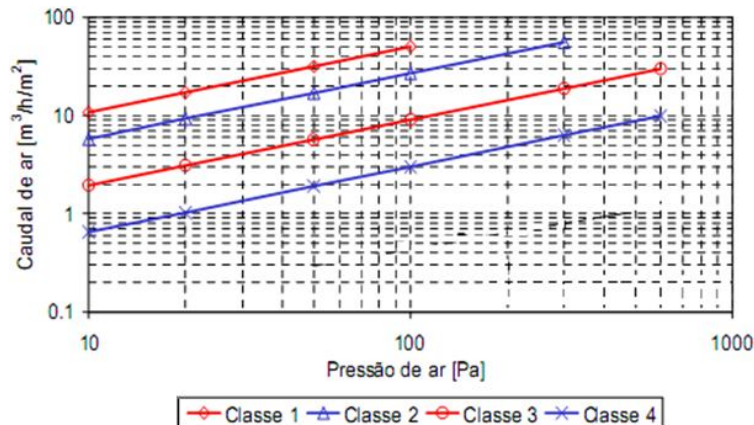


Fig.5.21. – Permeabilidade ao ar correspondente a caixilharias de diferentes classes [20]

Aplicando a fórmula 5.13. que se encontra presente no ponto 2.3. do texto P2T1 relativo à classificação EWERS [15].

$$L = 1,2 \times q_v \quad (5.13.)$$

Onde:

- q_v – Permeabilidade ao ar por metro quadrado (dm^3/s).

Obtém-se um valor de $L=8,64\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

É importante ter em conta que as avaliações feitas pelo nível 2 da classificação EWERS são relativas à estação de aquecimento. Apesar de só ter uma estação em conta, como foi visto no ponto 5.3.2., é esta que tem a influência mais significativa no cálculo das necessidades energéticas globais.

Quadro 5.35. – Classificação EWERS das soluções propostas

Solução	U ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)	g_v	Rating
1	3,3	0,75	-417,54
2	2,5	0,42	-483,22
3	2,0	0,42	-455,22
4	1,2	0,34	-437,21
5	1,1	0,42	-404,82
6	1,0	0,53	-362,40

Relativamente às soluções de alto desempenho (soluções 4, 5 e 6), os resultados obtidos vão de encontro às conclusões retiradas anteriormente no âmbito da análise das diminuições das necessidades energéticas, já que a solução que alcança uma melhor classificação é a solução 6, com um menor coeficiente de transmissão térmica (U) e um factor solar (g_v) mais elevado. Ainda tendo em conta apenas as três últimas soluções, a número 4 foi a que revelou a pior classificação, tal como acontecia previamente.

Curioso é o facto de a solução 1, com $U=3,3W/m^2\cdot C$ apresentar uma classificação superior às soluções 2, 3 e 4 que possuem coeficientes de transmissão térmica (U) muito inferiores. Acontecimento propiciado pelo seu elevado factor solar (g_v).

Tomando atenção à fórmula da classificação EWERS, constata-se que, para a zona climática em análise, a parcela correspondente ao factor solar (g_v) tem uma influência muito significativa, possibilitando que a solução que se apresentou como termicamente mais débil no cálculo térmico, alcance agora uma boa classificação.

Seria positivo que os resultados alcançados com a classificação fossem concordantes com os obtidos na diminuição das necessidades energéticas globais de cálculo (N_{ic}) resultantes da aplicação dos vidros em causa. Isto de modo a que fosse possível adoptar valores limite para diferentes níveis de qualidade propiciando de uma forma fácil a um proprietário a escolha do vidro que garanta menores consumos. Tal concordância não acontece actualmente, pelo menos no que se refere às habitações e zona climática em estudo, como se pode constatar nas figuras 5.21. e 5.22. onde se retrata a variação das diferentes soluções propostas relativamente à solução 1.

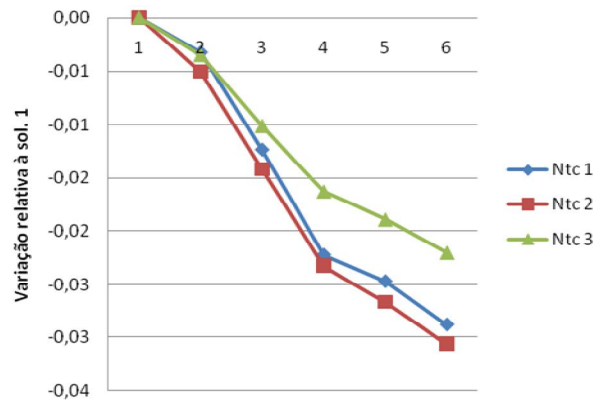


Fig.5.22. – Variação das necessidades globais de cálculo das soluções propostas relativamente à solução 1

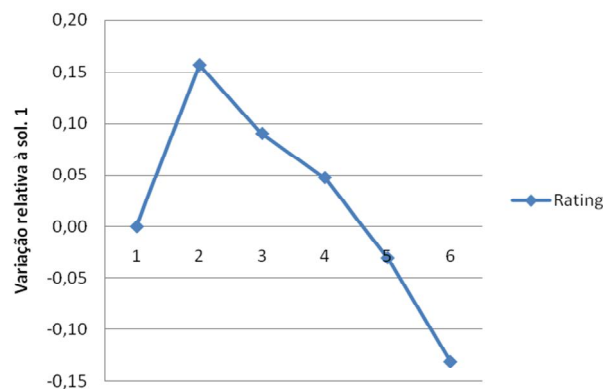


Fig.5.23. – Variação da classificação EWERS das soluções propostas relativamente à solução 1

Numa análise muito geral, com o intuito de estimular o desenvolvimento de um estudo futuro devidamente aprofundado e fundamentado, aplicou-se, após análise experimental, uma redução do peso relativo à parcela correspondente ao factor solar (g_v), de modo a reduzir a sua excessiva influência, e um agravamento à parcela correspondente ao coeficiente de transmissão térmica (U), penalizando mais significativamente as soluções que propiciem mais perdas.

$$Rating = 0,4 \times \eta \times g_v \times G_{Sul} - 1,6 \times (U + L) \times (T_i - T_e) \times t \quad (5.14.)$$

Apenas com essa transformação possibilita-se o alcance da ordem obtida nas necessidades energéticas globais de cálculo (N_{ic}), se bem que com variações de solução para solução não totalmente concordantes, mas sem dúvida mais aproximadas.

Nota: É de extrema importância que se tenha em atenção que os resultados obtidos correspondem só e apenas à zona I2 e considerando apenas os resultados obtidos nas três fracções em estudo.

Quadro 5.36. – Classificação EWERS (modificada) das soluções propostas

Solução	U (W/m ² .°C)	g _v	Rating
1	3,3	0,75	-969,38
2	2,5	0,42	-941,90
3	2,0	0,42	-897,10
4	1,2	0,34	-836,13
5	1,1	0,42	-816,46
6	1,0	0,53	-792,77

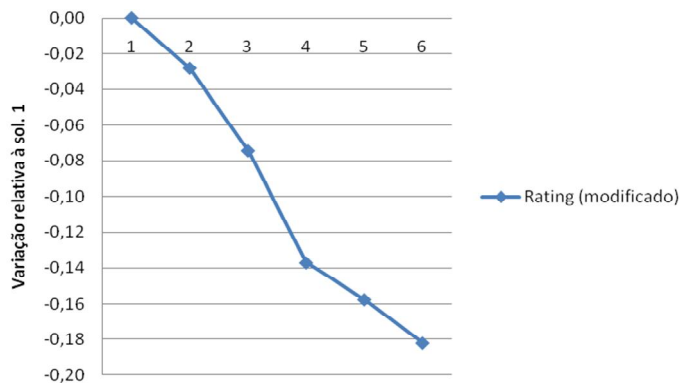


Fig.5.24. – Variação da classificação EWERS (modificada) das soluções propostas relativamente à solução 1

5.3.4. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA VS. FACTOR SOLAR

Após concluir no ponto 5.3.2. que seria proveitoso, na zona climática em questão e para as habitações em análise, utilizar um vidro com um coeficiente de transmissão térmica (U) baixo e um factor solar (g_v) alto, optou-se por confrontar os dois coeficientes.

Para as três fracções em estudo, tomou-se como base a aplicação de um vidro genérico com U=1,2W/m².°C e g_v=0,34. A partir da simulação de implementação desta solução começou por se diminuir este coeficiente de transmissão térmica em duas décimas. Tendo em vista as necessidades globais de cálculo (N_{ic}) obtidas com esta modificação, passou-se ao passo seguinte. Este consistiu em, sem modificar o valor de U, através do cálculo térmico procurar saber qual o valor do factor solar do vidro (g_v) que seria necessário para se alcançar as mesmas necessidades globais de cálculo (N_{ic}).

5.3.4.1. Habitação 1

Quadro 5.37. – Coeficiente de transmissão térmica vs. factor solar na habitação 1

U (W/m².°C)	g_v	N_{ic} (kWh/m².ano)	N_{vc} (kWh/m².ano)	N_{tc} (kgep/m².ano)
1,2	0,34	277,03	3,09	11,90
1,0	0,34	275,75	3,14	11,87
1,2	0,46	275,64	3,60	11,87

Na fracção em estudo, é de constatar que procedendo a uma redução do coeficiente de transmissão térmica (U) em 0,2W/m².°C, as necessidades globais de cálculo (N_{ic}) reduzem-se em 0,03.

Para se assegurar necessidades globais de cálculo idênticas à redução do coeficiente de transmissão térmica (U) em 0,2W/m².°C, foi necessário aumentar o factor solar (g_v) em 0,12.

5.3.4.2. Habitação 2

Quadro 5.38. – Coeficiente de transmissão térmica vs. factor solar na habitação 2

U (W/m².°C)	g_v	N_{ic} (kWh/m².ano)	N_{vc} (kWh/m².ano)	N_{tc} (kgep/m².ano)
1,2	0,34	296,75	1,47	17,21
1,0	0,34	294,86	1,51	17,16
1,2	0,47	294,76	1,93	17,16

Na fracção em estudo, é de constatar que procedendo a uma redução do coeficiente de transmissão térmica (U) em 0,2W/m².°C, as necessidades globais de cálculo (N_{ic}) reduzem-se em 0,05.

Para se assegurar necessidades globais de cálculo idênticas à redução do coeficiente de transmissão térmica (U) em 0,2W/m².°C, foi necessário aumentar o factor solar (g_v) em 0,13.

5.3.4.3. Habitação 3

Quadro 5.39. – Coeficiente de transmissão térmica vs. factor solar na habitação 3

U (W/m².°C)	g_v	N_{ic} (kWh/m².ano)	N_{vc} (kWh/m².ano)	N_{tc} (kgep/m².ano)
1,2	0,34	383,69	8,47	22,35
1,0	0,34	381,89	8,56	22,30
1,2	0,46	381,54	9,56	22,30

Na fracção em estudo, é de constatar que procedendo a uma redução do coeficiente de transmissão térmica (U) em $0,2\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$, as necessidades globais de cálculo (N_{tc}) reduzem-se em 0,05.

Para se assegurar necessidades globais de cálculo idênticas à redução do coeficiente de transmissão térmica (U) em $0,2\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$, foi necessário aumentar o factor solar (g_v) em 0,12.

5.3.4.4. Análise geral

Pode-se concluir que apesar de os valores não serem semelhantes para as três análises feitas verifica-se alguma convergência nos resultados obtidos.

Nas três fracções em estudo, reduzindo-se o coeficiente de transmissão térmica (U) em $0,2\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$, reduz-se as necessidades globais de cálculo (N_{tc}) em valores que rondam os $0,04\text{kgep/m}^2\cdot\text{ano}$.

Com o objectivo de se alcançar necessidades globais de cálculo (N_{tc}) idênticas às obtidas com a redução do coeficiente de transmissão térmica (U) em 0,2, para as fracções em estudo, é necessário aumentar o factor solar do vidro (g_v) em valores próximos de 0,12.

Apesar de se ter adquirido alguma sensibilidade relativa ao relacionamento das duas variáveis, os resultados não são inteiramente homogéneos pois dependem de vários factores que interferem directamente no cálculo térmico, como a área de envidraçado, a existência de sombreamentos, obstruções, etc.

5.3.5. ANÁLISE ECONÓMICA DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE VIDROS

Para além de se possuir informação acerca do desempenho térmico interessa também desenvolver uma análise económica no âmbito das soluções propostas, de modo a possibilitar a adopção da solução com melhor relação custo/benefício possível. Com esse objectivo tentou-se saber, junto dos fabricantes, o preço de cada um dos vidros escolhidos em 5.3.2.

Obtidas as informações, resultaram os custos presentes no quadro 5.39. inerentes a cada uma das soluções.

Para proceder a uma análise mais completa, procurou-se incluir todas as actividades e materiais que relatassem não só o custo relativo ao vidro, mas também as actividades necessárias para que isso se materialize. Exemplos disso são: o transporte, incluindo movimento vertical e horizontal dos materiais em obra (inclusive carga e descarga dos camiões); vedação final de estanquidade; eliminação de restos, limpeza final e remoção de entulho para vazadouro; e a proporção relativa à utilização de andaimes e outros meios auxiliares, resultando o preço total presente no mesmo quadro.

As estimativas relativas ao preço dos vidros estão apresentadas detalhadamente no anexo II, e para cada uma delas foram consideradas as seguintes composições:

- Vidro;
- Oficial de primeira – vidraceiro;
- Ajudante de vidraceiro;
- Caixa de silicone sintético incolor;
- Material auxiliar para colocação de vidros;
- Meios auxiliares;
- Custos indirectos.

Quadro 5.40. – Encargos financeiros relativos à aplicação das soluções propostas

Nível de qualidade	Solução	Preço vidro (€/m ²)	Preço total (€/m ²)
N1	1	21,00	31,70
N2	2	54,00	66,37
N3	3	56,00	68,47
	4	80,00	93,69
N3	5	56,00	68,47
	6	38,00	49,56

5.3.5.1. Habitação 1

Quadro 5.41. – Encargos financeiros relativos à aplicação das soluções propostas na habitação 1

Nível de qualidade	Solução	Preço (€/m ²)	Área de envidraçado (m ²)	Preço (€)
N1	1	31,70		710,71
N2	2	66,37		1488,02
N3	3	68,47		1535,10
	4	93,69	22,42	2100,53
N3	5	68,47		1535,10
	6	49,56		1111,14

5.3.5.2. Habitação 2

Quadro 5.42. – Encargos relativos à aplicação das soluções propostas na habitação 2

Nível de qualidade	Solução	Preço (€/m ²)	Área de envidraçado (m ²)	Preço (€)
N1	1	31,70		532,56
N2	2	66,37		1115,02
N3	3	68,47		1150,30
	4	93,69	16,80	1573,99
N3	5	68,47		1150,29
	6	49,56		832,61

5.3.5.3. Habitação 3

Quadro 5.43. – Encargos relativos à aplicação das soluções propostas na habitação 3

Nível de qualidade	Solução	Preço (€/m ²)	Área de envidraçado (m ²)	Preço (€)
N1	1	31,70	48,90	1550,13
N2	2	66,37		3245,49
N3	3	68,47		3348,18
	4	93,69		4581,44
N3	5	68,47		3348,18
	6	49,56		2423,48

5.3.5.4. Análise geral

Verifica-se que a solução que possui um desempenho térmico melhor em todas as fracções (a solução 6) possui também um custo relativo à sua aplicação extremamente competitivo.

Isto acontece, por exemplo, porque ao melhor desempenho está associado a um factor solar (g_v) alto, de modo a otimizar os ganhos na estação de aquecimento, não necessitando de um tratamento tão exaustivo como os restantes.

É notória uma grande diferença de custos entre as soluções propostas inerentes aos níveis de qualidade de transmissão térmica N1 e N2. Isto porque o nível N2, para além da solução possuir um coeficiente de transmissão térmica (U) mais baixo, possui também um factor solar bastante inferior, pois uma das folhas (Planistar) é de baixa emissividade (low-e), possibilitando um aumento da reflexão do vidro.

Entre os níveis de qualidade N2 e N3 a diferença de custos é bastante baixa, isto porque os seus vidros são semelhantes. Possuem uma folha de baixa emissividade (low-e), tendo um factor solar (g_v) semelhante. A única diferença prende-se com a espessura da lâmina de ar que proporciona a redução do coeficiente de transmissão térmica (U). O aumento desta espessura não implica aumentos de preços significativos para o proprietário da fracção.

De tomar em conta que apesar da escolha de envidraçados com um coeficiente de transmissão térmica (U) que satisfaça determinados níveis de qualidade de transmissão térmica implicar custos, interessa também estar ciente que os custos dos vidros estão também ligados a outros parâmetros como o factor solar (g_v), transmitância (ζ), etc. Os vidros escolhidos para a satisfação dos níveis poderiam ter encargos bastante diferentes consoante esses mesmos parâmetros fossem também diferentes.

Como seria de esperar uma intervenção ao nível dos vidros seria muito mais onerosa na habitação 3 devido à sua densa área de envidraçados. Pode ser este um dos factos, a juntar a muitos outros, pelo qual os proprietários não reabilitam muitas destas habitações, muitas vezes com valor arquitectónico elevadíssimo, pois a intervenção, mesmo só ao nível de um elemento construtivo comporta custos muito avultados.

5.3.6. RETORNO DO INVESTIMENTO APLICADO

Após conhecer os encargos relativos à aplicação de cada uma das soluções nas três fracções em estudo procurou-se proceder a uma simulação de custos de energia por unidade de área de vão envidraçado proporcionados pela solução base e pelas soluções alternativas propostas. Com este estudo é possível estimar o período de retorno referente a cada uma das soluções propostas.

Para isso teve-se em conta a equação 5.14. proveniente da pág. 2485 do RCCTE [2], com a qual é possível determinar a energia necessária para compensar as perdas originadas pelo vão envidraçado.

$$Q_{ext} = 0,024 \times U \times A \times GD \quad (5.14.)$$

Nota: Para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica base das habitações em estudo utilizou-se uma média ponderada dos respectivos coeficientes de cada um dos vãos envidraçados.

De modo a indicar os custos relativos a estas perdas optou-se por confrontá-las com o preço da energia através da seguinte expressão.

$$Custo_{Perdas} = Q_{ext} \times Custo_{Energia} \quad (5.15.)$$

Tomou-se como ponto inicial o ano de 2009 e fez-se uma projecção para 5, 10, 15, 20 e 25 anos. Como se considerou que o aquecimento é feito através de energia eléctrica procurou-se saber o custo da energia, que segundo a EDP é de 0,1134€/kWh.

Relativamente ao aumento anual do custo da energia estabeleceu-se uma previsão segundo uma taxa de inflação de 2,5%.

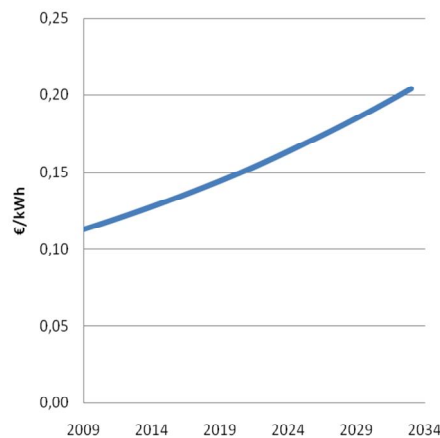


Fig.5.25. – Aumento do preço por kWh de energia

Com conhecimento acerca do custo que estão associados às perdas é possível calcular o custo global associado a cada uma das soluções propostas, qualquer que seja o ano em análise.

$$Custo_{Global} = Custo_{Intervenção} + \sum_1^n \left[\frac{Custo_{Perdas} \times (1+i)^{(n-1)}}{(1+j)^n} \right] \quad (5.16.)$$

Onde:

- i – Taxa de inflação: considerou-se ser de 2,5%;
- j – Taxa de juros: considerou-se ser de 2%;

- n – Ano em análise.

De modo a completar a análise elaborou-se quadros onde, para cada uma das fracções, é possível observar o benefício económico de cada uma das soluções em relação à existente (solução base). Este benefício é o resultado da subtração do valor do custo da solução existente ao valor do custo da solução de reabilitação. Esta análise contemplou a utilização da caixilharia de alumínio e foi feita para 5, 10, 15, 20 e 25 anos após o ano da implementação das soluções e existem três casos possíveis:

- Quando o resultado da subtração é positivo, indica que se está perante um benefício económico representando este valor o fundo de poupança por metro quadrado entre a solução alternativa adoptada e caso se continuasse com a solução base;
- Quando o resultado da subtração é negativo, indica que ainda não se atingiu o retorno do investimento, sendo o valor apresentado o prejuízo relativo a cada metro quadrado;
- Quando o resultado é nulo, estamos no ponto temporal onde foi atingido o retorno do investimento, ponto a partir do qual a solução adoptada começa a apresentar benefícios económicos para o proprietário.

Nota: É importante referir que para a análise dos períodos de retorno não foram contabilizados os ganhos solares. Caso acontecesse, a solução beneficiada seria a base, pois devido a possuir um factor solar (g_v) mais alto, o volume de ganhos seria maior na estação dominante (Inverno), possibilitando uma maior diminuição na energia dispendida para colmatar as perdas energéticas.

5.3.6.1. HABITAÇÃO 1

A habitação 1 tem quatro tipos diferentes de vãos envidraçados, tendo em atenção a área correspondente a cada um conclui-se que o coeficiente de transmissão térmica base da habitação é de $4,56\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

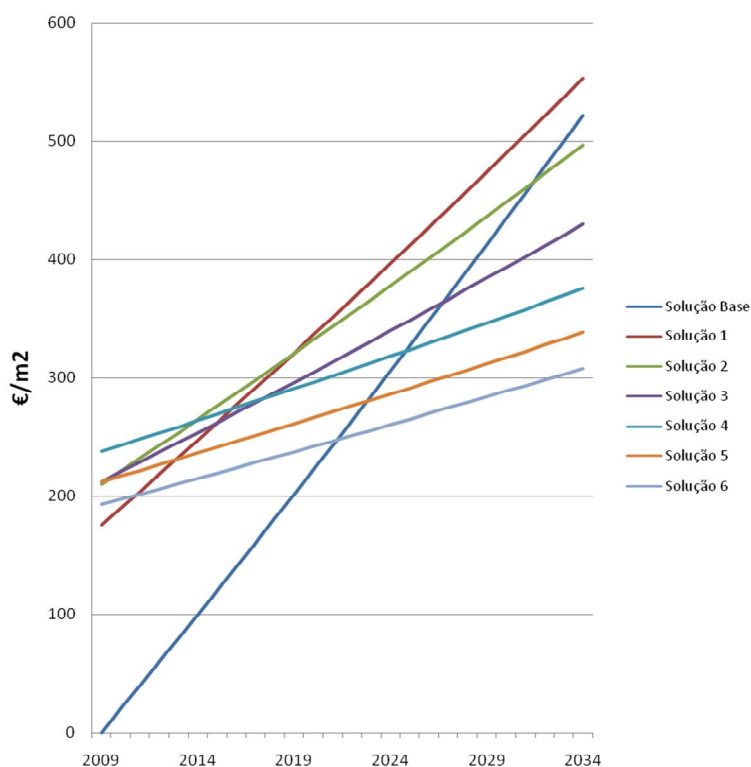


Fig.5.26. – Custo de energia aplicando as soluções propostas à habitação 1

Quadro 5.44. – Benefício da aplicação das soluções propostas na habitação 1

Nível de qualidade	Solução	Benefício (€m ²)					
		0 anos	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos
N1	1	-175,53	-148,07	-119,92	-91,08	-61,53	-31,24
N2	2	-210,20	-165,30	-119,28	-72,13	-23,81	25,70
N3	3	-212,30	-154,32	-94,90	-34,02	28,38	92,31
	4	-237,52	-164,28	-89,23	-12,32	66,49	147,26
N3	5	-212,30	-136,88	-59,60	19,60	100,76	183,93
	6	-193,39	-115,79	-36,27	45,21	128,72	214,29

De forma a recuperar o investimento consumado com a implementação de uma nova caixilharia e do vidro, foi previsto ser necessário esperar no mínimo cerca de 12 anos.

Como seria de esperar, a solução que alcançou um melhor resultado foi a número 6, pois apesar de ter o melhor desempenho energético tem também um preço inferior, possui assim uma recta com declive menor, apresentando por isso menores custos a longo prazo.

De reparar que a solução 1, a qual está afecta a um nível de qualidade relativo à transmissão térmica mais baixo, nem ao fim de 25 anos é capaz de recuperar o investimento consumado, isto apesar de esta solução estar associada ao menor investimento inicial.

As soluções com um menor coeficiente de transmissão térmica (U), não têm necessariamente um preço superior, pois este está também fortemente relacionado com tratamento a que o vidro está sujeito para obter diferentes factores solares (g_v), transmitâncias (ζ), etc. Apesar disso, é de reparar que a partir de perto de 9 anos após a instalação, o retorno do investimento das soluções está ordenado de acordo com o seu coeficiente de transmissão térmica (U), tendo-se atenuado o efeito do investimento inicial, o qual propiciou que esta disposição não fosse a mesma no princípio.

5.3.6.2. Habitação 2

A habitação 2 tem quatro tipos diferentes de vãos envidraçados, tendo em atenção a área correspondente a cada um conclui-se que o coeficiente de transmissão térmica base da habitação é de $3,61\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

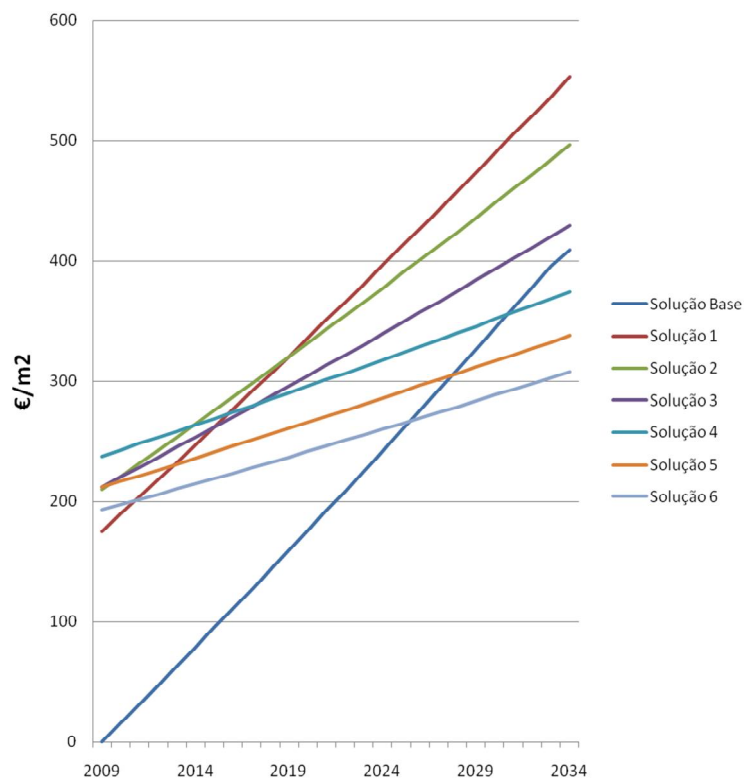


Fig.5.27. – Custo de energia aplicando as soluções propostas à habitação 2

Quadro 5.45. – Benefício da aplicação das soluções propostas à habitação 2

Nível de qualidade	Solução	Benefício (€/m ²)					
		0 anos	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos
N1	1	-175,48	-168,72	-161,80	-154,70	-147,43	-144,36
N2	2	-210,15	-185,96	-161,16	-135,75	-109,72	-87,42
N3	3	-212,25	-174,98	-136,78	-97,64	-57,53	-20,81
	4	-237,47	-184,94	-131,11	-75,94	-19,41	34,13
N3	5	-212,25	-157,54	-101,47	-44,02	14,85	70,81
	6	-193,34	-136,45	-78,15	-18,41	42,81	101,17

Na fracção em estudo apenas passados cerca de 16 anos é possível recuperar o investimento consumado, isto para a solução 6. As soluções de alto desempenho (4, 5 e 6), de todas as estudadas, são as únicas que conseguem apresentar benefícios no intervalo de tempo analisado.

Este aumento no período de retorno da fracção em estudo relativamente à estudada anteriormente é devido essencialmente ao coeficiente de transmissão térmica (U) adoptado para a solução base ser inferior em quase $1\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{°C}$ e por isso mais próximos dos das soluções propostas, porque os investimentos iniciais por metro quadrado de área envidraçada são praticamente iguais.

5.3.6.3. HABITAÇÃO 3

A habitação 3 tem cinco tipos diferentes de vãos envidraçados, tendo em atenção a área correspondente a cada um conclui-se que o coeficiente de transmissão térmica base da habitação é de $4,12\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{°C}$.

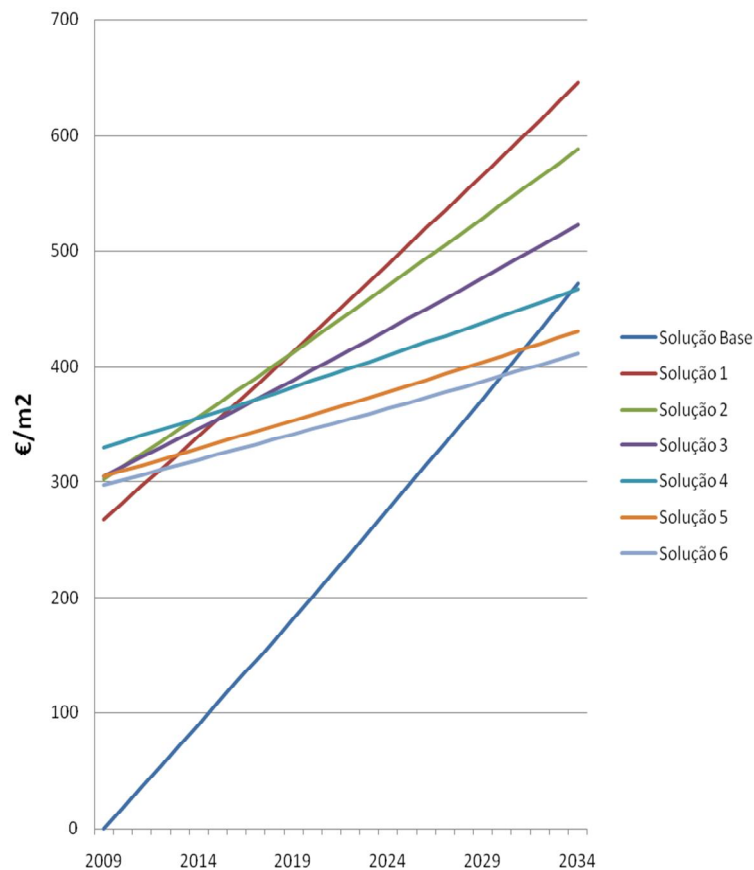


Fig.5.28. – Custo de energia aplicando as soluções propostas à habitação 3

Quadro 5.46. – Benefício da aplicação das soluções propostas à habitação 3

Nível de qualidade	Solução	Benefício (€/m ²)					
		0 anos	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos
N1	1	-267,72	-249,85	-231,53	-212,76	-193,53	-173,82
N2	2	-302,39	-267,08	-230,89	-193,81	-155,81	-116,87
N3	3	-304,49	-256,10	-206,51	-155,70	-103,62	-50,26
	4	-329,72	-266,07	-200,84	-134,01	-65,51	4,67
N3	5	-304,50	-238,67	-171,21	-102,08	-31,25	41,34
	6	-297,01	-229,00	-159,31	-87,90	-14,71	60,28

Como se pode constatar, no intervalo em análise apenas as soluções de alto desempenho alcançaram o período de retorno, acontecendo isto sensivelmente ao nível dos 21, 23 e 25 anos respectivamente.

Esta maior dificuldade em atingir o período de retorno, e consequente rentabilidade, deve-se à solução de caixilharia proposta ter um preço bastante elevado, pois trata-se de caixilharia de abrir, que só por si apresenta um custo mais avultado, sendo ainda agravada pela opção da instalação de um revestimento em madeira nas duas faces devido a imposições arquitectónicas.

O facto de, tanto na habitação 3 como na número 2, a solução base ser beneficiada pelo facto de os valores do coeficiente de transmissão térmica (U) serem retirados do ITE50 [3], onde é favorecido o facto do material constituinte ser a madeira, também contribuiu para o aumento do tempo da amortização do investimento consumado.

Interessa estar ciente que os valores obtidos não retratam o estado de conservação do material, devendo isso também ser especialmente tido em conta quando se analisa uma possível reabilitação de um elemento.

Apesar de os resultados possibilitarem uma análise útil, interessa compreender que no caso da presente habitação urge uma intervenção ao nível dos vãos envidraçados, quer seja a proposta ou uma outra com custos mais reduzidos, pois este elemento da envolvente tem uma importantíssima contribuição para o conforto térmico.

5.3.7. ANÁLISE DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE PROTECÇÕES SOLARES OPACAS

Surgem então as protecções solares opacas como outro recurso disponível para melhorar o desempenho energético. Ao contrário do que se passa com as mudanças relativas ao vidro, que com uma diminuição do valor do coeficiente de transmissão térmica (U) permitem uma diminuição de perdas para o exterior, as protecções solares opacas, no cálculo térmico, estão intrinsecamente ligadas ao factor solar. Mais concretamente, ligadas à estação de arrefecimento (Verão), que é quando estas são contabilizadas de modo a evitar um volume tão avultado de ganhos solares.

5.3.7.1. Habitação 1

No que diz respeito à habitação de 1989 torna-se difícil encontrar soluções de melhoria das protecções opacas, pois a substituição iria modificar o factor solar (g_{\perp}) da protecção para um valor muito próximo do actual, não se materializando em alterações relevantes do ponto de vista energético. A alteração com mais proveito energético adequada à habitação em questão, seria a substituição das persianas existentes de cor escura por umas de cor clara, e essa mudança apenas implicaria uma diminuição de 0,03 no factor solar da protecção exterior.

Nos compartimentos da habitação onde não existe protecção exterior, não faria qualquer sentido a introdução de algum dispositivo, visto tratarem-se de áreas comuns.

5.3.7.2. Habitação 2

Quanto à habitação de 1976 ainda se torna mais difícil propor alguma melhoria no que diz respeito a protecções solares. No caso dos vãos envidraçados que não possuem protecção exterior não é tomada como uma atitude lógica a inserção destes dispositivos, pois ou se trata de espaços comuns ou casas de banho. Nos restantes vãos seria impossível introduzir qualquer melhoria, pois as protecções presentes são de persianas de cor clara, as quais propiciam um factor solar (g_{\perp}) extremamente baixo.

5.3.7.3. Habitação 3

A terceira habitação em estudo, ao contrário das analisadas anteriormente, tem resultados muito fracos no que respeita a protecções opacas.

Se nas áreas onde elas não existem não faria muito sentido tal introdução, no que respeita às restantes, o modo como é feita a obstrução penaliza fortemente o desempenho energético da habitação.

As portadas interiores opacas existentes têm um factor solar (g_{\perp}) extremamente alto, propiciando ganhos térmicos no Verão e conseqüente aumento das necessidades brutas de arrefecimento, devendo ser estudada a substituição por dispositivos com melhor desempenho.

No entanto, por razões arquitectónicas, devido aos traços da casa relativos da sua época e os materiais em que é construída, não parece sensata a aplicação de outro tipo de protecção.

Uma protecção exterior de portadas opacas seria uma solução com um impacto visual muito forte, aliando-se ao facto de em certos vãos envidraçados se tornar impossível a sua aplicação devido à curta distância entre vãos.



Fig.5.29. – Impossibilidade de aplicação de portadas exteriores opacas na habitação 3

A opção de persianas tornar-se-ia um “atentado” arquitectónico e a sua aplicação seria logo à partida posta de parte, tendo em conta a construção da habitação ser em alvenaria de granito.

A única opção, apesar de se apresentar muito para além do intencionado, foi manter as portadas do lado interior, já que das protecções solares interiores estas são as mais competentes. Apesar disso, mesmo com esta solução, torna-se possível promover uma diminuição do factor solar, introduzindo portadas interiores, mas desta vez de cor clara. O factor solar da protecção opaca desce dos 0,58 para os 0,35.

Embora com a noção das dificuldades em alcançar mudanças significativas no cálculo térmico apenas procedendo a alterações nos vãos envidraçados, utilizou-se o envidraçado que melhores resultados energéticos promoveu e procedeu-se à simulação da implementação de portadas interiores de cor clara, obtendo-se os seguintes resultados.

- Solução: Mudança da protecção solar de portadas interiores de cor escura para portadas interiores de cor clara.

Na estação de aquecimento, como se admite que as protecções solares opacas se encontram abertas de modo a propiciar um aumento de ganhos solares, estas não exercem qualquer influência.

Quadro 5.47. – Comportamento térmico no Verão aplicando portadas interiores claras na habitação 3

Solução	Perdas (W/°C)	Ganhos solares (kWh)	N _{vc} (kWh/m ² .ano)	N _v (kWh/m ² .ano)
Base	208,81	7119,24	11,23	
6	50,74	5619,62	10,28	
6 (port. claras)	46,05	4599,28	8,70	18

Na estação de arrefecimento, com a mudança da cor das portadas possibilita-se a redução do volume de ganhos solares através dos envidraçados em perto de 18% e das necessidades energéticas de arrefecimento (N_{vc}) em 15,4%.

Quadro 5.48. – Classificação energética aplicando portadas interiores claras na habitação 3

Indicadores				
Solução	N _{tc} (kgep/m ² .ano)	N _t (kgep/m ² .ano)	N _{tc} /N _t	Classe
Base	22,88	6,48	3,54	G
6	22,22	6,48	3,43	G
6 (port. claras)	22,18	6,48	3,42	G

A medida proposta é positiva e pode ser aplicada numa eventual reabilitação da fracção, alterando a cor das protecções já que não implica custos avultados.

No entanto, ao nível de um resultado global numa perspectiva do cálculo térmico, esta medida não surte efeitos significativos, diminuindo apenas em quatro centésimas o nível das necessidades energéticas globais (N_{tc}). Isto apesar de se ter reduzido em 0,23 o valor correspondente ao factor solar da protecção opaca.

5.3.8. A INFLUÊNCIA DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS APLICADAS AOS VÃOS ENVIDRAÇADOS

Embora funcione de um modo mais complementar, torna-se importante, e como ponto final do estudo, analisar quantitativamente a influência dos vãos envidraçados que tem vindo a ser diversas vezes referida.

Assim, visto a habitação 3 ser a única contemplada com um sistema de aquecimento de águas quentes sanitárias diferente, optou-se por simular o caso de estar presente um equipamento idêntico ao das restantes habitações: o esquentador a gás.

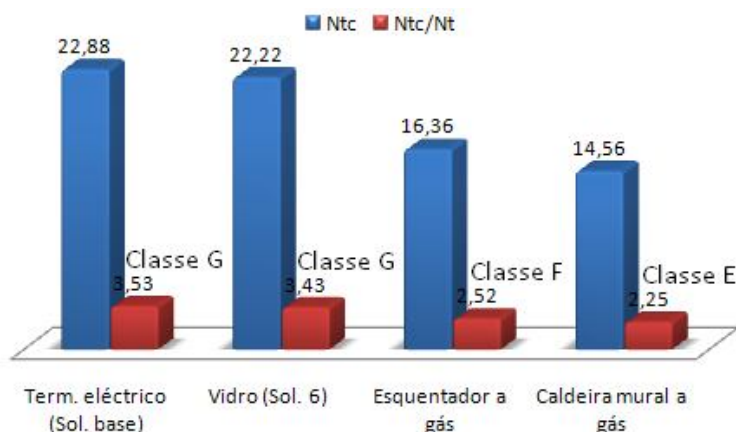


Fig.5.30. – Necessidades energéticas globais de cálculo aplicando vidro de alto desempenho e diferentes sistemas de AQS na habitação 3

Apenas com esta modificação relativamente à solução base alcançou-se uma diminuição de 27% das necessidades globais de cálculo de energia primária (N_{tc}), possibilitando alcançar a classe F. No limite da optimização, simulando o caso da instalação de uma caldeira mural a gás esta diminuição alcançaria os 35%, em vez dos 2,5% obtidos com a intervenção ao nível dos vãos envidraçados aplicando uma solução de alto desempenho, sendo agora possível alcançar a classe E.

Deste modo consegue-se perceber a dificuldade em obter resultados significativos, ao nível da melhoria da classe energética, com uma intervenção ao nível dos envidraçados comparativamente, por exemplo, com uma no âmbito dos sistemas de aquecimento de águas quentes sanitárias. No entanto, e tal como foi dito anteriormente, é extremamente importante ter em mente a importância deste elemento da envolvente para o conforto térmico.

6

CONCLUSÃO

6.1. ESTUDO DESENVOLVIDO

A certificação energética de edifícios existentes surge em Portugal inerentemente ligada a diversas oportunidades no âmbito da construção civil, pois para além de permitir o alargamento da certificação energética a habitações impossibilitadas de tal até ao momento. Assim, contribui para que surjam reabilitações mais adequadas, logo, com uma eficiência térmica maior, tornando-as mais atractivas, possibilitando que surja um retorno do investimento consumado através da diminuição das necessidades energéticas presentes no edifício.

Na certificação deste tipo de habitações, o principal factor do qual o projectista deve estar munido é o bom senso. Ao contrário do que acontece com a certificação dos edifícios a licenciar, neste caso as soluções nem sempre são claras e muitas vezes os elementos disponíveis, quando eles existem, não são muito esclarecedores.

De modo a superar as dificuldades, para além do projectista estar integrado no âmbito da classificação energética, é também proveitoso possuir conhecimentos acerca das soluções construtivas que têm vindo a ser utilizadas ao longo dos tempos no nosso país de modo a ser possibilitar o estabelecimento de paralelismos com o caso em estudo. Dificuldades que se agravam com o aumento da idade do edificado a certificar, como se constatou no estudo feito no caso relativo à habitação do séc. XIX.

Relativamente à contribuição da Nota Técnica disponibilizada pela ADENE [3] como método simplificado de certificação de edifícios existentes é bastante vasta. Existem factores que seriam difíceis de quantificar devido à frequente inexistência de documentos de apoio, e o auxílio da Nota Técnica [3] possibilita superar estas adversidades e cumprir da certificação energética em intervalos de tempo mais restritos.

Quanto à classificação propriamente dita, é notória a grande dificuldade em alcançar uma boa classificação energética nas habitações existentes. No que respeita às soluções construtivas torna-se difícil obter bons resultados devido às exigências de então não serem muitas e os materiais adoptados anteriormente não possuem desempenhos tão favoráveis como as que existem hoje em dia.

A isto junta-se o facto de a grande maioria dos edifícios existentes não possuir colectores solares ou qualquer outra forma de energia renovável para o aquecimento de águas quentes sanitárias, contribuições as quais influenciariam muito a classificação energética.

Assim, as habitações em estudo 1, 2 e 3 obtiveram as classes E, F e G respectivamente, sendo o resultado da habitação 3 o pior devido à sua envolvente ser pior termicamente, à sua inércia térmica ser classificada como Fraca mas também devido ao seu sistema de aquecimento de águas quentes

sanitárias ser feito através de energia eléctrica. Nas restantes habitações, apesar de o equipamento utilizado ser a gás há que ter em conta a baixa eficiência do sistema em causa, o esquentador.

Estudando soluções alternativas relativamente aos vãos envidraçados, verificou-se que uma intervenção ao nível deste elemento da envolvente é muito onerosa, principalmente no caso da habitação 3 que possui uma área muito superior.

Para estudo da aplicação de diferentes caixilharias, relativas aos vãos envidraçados, simulou-se a sua aplicação em alumínio e PVC e constatou-se que, caso se opte pela rotura térmica no caso do alumínio, hoje em dia o PVC apresenta um preço bastante competitivo.

Analisando diferentes soluções relativas aos vidros verificou-se que para a zona climática em questão, e para habitações do mesmo género das analisadas, a sua aplicação não se materializa em melhorias significativas da classificação térmica.

Nas três fracções em estudo apenas se conseguiu obter reduções das necessidades nominais de energia primária de cálculo em 4,5, 3,5 e 3,0% respectivamente, reflectindo-se numa diminuição do rácio N_{ic}/N_t na ordem de uma décima, isto com a aplicação de uma solução de alto desempenho, não possibilitando a melhoria da classe em nenhuma delas.

Apesar disso, de modo a maximizar os proveitos possíveis, constatou-se que interessa procurar um envidraçado com um coeficiente de transmissão térmica (U) baixo e um factor solar (g_v) alto. Isto porque a estação preponderante no desempenho energético final das fracções é a de aquecimento (Inverno) e nesta interessa aumentar os ganhos solares através dos envidraçados, contribuindo para isso o elevado factor solar (g_v). Na mesma estação interessa também diminuir as perdas térmicas através deste elemento da envolvente exterior sendo benéfica a utilização de um vidro com coeficiente de transmissão térmica (U) reduzido.

Tomando em conta que são estas duas características do vidro que influenciam a classificação térmica optou-se por as confrontá-las. Procedendo à análise nas fracções em estudo concluiu-se que, de um modo geral, para alcançar reduções das necessidades de energia primária idênticas às obtidas com a redução do coeficiente de transmissão térmica (U) em $0,2\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$ seria necessário aumentar o factor solar em valores próximos de 0,12.

No que diz respeito à protecção opaca, concluiu-se que interessa que esta possua um factor solar baixo de modo a reduzir os ganhos solares no Verão através dos vãos envidraçados. Das fracções estudadas a que possui um melhor resultado relativamente a este elemento é a habitação 2, cuja obstrução é feita por persianas de cor clara. De reparar que uma protecção opaca interior, como acontece na habitação 3, tem resultados térmicos muito insatisfatórios, mesmo quando as obstruções são feitas por elementos que quando situados do lado exterior do envidraçado possuem resultados muito positivos.

Tendo em vista o retorno do investimento apesar das soluções aplicadas apresentarem sempre benefícios, mesmo que isto aconteça a longo prazo, é notório que habitações diferentes não têm comportamentos semelhantes quando confrontadas com reabilitações do mesmo tipo. No caso dos vãos envidraçados este retorno só se consumará muito tardiamente, sendo a habitação 1 a fracção onde se prevê que este seja atingido mais cedo, estimando-se que tal acontecimento seja atingido ao nível dos 12 anos após a intervenção. Na habitação 2 prevê-se que isto aconteça passados 16 anos e na habitação 3 apenas perto dos 21, 23 e 25 anos se alcança o retorno do investimento consumado, aumento do período de retorno também propiciado pelo facto da caixilharia adoptada nesta fracção ter um custo superior.

Com esta análise concluiu-se ainda a necessidade existente de diferenciar os coeficientes de transmissão térmica (U) de caixilharias de edifícios existentes não só pelo material utilizado mas também pelo seu estado de conservação, de modo a não beneficiar soluções com alto índice de deterioração, como acontece com a habitação 3.

Como análise mais complementar constatou-se ao nível da redução das necessidades energéticas a reduzida influência da intervenção ao nível dos vãos envidraçados quando comparada com outras levadas a cabo noutros elementos. Aplicando na habitação 3 um sistema de aquecimento de águas quentes sanitárias igual ao presente nas restantes habitações, o esquentador a gás, é possível alcançar uma diminuição 22% e conseqüente classe F. No limite, simulando a aplicação de uma caldeira mural foi possível reduzir as necessidades energéticas globais em 35% alcançando-se a classe E. Estas diminuições têm uma expressividade completamente diferente quando confrontadas com a redução de 2,5% obtida através da aplicação de um envidraçado de alto desempenho.

Apesar disso, é necessário ter em conta a importantíssima contribuição de uma intervenção ao nível dos vãos envidraçados para o conforto térmico no interior das habitações, e que para que este seja satisfeito, em muitos casos é necessária uma intervenção a este nível. Para um melhor conhecimento acerca das necessidades de intervenção presentes nas habitações em estudo foi importantíssima a análise levada a cabo acerca das soluções existentes em cada uma delas.

6.2. PERSPECTIVAS FUTURAS

Mesmo finalizado o estudo existem vários pontos que ficam em aberto dando lugar à possibilidade de desenvolvimentos futuros.

É notória a grande contribuição que a Nota Técnica [3] vem trazer de modo a simplificar a certificação energética de edifícios existentes, no entanto, tal como se constatou no estudo levado a cabo, interessa conhecer a contribuição específica dos diversos parâmetros de modo a perceber a possibilidade de simplificar ainda mais o cálculo das necessidades energéticas de cálculo na estação de aquecimento (N_{ic}) e arrefecimento (N_{vc}), visto serem mais determinantes no índice global as necessidades energéticas para a produção de águas quentes sanitárias (N_{ac}).

Parece também oportuno, o desenvolvimento de um método, baseado ou não na classificação EWERS, que possibilite a classificação dos vidros de acordo com a diminuição das necessidades energéticas que estão associadas à sua aplicação. Criando-se classes para cada uma das zonas climáticas de acordo com edifícios padrão, de modo a proporcionar uma maior facilidade de escolha aos utilizadores.

É muito importante ter em conta que para além dos vãos envidraçados existem outros parâmetros a considerar nos edifícios, cuja influência na classificação energética varia. Importa assim introduzi-los em análise de modo a quantificar o peso de cada um destes de modo a futuramente, se definir a sua influência, facilitando assim futuras classificações dos edifícios existentes e também propiciar um aumento do conhecimento acerca das intervenções prioritárias a propor aos proprietários.

BIBLIOGRAFIA

- [1] RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Decreto-Lei nº 40/1990, de 6 de Fevereiro.
- [2] RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril.
- [3] Nota Técnica – Método de Cálculo para a Certificação Energética de Edifícios Existentes no âmbito do RCCTE, ADENE, 2008.
- [4] Directiva Europeia nº 2002/91/CE, de 16 de Dezembro.
- [5] SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, Decreto-Lei nº 78/2006, de 4 de Abril.
- [6] Calendarização da Aplicação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, Portaria nº 461/2007, de 5 de Junho.
- [7] Modelos dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior, Despacho nº 10250/2008, de 8 de Abril.
- [8] SANTOS, C., MATIAS, L. *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, LNEC, Lisboa, 2008.
- [9] CAMELO, S., SANTOS, C., RAMALHO, Á., HORTA, C., GONÇALVES, H., MALDONADO, E. *Manual de Apoio à Aplicação do RCCTE*, INETI, Lisboa, 2005.
- [10] PAIVA, J., AGUIAR, J., PINHO, A. *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*, LNEC, Lisboa, 2006.
- [11] Perguntas e Respostas Sobre o RCCTE, ADENE, 2008.
- [12] Sessão Piloto de Introdução à Nota Técnica – Certificação Energética de Edifícios Existentes no Âmbito do RCCTE, ADENE, 2008.
- [13] Sessão Piloto de Exemplo Prático de Aplicação da Metodologia a um Edifício Existente – Certificação Energética de Edifícios Existentes no Âmbito do RCCTE, ADENE, 2008.
- [14] FREITAS, V., GUIMARÃES, A., FERREIRA, C., ALVES, S., *Medidas de Melhoria – Edifícios Residenciais Existentes*, Laboratório de Física das Construções – FEUP, Porto, 2008.
- [15] Establishment of European Window Energy Rating System (EWERS), 2003.
- [16] Eficiência Energética dos Edifícios, Ministério da Economia, Lisboa, 2002.
- [17] Perguntas e Respostas sobre o SCE, ADENE, 2008.
- [18] Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais, DGGE, Lisboa, 2004.
- [19] Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior, Despacho nº 1025/2008.
- [20] Apontamentos da Disciplina “Térmica dos Edifícios”, FEUP, 2007.
- [21] Apontamentos da Disciplina “Física das Construções”, FEUP, 2004.
- [22] VIEIRA, J., *Sustentabilidade*, Trabalho da Disciplina “Tecnologia de Fachadas”, FEUP, 2005.
- [23] CHAVES, F., *Inovação na Indústria da Caixilharia*, Dissertação de Mestrado em Design Industrial, FEUP, 2004.

- [24] SANTOS, R., *Janela Térmica Isola Onda de Calor*, Universidade Estadual de Campinas, 28/07/2002, página 9, Campinas.
- [25] Air Infiltration Review, Vol. 6, N° 2, 1985.
- [26] The Implementation and Effectiveness of Air Infiltration Standards in Buildings, Reno, 1984.
- [27] PRIOSTE, A., *Laboratory Evaluation of Inflector Window Insulator Panel*, Ontario, 1995.
- [28] Intertek Testing Services, Performance Tests on a Vinyl Window, Coquitlam, 2000.
- [29] TRECHSEL, H., LAGUS, P., *Measured Air Leakage of Buildings*, ASTM, 1986.
- [30] www.adene.pt, Outubro 2008.
- [31] www.p3e-portugal.com, Outubro 2008.
- [32] www.forum.rccte.com, Outubro 2008.
- [33] www.eficiencia-energetica.com/html/eee/eee.htm, Outubro 2008.
- [34] www.climalit.pt, Novembro 2008.
- [35] www.vitro.com, Novembro 2008.
- [36] www.guardian.com, Novembro 2008.
- [37] www.aislaglas.com, Novembro 2008.
- [38] www.cristalmax.pt, Novembro 2008.
- [39] www.domal.pt, Dezembro 2008.
- [40] www.barth-aleixo.com/pt, Dezembro 2008.
- [41] www.construcaosustentavel.pt, Outubro, 2008.
- [42] www.ecoarkitekt.com, Novembro 2008.
- [43] www.alumen.pt, Dezembro 2008.
- [44] www.ogivaglobal.pt, Dezembro 2008.
- [45] www.miit.pt/hermetica/et.pdf, Dezembro 2008.
- [46] www.meteo.pt, Janeiro 2009.
- [47] www.peterkohler.com/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=465, Janeiro 2009.
- [48] www.abal.org.br, Janeiro 2009.

ANEXO I

ESTIMATIVA DE PREÇOS DAS CAIXILHARIAS

Quadro I.1. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas de correr na habitação 1

Janelas de correr de duas folhas - $1\text{m}^2 < s \leq 2\text{m}^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	2,85	2,85	7,67	17,81
Caixilharia	123,72€/m ²	125,79€/m ²	1,02	1,02	126,19	128,31
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,18	0,18	0,55	0,55
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,26	0,26	2,84	2,84
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,13	0,13	1,34	1,34
	Total				138,59	150,85
Meios auxiliares			0,02		2,77	3,02
	Total				141,36	153,87
Custos indirectos			0,03		4,24	4,62
	Total				145,60	158,48

Quadro I.2. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas fixas na habitação 1

Janelas fixas de uma folha - $s \leq 1\text{m}^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	4,00	4,00	10,76	25,00
Caixilharia	74,23€/m ²	75,47€/m ²	1,02	1,02	75,71	76,98
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,11	0,11	0,34	0,34
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,15	0,27	0,93	2,95
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,08	0,14	0,83	1,46
	Total				88,57	106,73
Meios auxiliares			0,02		1,77	2,13
	Total				90,34	108,86
Custos indirectos			0,03		2,71	3,27
	Total				93,05	112,13

Quadro I.3. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas abatíveis na habitação 1

Janelas abatíveis de uma folha - $s \leq 1m^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	4,00	4,00	10,76	25,00
Caixilharia	142,28€/m ²	144,66€/m ²	1,02	1,02	145,13	147,55
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,11	0,11	0,34	0,34
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,15	0,27	1,64	2,95
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,08	0,14	0,83	1,46
Total					158,70	177,30
Meios auxiliares			0,02		3,17	3,55
Total					161,87	180,85
Custos indirectos			0,03		4,86	5,43
Total					166,73	186,27

Quadro I.4. – Estimativa de preço para caixilharia de portas de varanda de correr na habitação 1

Portas de varanda de correr de duas folhas - $2m^2 < s \leq 4m^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	1,65	2,00	4,44	12,50
Caixilharia	150,94€/m ²	154,65€/m ²	1,02	1,02	153,96	157,74
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,32	0,25	0,99	0,77
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,16	0,16	1,71	1,76
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,14	0,15	1,46	1,51
Total					162,56	174,28
Meios auxiliares			0,02		3,25	3,49
Total					165,81	177,77
Custos indirectos			0,03		4,97	5,33
Total					170,78	183,10

Quadro I.5. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas de correr na habitação 2

Janelas de correr de duas folhas - $1\text{m}^2 < s \leq 2\text{m}^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	2,85	2,85	7,67	17,81
Caixilharia	123,72€/m ²	125,79€/m ²	1,02	1,02	126,19	128,31
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,18	0,18	0,55	0,55
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,26	0,26	2,84	2,84
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,13	0,13	1,34	1,34
Total					138,59	150,85
Meios auxiliares			0,02		2,77	3,02
Total					141,36	153,87
Custos indirectos			0,03		4,24	4,62
Total					145,60	158,48

Quadro I.6. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas fixas na habitação 2

Janelas fixas de uma folha - $s \leq 1\text{m}^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	4,00	4,00	10,76	25,00
Caixilharia	74,23€/m ²	75,47€/m ²	1,02	1,02	75,71	76,98
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,11	0,11	0,34	0,34
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,15	0,27	0,93	2,95
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,08	0,14	0,83	1,46
Total					88,57	106,73
Meios auxiliares			0,02		1,77	2,13
Total					90,34	108,86
Custos indirectos			0,03		2,71	3,27
Total					93,05	112,13

Quadro I.7. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas abatíveis na habitação 2

Janelas abatíveis de uma folha - $s \leq 1m^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	4,00	4,00	10,76	25,00
Caixilharia	142,28€/m ²	144,66€/m ²	1,02	1,02	145,13	147,55
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,11	0,11	0,34	0,34
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,15	0,27	1,64	2,95
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,08	0,14	0,83	1,46
Total					158,70	177,30
Meios auxiliares			0,02		3,17	3,55
Total					161,87	180,85
Custos indirectos			0,03		4,86	5,43
Total					166,73	186,27

Quadro I.8. – Estimativa de preço para caixilharia de portas de varanda de correr na habitação 2

Portas de varanda de correr de duas folhas - $2m^2 < s \leq 4m^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	1,65	2,00	4,44	12,50
Caixilharia	150,94€/m ²	154,65€/m ²	1,02	1,02	153,96	157,74
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,32	0,25	0,99	0,77
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,16	0,16	1,71	1,76
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,14	0,15	1,46	1,51
Total					162,56	174,28
Meios auxiliares			0,02		3,25	3,49
Total					165,81	177,77
Custos indirectos			0,03		4,97	5,33
Total					170,78	183,10

Quadro I.9. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas de abrir na habitação 3

Janelas de abrir de duas folhas - $1\text{m}^2 < s \leq 2\text{m}^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	2,85	2,85	7,67	17,81
Caixilharia com acabamento em madeira	152,28€/m ²	154,87€/m ²	1,02	1,02	155,33	157,97
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,18	0,18	0,55	0,55
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,28	0,28	3,05	3,05
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,14	0,14	1,45	1,45
			Total		168,05	180,83
Meios auxiliares			0,02		3,36	3,62
			Total		171,41	184,45
Custos indirectos			0,03		5,14	5,53
			Total		176,55	189,98

Quadro I.10. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas dobráveis na habitação 3

Janelas dobráveis de três folhas - $1\text{m}^2 < s \leq 2\text{m}^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	2,85	2,85	7,67	17,81
Caixilharia com acabamento em madeira	187,30€/m ²	190,49€/m ²	1,02	1,02	191,05	194,30
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,18	0,18	0,55	0,55
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,36	0,36	3,94	3,94
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,18	0,18	1,88	1,88
			Total		205,09	208,48
Meios auxiliares			0,02		4,10	4,37
			Total		209,19	222,85
Custos indirectos			0,03		6,28	6,69
			Total		215,47	229,54

Quadro I.11. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas de abrir com vitral na habitação 3

Janelas de abrir de duas folhas com vitral - $1\text{m}^2 < s \leq 2\text{m}^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	2,85	2,85	7,67	17,81
Caixilharia com acabamento em madeira	274,10€/m ²	278,77€/m ²	1,02	1,02	279,59	284,34
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,18	0,18	0,55	0,55
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,72	0,73	7,88	7,99
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,35	0,35	3,65	3,65
			Total		299,34	314,34
Meios auxiliares			0,02		5,99	6,29
			Total		305,33	320,63
Custos indirectos			0,03		9,16	9,62
			Total		314,49	330,25

Quadro I.12. – Estimativa de preço para caixilharia de janelas fixas na habitação 3

Janelas fixas de uma folha - $s \leq 1\text{m}^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	4,00	4,00	10,76	25,00
Caixilharia com acabamento em madeira	92,79€/m ²	94,34€/m ²	1,02	1,02	94,65	96,23
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,11	0,11	0,34	0,34
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,15	0,27	1,64	2,95
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,08	0,14	0,83	1,46
			Total		108,22	125,98
Meios auxiliares			0,02		2,16	2,52
			Total		110,38	128,50
Custos indirectos			0,03		3,31	3,85
			Total		113,70	132,35

Quadro I.13. – Estimativa de preço para caixilharia de portas de varanda de abrir na habitação 3

Portas de varanda de abrir de duas folhas - $2\text{m}^2 < s \leq 4\text{m}^2$						
Composição	Preço singular		Rendimento		Preço artigo (€/m²)	
	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC	Alumínio	PVC
Pré-aro para caixilharia exterior	2,69€/m ²	6,25€/m ²	2,00	2,00	5,38	12,50
Caixilharia com acabamento em madeira	260,35€/m ²	296,80€/m ²	1,02	1,02	265,56	302,74
Cartucho de pasta de silicone neutro	3,13€/ud	3,13€/ud	0,25	0,25	0,77	0,77
Oficial de 1 ^a - serralheiro	10,94€/h	10,94€/h	0,17	0,17	1,89	1,89
Ajudante de serralheiro	10,42€/h	10,42€/h	0,16	0,16	1,62	1,62
			Total		275,22	319,52
Meios auxiliares			0,02		5,50	6,39
			Total		280,72	325,91
Custos indirectos			0,03		8,42	9,78
			Total		289,15	335,69

ANEXO II

ESTIMATIVA DE PREÇO DOS VIDROS

Quadro II.1. – Encargos financeiros relativos à aplicação da solução 1

Composição	Preço singular	Rendimento	Preço artigo (€/m²)
Vidro	21,00 €/m ²	1	21,00
Oficial de 1 ^a - vidraceiro	10,46€/h	0,34	3,56
Ajudante de vidraceiro	10,30€/h	0,34	3,47
Cartuxo de silicone sintético incolor de 310 ml (rendimento aproximado de 12 m por cartuxo)	2,42€/ud	0,58	1,40
Material auxiliar para colocação de vidros	0,75€/ud	1	0,75
	Total		30,18
Meios auxiliares		0,02	0,60
	Total		30,78
Custos indirectos		0,03	0,92
	Total		31,70

Quadro II.2. – Encargos financeiros relativos à aplicação da solução 2

Composição	Preço singular	Rendimento	Preço artigo
Vidro	54,00 €/m ²	1	54,00
Oficial de 1 ^a - vidraceiro	10,46€/h	0,34	3,56
Ajudante de vidraceiro	10,30€/h	0,34	3,47
Cartuxo de silicone sintético incolor de 310 ml (rendimento aproximado de 12 m por cartuxo)	2,42€/ud	0,58	1,40
Material auxiliar para colocação de vidros	0,75€/ud	1	0,75
	Total		63,18
Meios auxiliares		0,02	1,26
	Total		64,44
Custos indirectos		0,03	1,93
	Total		66,37

Quadro II.3. – Encargos financeiros relativos à aplicação da solução 3

Composição	Preço singular	Rendimento	Preço artigo
Vidro	56,00 €/m ²	1	56,00
Oficial de 1 ^a - vidraceiro	10,46€/h	0,34	3,56
Ajudante de vidraceiro	10,30€/h	0,34	3,47
Cartuxo de silicone sintético incolor de 310 ml (rendimento aproximado de 12 m por cartuxo)	2,42€/ud	0,58	1,40
Material auxiliar para colocação de vidros	0,75€/ud	1	0,75
	Total		65,18
Meios auxiliares		0,02	1,30
	Total		66,48
Custos indirectos		0,03	1,99
	Total		68,47

Quadro II.4. – Encargos financeiros relativos à aplicação da solução 4

Composição	Preço singular	Rendimento	Preço artigo
Vidro	80,00 €/m ²	1	80,00
Oficial de 1 ^a - vidraceiro	10,46€/h	0,34	3,56
Ajudante de vidraceiro	10,30€/h	0,34	3,47
Cartuxo de silicone sintético incolor de 310 ml (rendimento aproximado de 12 m por cartuxo)	2,42€/ud	0,58	1,40
Material auxiliar para colocação de vidros	0,75€/ud	1	0,75
	Total		89,18
Meios auxiliares		0,02	1,78
	Total		90,96
Custos indirectos		0,03	2,73
	Total		93,69

Quadro II.5. – Encargos financeiros relativos à aplicação da solução 5

Composição	Preço singular	Rendimento	Preço artigo
Vidro	56,00 €/m ²	1	56,00
Oficial de 1 ^a - vidraceiro	10,46€/h	0,34	3,56
Ajudante de vidraceiro	10,30€/h	0,34	3,47
Cartuxo de silicone sintético incolor de 310 ml (rendimento aproximado de 12 m por cartuxo)	2,42€/ud	0,58	1,40
Material auxiliar para colocação de vidros	0,75€/ud	1	0,75
	Total		65,18
Meios auxiliares		0,02	1,30
	Total		66,48
Custos indirectos		0,03	1,99
	Total		68,47

Quadro II.6. – Encargos financeiros relativos à aplicação da solução 6

Composição	Preço singular	Rendimento	Preço artigo
Vidro	38,00 €/m ²	1	38,00
Oficial de 1 ^a - vidraceiro	10,46€/h	0,34	3,56
Ajudante de vidraceiro	10,30€/h	0,34	3,47
Cartuxo de silicone sintético incolor de 310 ml (rendimento aproximado de 12 m por cartuxo)	2,42€/ud	0,58	1,40
Material auxiliar para colocação de vidros	0,75€/ud	1	0,75
	Total		47,18
Meios auxiliares		0,02	0,94
	Total		48,12
Custos indirectos		0,03	1,44
	Total		49,56

ANEXO III

ESTUDO DOS VIDROS

Quadro III.1. – Características dos vãos envidraçados da habitação 1

Vidro	Tipo	Área (m ²)	Grau de sombream.		Caixilharia	Protecção		U	Factor solar		
			Inv.	Ver.		Exterior	Interior		g _{Inv}	g _{Ver}	g _⊥
V1-N	Env 1	0,36	sem	sem	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V2-E	Env 1	0,36	fort.	fort.	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V3-E	Env 1	0,36	stan.	stan.	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V4-E	Env 1	0,36	stan.	stan.	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V5-N	Env 1	0,36	sem	sem	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V6-N	Env 1	0,36	sem	sem	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V7-N	Env 1	0,36	sem	sem	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V8-N	Env 2	2,16	sem	sem	metálica correr	persiana escura	cort. m. t.	4,1	0,72	0,36	0,13
V9-W	Env 2	2,16	stan.	stan.	metálica correr	persiana escura	cort. m. t.	4,1	0,72	0,36	0,13
V10-W	Env 2	0,54	stan.	stan.	metálica correr	persiana escura	cort. m. t.	4,1	0,58	0,30	0,13
V11-W	Env 2	2,16	fort.	stan.	metálica correr	persiana escura	cort. m. t.	4,1	0,72	0,36	0,13
V12-S	Env 2	3,96	stan.	stan.	metálica correr	persiana escura	cort. m. t.	4,1	0,72	0,36	0,13
V13-S	Env 2	1,92	fort.	fort.	metálica correr	persiana escura	cort. m. t.	4,1	0,72	0,36	0,13
V14-SE	Env 1	0,36	stan.	stan.	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V15-SE	Env 1	0,36	stan.	stan.	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V16-NE	Env 1	0,36	fort.	fort.	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V17-NE	Env 1	0,36	fort.	fort.	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,58	0,70	0,58
V18-E	Env 3	0,8	fort.	fort.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,58	0,70	0,58
V19-E	Env 3	0,8	fort.	fort.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,58	0,70	0,58
V20-E	Env 2	3,96	stan.	stan.	metálica correr	persiana escura	cort. m. t.	4,1	0,72	0,36	0,13

Onde:

- fort. – Fortemente;
- stan. – Standard;
- cort. m.t. – Cortinas muito transparentes.

Quadro III.2. – Características dos vãos envidraçados da habitação 2

Vidro	Tipo	Área (m ²)	Grau de sombream.		Caixilharia	Protecção		U	Factor solar		
			Inv.	Ver.		Exterior	Interior		g _{Inv}	g _{Ver}	g _⊥
V1-W	Env 1	1,92	fort.	fort.	madeira	persiana clara	cort. m. t.	3,4	0,72	0,31	0,07
V2-W	Env 1	0,96	fort.	fort.	madeira	persiana clara	cort. t. c. m.	3,4	0,50	0,31	0,07
V3-S	Env 3	1,76	fort.	fort.	madeira	não dispõe	cort. t. c. m.	3,4	0,40	0,70	0,40
V4-S	Env 2	0,96	fort.	fort.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,58	0,70	0,58
V5-E	Env 2	0,48	stan.	sem	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,58	0,70	0,58
V6-E	Env 1	1,92	stan.	stan.	madeira	persiana clara	cort. m. t.	3,4	0,72	0,31	0,07
V7-W	Env 1	1,92	stan.	stan.	madeira	persiana clara	cort. m. t.	3,4	0,72	0,31	0,07
V8-W	Env 1	1,92	stan.	stan.	madeira	persiana clara	cort. m. t.	3,4	0,72	0,31	0,07
V9-S	Env 2	0,96	stan.	stan.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	3,4	0,58	0,70	0,58
V10-E	Env 3	0,48	stan.	stan.	madeira	não dispõe	cort. t. c. m.	5,1	0,40	0,70	0,40
V11-E	Env 1	3,52	stan.	stan.	madeira	persiana clara	cort. m. t.	3,4	0,72	0,31	0,07

Onde:

- fort. – Fortemente;
- stan. – Standard;
- cort. m. t. – Cortinas muito transparentes;
- cort. t. c. m. – Cortinas transparentes de cor média.

Quadro III.3. – Características dos vãos envidraçados da habitação 3

Vidro	Tipo	Área (m ²)	Grau de sombream.		Caixilharia	Protecção		U	Factor solar		
			Inv.	Ver.		Exterior	Interior		g _{Inv}	g _{Ver}	g _⊥
V1-N	Env 1	0,36	sem	sem	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,72	0,88	0,72
V2-N	Env 1	0,84	sem	sem	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,72	0,88	0,72
V3-S	Env 1	0,84	fort.	fort.	metálica fixa	não dispõe	cort. m. t.	6,0	0,72	0,88	0,72
V4-S	Env 2	2,42	fort.	fort.	metálica giratória	não dispõe	port. escuras	3,9	0,72	0,61	0,52
V5-S	Env 3	1,47	stand.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V6-S	Env 3	1,47	fort.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V7-S	Env 3	0,85	fort.	sem	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V8-N	Env 4	1,25	sem	sem	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,58	0,70	0,52
V9-N	Env 4	2,25	sem	sem	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,58	0,70	0,52
V10-W	Env 3	1,31	fort.	fort.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V11-N	Env 3	1,31	sem	sem	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V12-S	Env 3	1,31	stand.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V13-S	Env 4	1,31	stand.	stand.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,72	0,88	0,72
V14-S	Env 3	1,31	stand.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V15-S	Env 3	1,31	stand.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V16-S	Env 3	1,31	fort.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V17-S	Env 4	1,31	fort.	stand.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,72	0,88	0,72
V18-S	Env 4	1,31	fort.	stand.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,72	0,88	0,72
V19-E	Env 3	1,31	fort.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V20-E	Env 3	1,31	fort.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V21-E	Env 3	1,31	fort.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V22-N	Env 3	1,60	sem	sem	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V23-N	Env 3	1,60	sem	sem	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V24-N	Env 3	1,60	sem	sem	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V25-W	Env 3	1,85	stand	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52

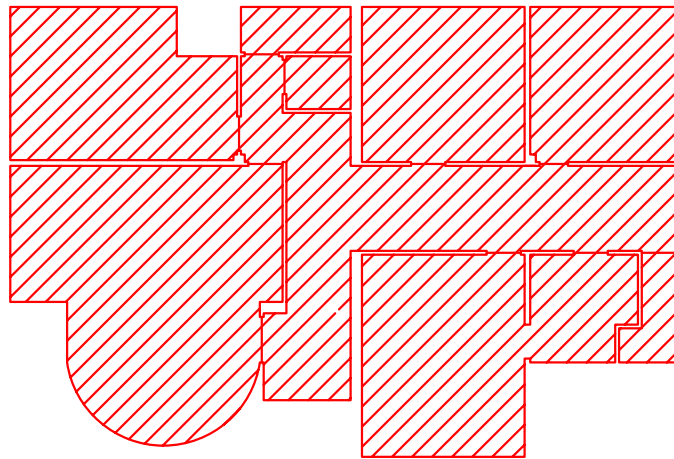
Vidro	Tipo	Área (m ²)	Grau de sombream.		Caixilharia	Protecção		U	Factor solar		
			Inv.	Ver.		Exterior	Interior		g _{Inv}	g _{Ver}	g _{100%}
V26-W	Env 4	1,85	stand.	stand.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,72	0,88	0,72
V27-W	Env 4	1,85	stand.	stand.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,72	0,88	0,72
V28-W	Env 4	1,85	stand.	stand.	madeira	não dispõe	cort. m. t.	5,1	0,72	0,88	0,72
V29-S	Env 3	1,60	stand.	fort.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V30-S	Env 3	1,60	fort.	fort.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V31-E	Env 3	1,60	fort.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V32-E	Env 3	2,81	fort.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
V33-E	Env 3	1,60	fort.	stand.	madeira	não dispõe	port. escuras	3,4	0,72	0,61	0,52
Horiz.	Horiz	1,77	sem	sem	metálica fixa	não dispõe	não dispõe	7,89	0,72	0,88	0,72

Onde:

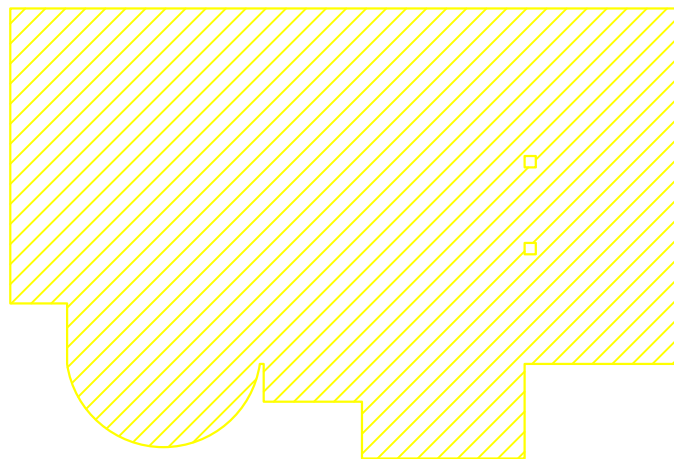
- fort. – Fortemente;
- stan. – Standard;
- cort. m. t. – Cortinas muito transparentes;
- port. escuras – Portadas de cor escura.

ANEXO IV


PEÇAS DESENHADAS



Piso 0



Piso -1

-  Espaços não úteis
-  Espaços úteis

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 1

LOCAL: RUA DAS MINAS - GOLÃES - FAFE

DESCRIÇÃO: ESPAÇOS ÚTEIS E NÃO ÚTEIS

ESCALA: 1/200

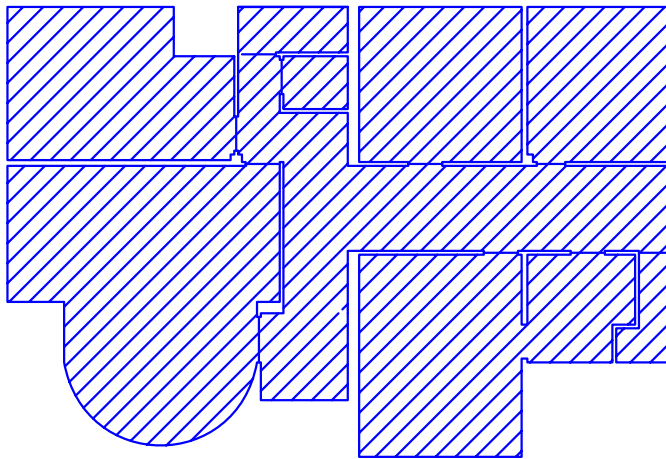
FOLHA N.º:

01

DATA:

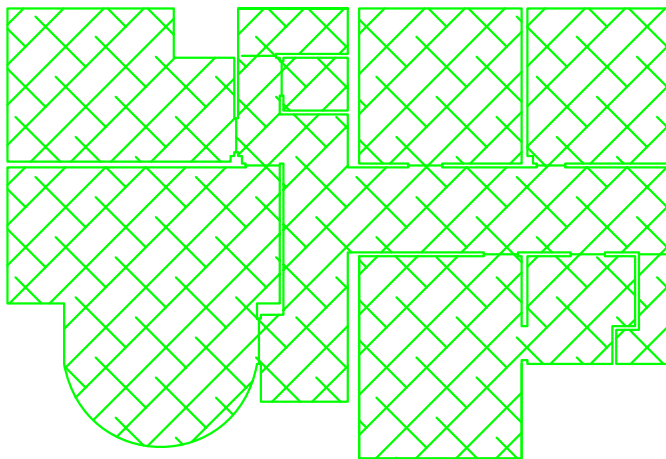
JANEIRO 2009

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA




Tecto Piso 0

 Coberturas interiores Cob 1



Pavimento Piso 0

 Pavimentos sobre área não útil Pav 1

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 1

LOCAL: RUA DAS MINAS - GOLÃES - FAFE

DESCRIÇÃO: PAVIMENTOS; COBERTURAS

ESCALA: 1/200

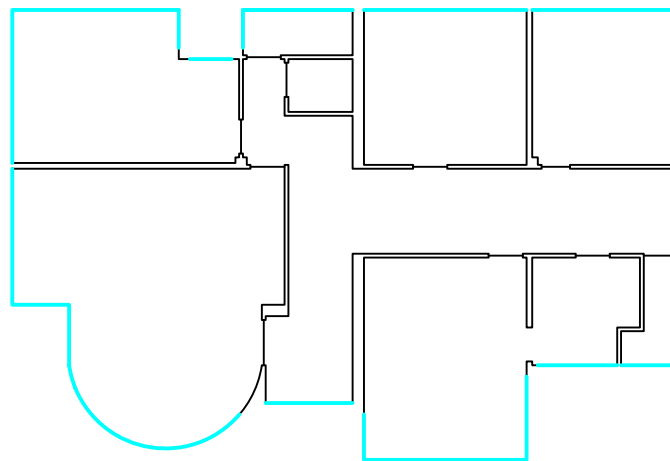
FOLHA N.º:

02

DATA:

JANEIRO 2009

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA



Piso 0

 Paredes exteriores Pext 1

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 1

LOCAL: RUA DAS MINAS - GOLÃES - FAFE

DESCRIÇÃO: PAREDES EXTERIORES

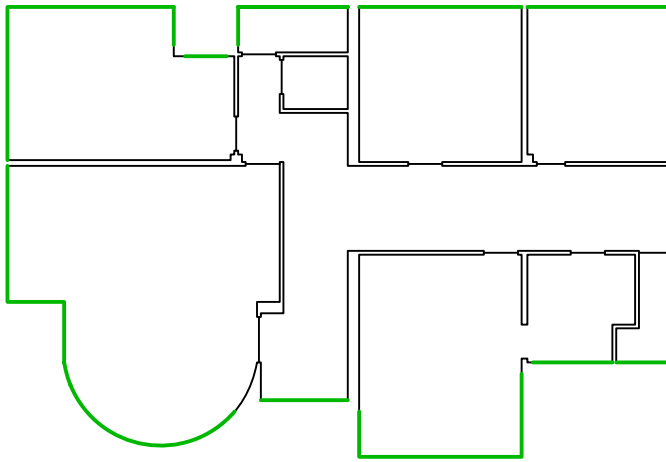
ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

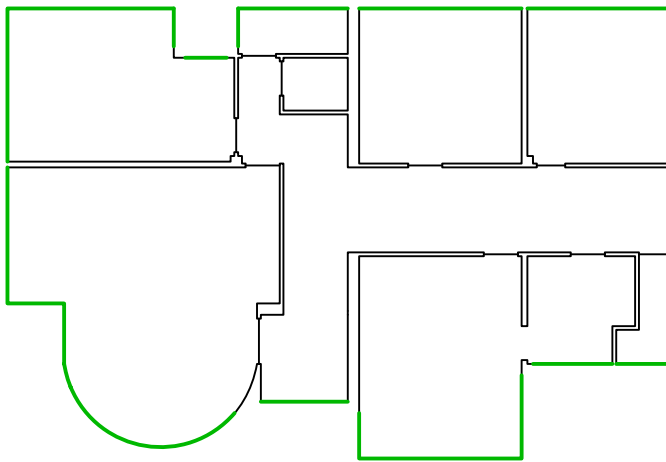
03

DATA:
JANEIRO 2009

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA



Tecto Piso 0



Pavimento Piso 0



Pontes térmicas lineares de fachada com pavimentos, coberturas ou varandas

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 1

LOCAL: RUA DAS MINAS - GOLÃES - FAFE

DESCRIÇÃO: PONTES TÉRMICAS LINEARES DE FACHADA COM PAVIMENTOS,
COBERTURAS OU VARANDAS

ESCALA: 1/200

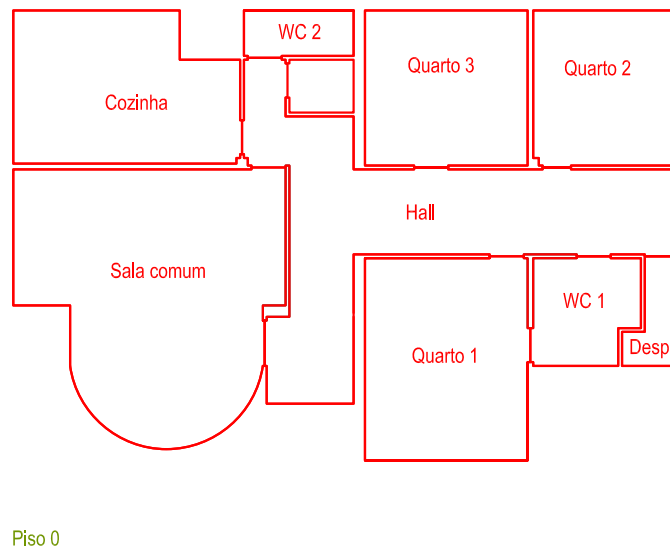
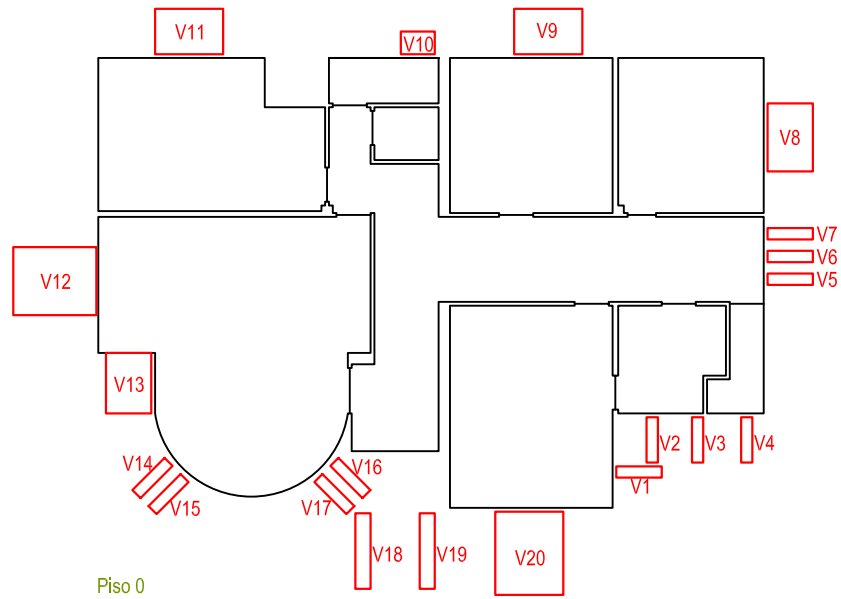
FOLHA N.º:

04

DATA:

JANEIRO 2009

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA



ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 1

LOCAL: RUA DAS MINAS - GOLÃES - FAFE

DESCRIÇÃO: COMPARTIMENTAÇÃO; ENVIDRAÇADOS

ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

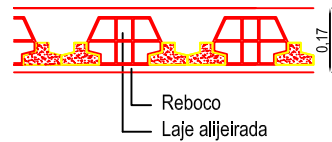
05

DATA:

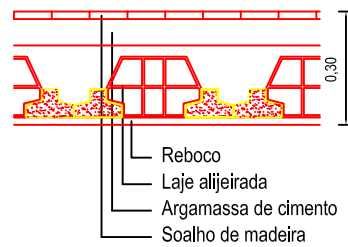
JANEIRO 2009

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

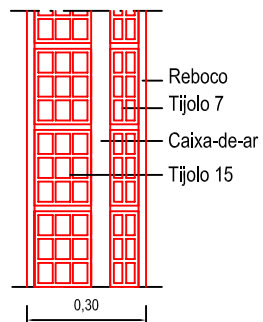
Cob 1



Pav 1



Pext 1



ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 1

LOCAL: RUA DAS MINAS - GOLÃES - FAFE

DESCRIÇÃO: PORMENORES CONSTRUTIVOS

ESCALA: -

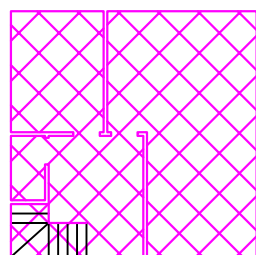
FOLHA N.º:

06


ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

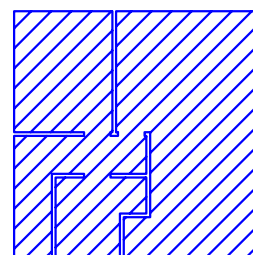
DATA:

JANEIRO 2009



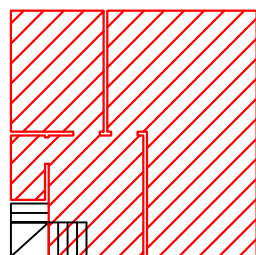
Pavimento Piso 0

 Pavimentos em contacto com o solo

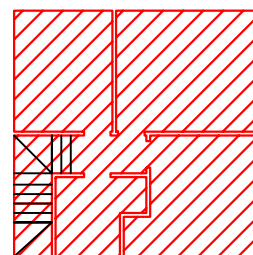


Tecto Piso 1

 Coberturas interiores Cob 1



Piso 0



Piso 1

 Espaços não úteis
 Espaços úteis

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

HABITAÇÃO 2

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: ESPAÇOS ÚTEIS E NÃO ÚTEIS; PAVIMENTOS EM CONTACTO COM SOLO;
COBERTURAS

ESCALA: 1/200

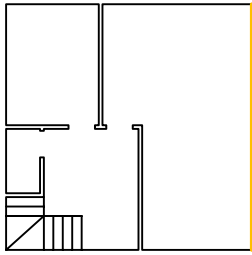
FOLHA N.º:

01

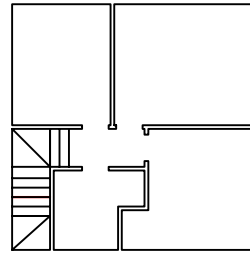
ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

DATA:

JANEIRO 2009



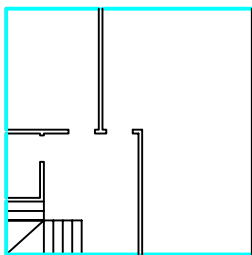
Piso 0



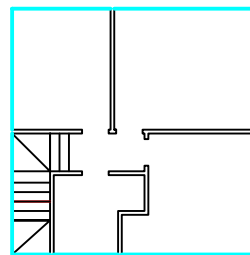
Piso 1



Paredes sem requisitos térmicos



Piso 0



Piso 1



Paredes exteriores Pext 1

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 2

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: PAREDES EXTERIORES; PAREDES SEM REQUISITOS TÉRMICOS

ESCALA: 1/200

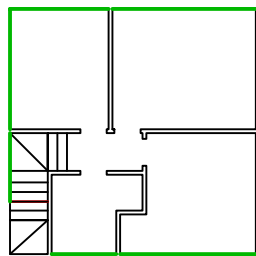
FOLHA N.º:

02

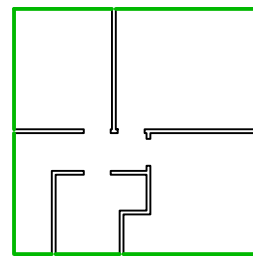
ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

DATA:

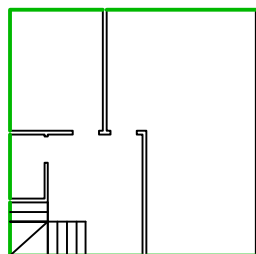
JANEIRO 2009



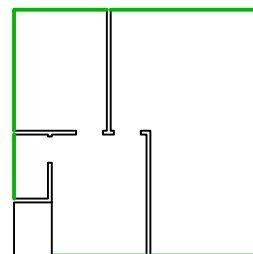
Pavimento Piso 1



Tecto Piso 1



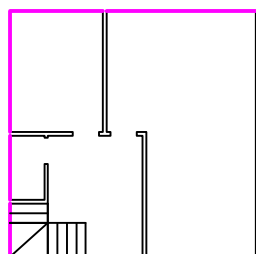
Pavimento Piso 0



Tecto Piso 0



Pontes térmicas lineares de fachada com pavimentos, coberturas ou varandas



Piso 0



Pontes térmicas lineares de pavimentos em contacto com o solo, com pavimento com cota igual ou superior ao terreno

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 2

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: PONTES TÉRMICAS LINEARES DE PAVIMENTOS EM CONTACTO COM SOLO; PONTES TÉRMICAS LINEARES DE FACHADA

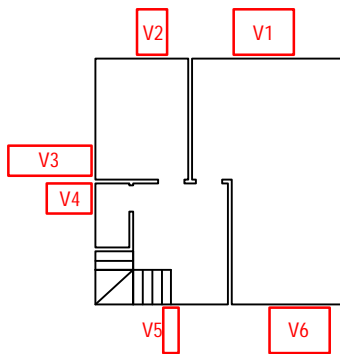
ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

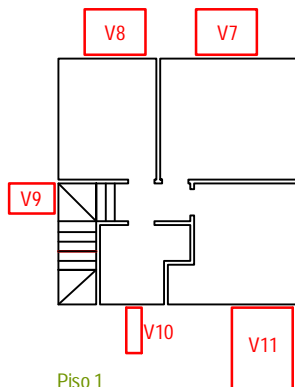
03

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

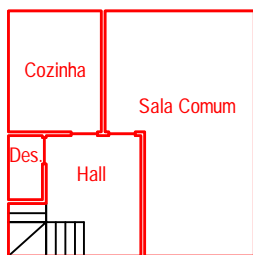
DATA:
JANEIRO 2009



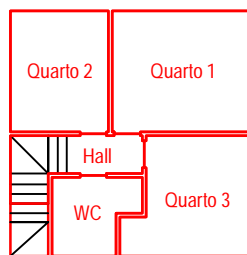
Piso 0



Piso 1



Piso 0



Piso 1

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 2

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: COMPARTIMENTAÇÃO; ENVIDRAÇADOS

ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

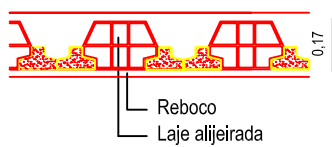
04

DATA:

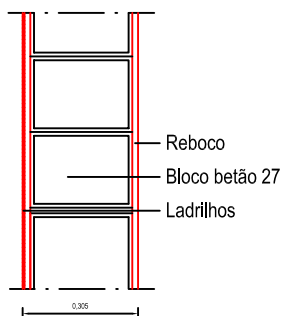
JANEIRO 2009

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

Cob 1



Pext 1



ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 2

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: PORMENORES CONSTRUTIVOS

ESCALA: -

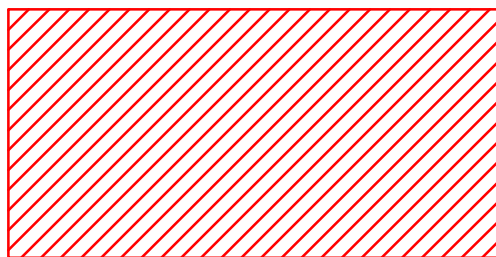
FOLHA N.º:

05

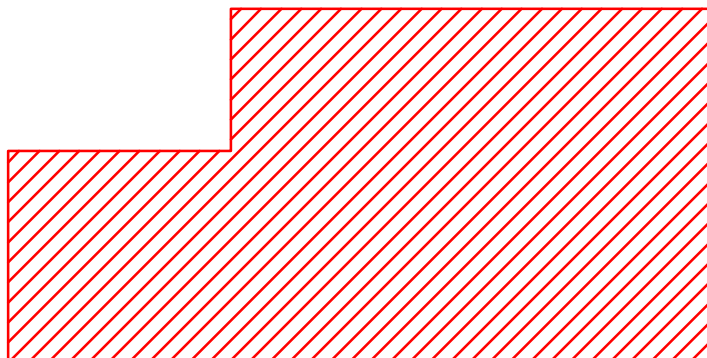
ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

DATA:
JANEIRO 2009

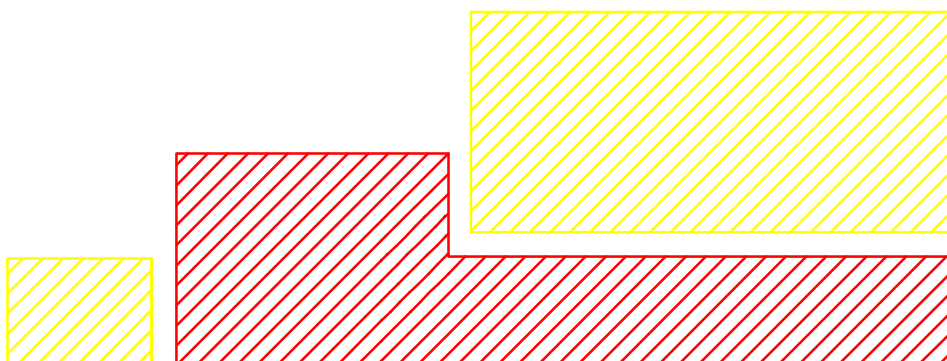
Piso 2



Piso 1



Piso 0



Piso -1



 Espaços não úteis
 Espaços úteis

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

HABITAÇÃO 3

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: ESPAÇOS ÚTEIS E ESPAÇOS NÃO ÚTEIS

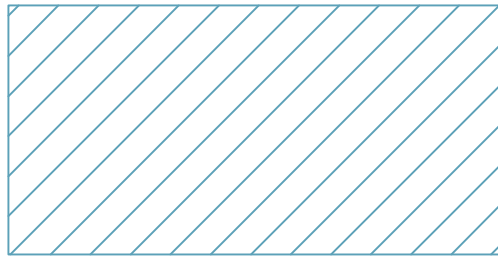
ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

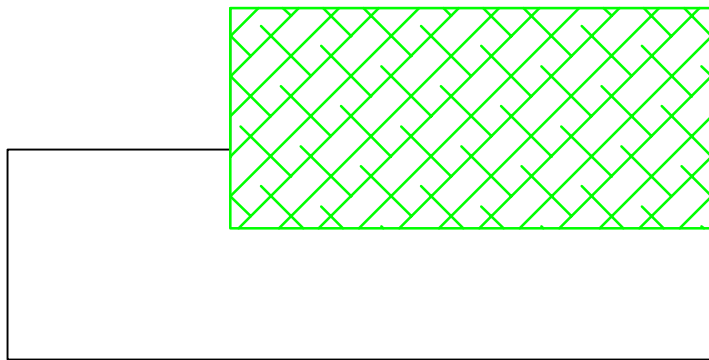
01

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

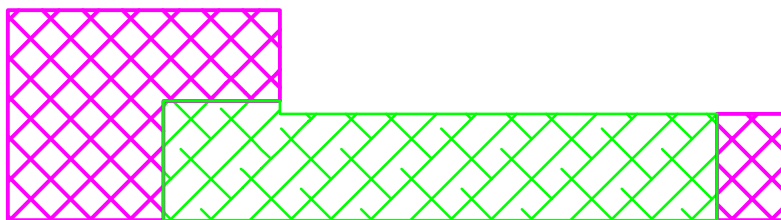
DATA:
JANEIRO 2009






Piso 2



Piso 1



Piso 0

-  Pavimentos em contacto com o solo
-  Pavimentos sobre área não útil Pav 1
-  Pavimentos sobre exterior Pav 1

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 3

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: PAVIMENTOS

ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

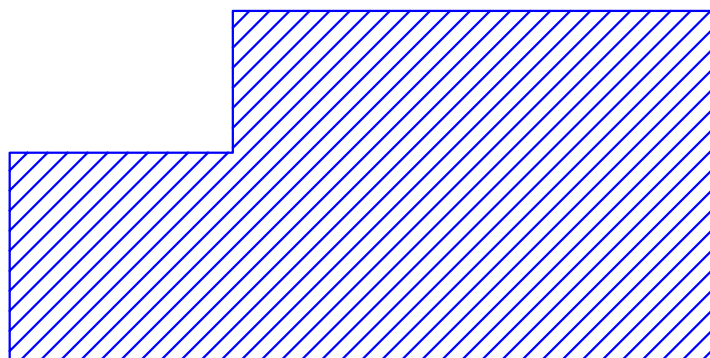
02

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA



DATA:
JANEIRO 2009



Piso 2



Piso 1

-  Coberturas interiores Cob1
-  Coberturas interiores Cob 2

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 3

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: COBERTURAS

ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

03

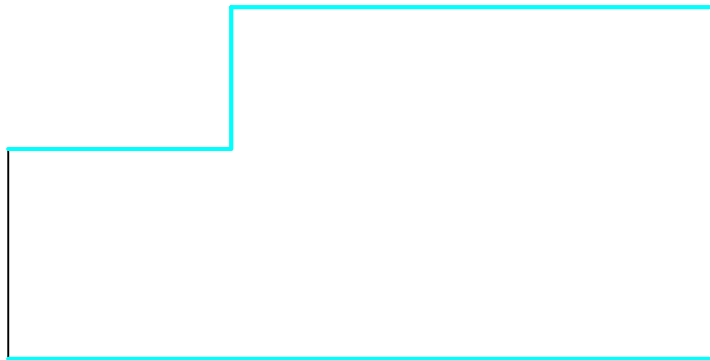
ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

DATA:

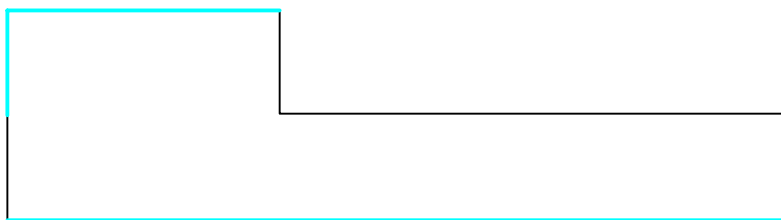
JANEIRO 2009



Piso 2



Piso 1



Piso 0

-  Paredes exteriores Pext 1
-  Paredes exteriores Pext 2
-  Paredes exteriores Pext 3

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 3

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: PAREDES EXTERIORES

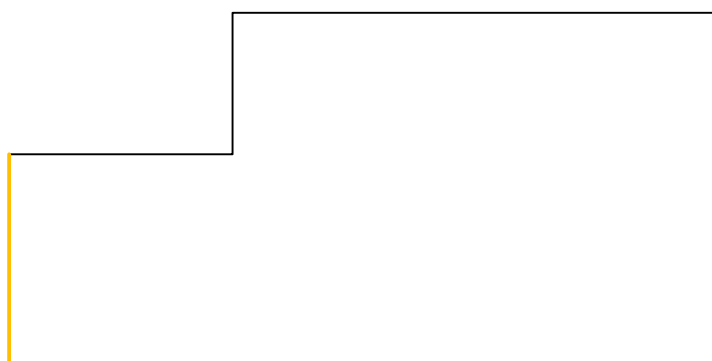
ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

04

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

DATA:
JANEIRO 2009



Piso 1



Piso 0

 Paredes interiores Pint 1

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

HABITAÇÃO 3

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: PAREDES INTERIORES

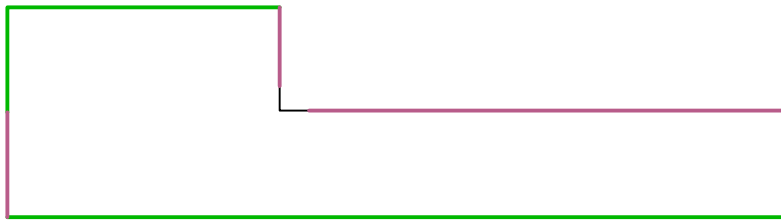
ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

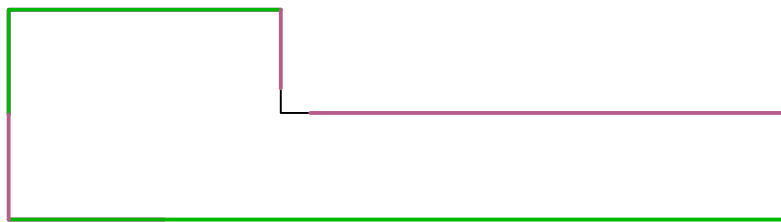
05

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA



DATA:
JANEIRO 2009



Tecto Piso 0




Pavimento Piso 0

-  Pontes térmicas lineares de fachada com pavimentos, coberturas ou varandas (separação exterior)
-  Pontes térmicas lineares de fachada com pavimentos, coberturas ou varandas (separação interior)



Pavimento Piso 0

-  Pontes térmicas lineares de pavimentos em contacto com o solo, com pavimento com cota igual ou superior ao terreno

ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

HABITAÇÃO 3

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: PONTES TÉRMICAS LINEARES DE PAVIMENTOS EM CONTACTO COM SOLO COM COTA IGUAL OU SUPERIOR AO TERRENO

ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

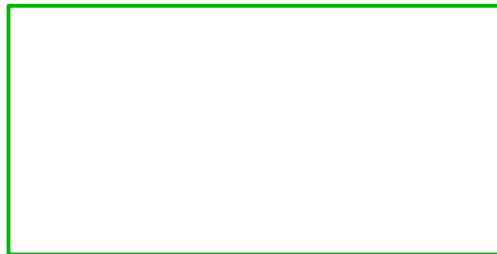
06

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

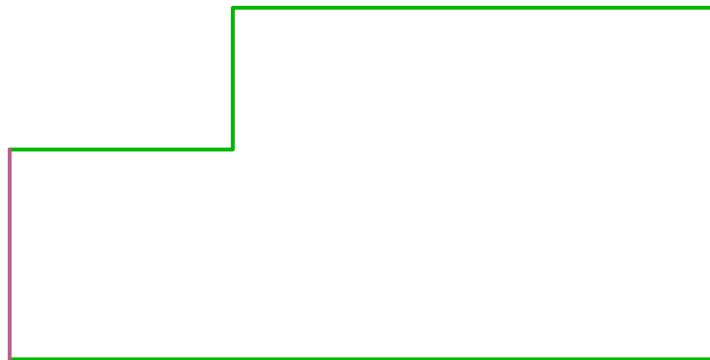
DATA:
JANEIRO 2009



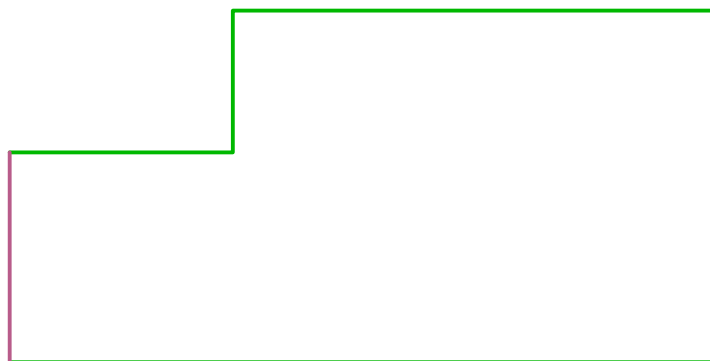
Tecto Piso 2



Pavimento Piso 2



Tecto Piso 1



Pavimento Piso 1



Pontes térmicas lineares de fachada com pavimentos, coberturas ou varandas (separação exterior)



Pontes térmicas lineares de fachada com pavimentos, coberturas ou varandas (separação interior)

**ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 3**

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: PONTES TÉRMICAS LINEARES DE FACHADA COM PAVIMENTOS,
COBERTURAS OU VARANDAS

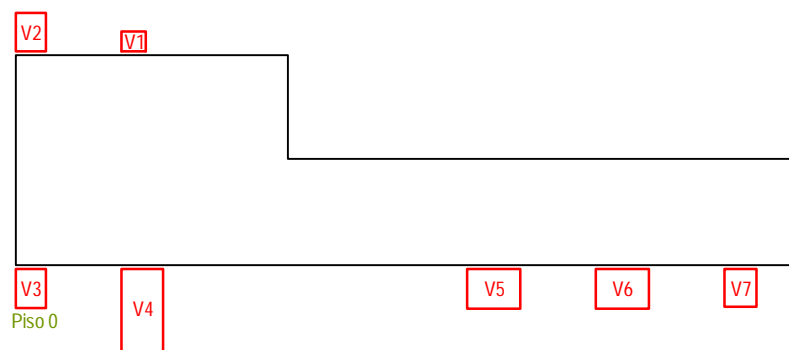
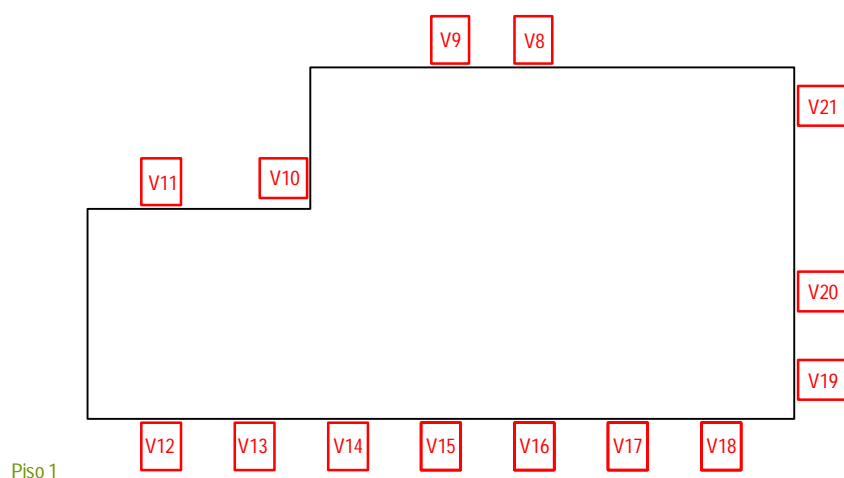
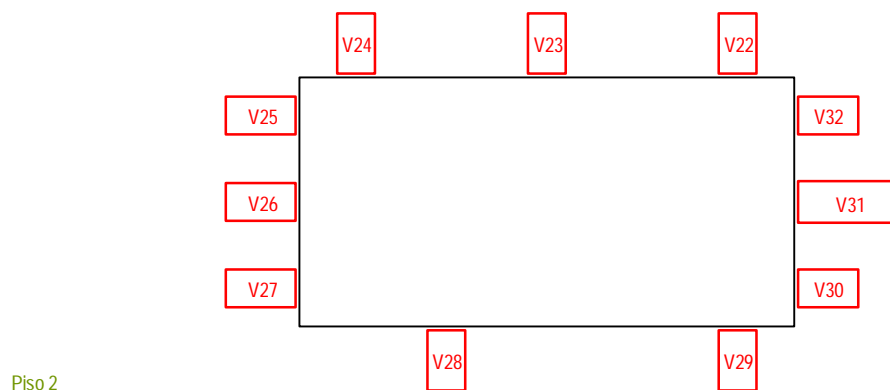
ESCALA: 1/200

FOLHA N.º:

07

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

DATA:
JANEIRO 2009



ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 3

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: ENVIDRAÇADOS

ESCALA: 1/200

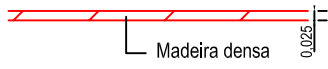
FOLHA N.º:

08

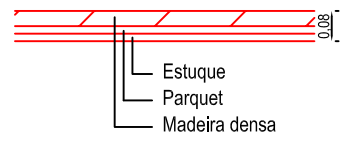
ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

DATA:
 JANEIRO 2009

Cob 1



Cob 2



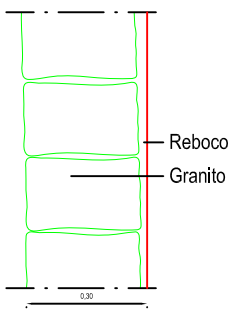
Pav 1



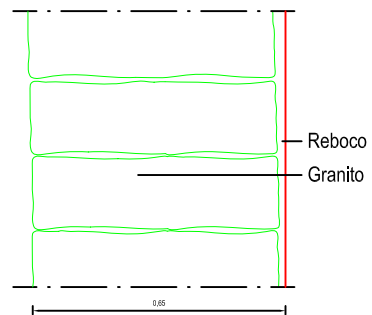
Pav 2



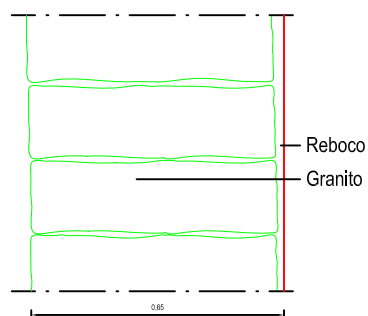
Pext 2



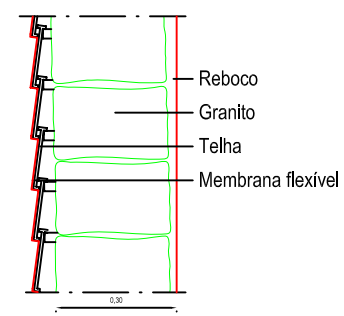
Pint 1



Pext 1



Pext 3



ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES
HABITAÇÃO 3

LOCAL: AVENIDA DAS FORÇAS ARMADAS - FAFE - FAFE

DESCRIÇÃO: PORMENORES CONSTRUTIVOS

ESCALA: -

FOLHA N.º:

09

ALUNO: RICARDO JOÃO PEDROSA ALVES DE ALMEIDA

DATA:

JANEIRO 2009

ANEXO V

CÁLCULO TÉRMICO

FICHA 1

Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)

DEMONSTRAÇÃO DA CONFORMIDADE REGULAMENTAR

Câmara Municipal de Fafe

Edifício Habitação Unifamiliar

Localização Rua das Minas - Golães - Fafe

N.º de Frações Autónomas Única (ou corpos _____)

Para cada Fração Autónoma ou corpo*, incluir:

- Ficha 2 - Levantamento Dimensional
- Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos⁺
- Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

<u>Técnico Responsável:</u>	
Nome	<u>Ricardo João Pedrosa Alves de Almeida</u>
Inscrito na:	
Associação dos Arquitectos, com o n.º	_____
Ordem dos Engenheiros, com o n.º	_____
Assoc. Nac. dos Eng.ºs Técnicos, com o n.º	_____

* Se houver duas ou mais frações autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

+ Em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as frações Autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA distinta.

MAPA DE VALORES NOMINAIS PARA O EDIFÍCIO

Zona Climática	<u>I 2</u> <u>V 2</u>	Altitude	<u>350</u> m
Graus-dias	<u>2090</u> °C.dia	Duração Aquecim.	<u>7</u> meses
Temperatura de Verão	<u>19</u> °C		

Fração Autónoma N.º	Ap [m ²]	Taxa Ren. [RPH]	Nic [kWh/m ² .ano]	Ni [kWh/m ² .ano]	Nvc [kWh/m ² .ano]	Nv [kWh/m ² .ano]	Nac [kWh/m ² .ano]	Na [kWh/m ² .ano]	Ntc [kgep/m ² .ano]	Nt [kgep/m ² .ano]
Única	175,49	1,05	292,54	119,68	1,74	18,00	44,66	26,96	12,34	4,64

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: Habitação Unifamiliar

Área Útil de Pavimento: 175,49 m²

Pé-direito Médio: 2,70 m

Elementos Correntes da Envolvente			
Pavimentos:		U:	
Sobre o exterior			W/m ² °C
			W/m ² °C
Sobre área não-útil	Pav 1	176,51	1,37
			W/m ² °C
			W/m ² °C
Total		176,51	
Paredes:			
Exteriores	Pext 1	149,64	1,51
			W/m ² °C
			W/m ² °C
Interiores			W/m ² °C
			W/m ² °C
Total		149,64	
Coberturas:			
Em terraço			W/m ² °C
Em desvão não-ventilado			W/m ² °C
Em desvão ventilado			W/m ² °C
Inclinadas			W/m ² °C
Sob área não-útil	Cob 1	176,51	2,74
			W/m ² °C
Total		176,51	

Elementos em Contacto com o Solo		
	comp. [m]	Ψ [W/m.°C]
Pavimentos:		

Pontes Térmicas		
	comp. [m]	Ψ [W/m.°C]
Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda:	116,18	0,75

Coeficiente de Absorção - α	
Parede	Cobertura
0,4	0,4

TIPOS DE PAREDES (especificar com descrição sumária e valor do U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL
Pext 1 - Paredes duplas com panos de alvenaria de tijolo furado normal (15+5+7), com caixa-de-ar, revestidas a chapiscado martelado pelo exterior e rebocadas pelo interior. U≥1,12 W/(m ² °C)	32,31	2,52	36,02	4,73	29,38		44,69		149,64
									149,64
TIPOS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo tipo de protecção solar e o valor de Se)									
Env 1 - Vidro simples (4mm), com caixilharia em alumínio termolacado fixa sem corte térmico, sem protecção solar exterior. U>6,0 W/(m ² °C)	1,44	0,72	1,08	0,72					3,96
Env 2 - Vidro simples (4mm), com caixilharia em alumínio termolacado de correr sem corte térmico, com protecção solar exterior de persianas plásticas de cor escura. U>4,8 W/(m ² °C)	2,16		3,96		5,88		4,86		16,86
Env 3 - Vidro simples (4mm), com caixilharia em madeira, sem protecção solar exterior. U>5,1 W/(m ² °C)			1,60						1,60
									22,42
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS:	_____m ²								

Cálculo da Inércia Térmica

Resposta às características	
Inércia Forte	
Pavimento e tecto de betão armado ou pré-esforçado	x
Revestimento de tecto em estuque ou reboco	x
Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pêlo (não se incluem soluções de pavimentos flutuantes)	x
Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco	x
Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco	x
Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, etc.) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco	x
Inércia Fraca	
Tecto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura)	
Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira	
Paredes de compartimentação em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação	
Inércia Média	
No caso de não se verificarem os requisitos acima indicados que permitem definir a inércia como Forte ou Fraca, esta deve-se considerar Média	

Forte

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 Pext 1	149,64	1,51	226,26
Total	149,64		226,26

Pavimentos exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U .A [W/°C]
			0,00
Total	0,00		0,00

Coberturas exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U .A [W/°C]
Total	0,00		0,00

Pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B [m]	ψ [W/m°C]	ψ.B [W/°C]
Total			0,00

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. [m]	ψ [W/m°C]	ψ.B [W/°C]
Fachada com pavimentos, coberturas ou varandas	116,18	0,75	87,14
Total			87,14

Paredes pela envolvente exterior da Fracção Autónoma	[W/°C]	Total	313,40
---	--------	--------------	--------

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]
Total				0,00	0,00

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 Pav 1	176,51	1,37	0,75	181,36	132,38
Total				181,36	132,38

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]
Cobertura sob desvão não ventilado Cob 1	176,51	2,74	0,75	362,73	132,38
Total				362,73	132,38

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 ² °C]	τ [-]	B. ψ . τ [W/°C]
Total				0,00

Paredes pela envolvente interior da Fracção Autónoma [W/°C] **Total** 544,09

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 - N	0,36	6,00	2,16
V2 - E	0,36	6,00	2,16
V3 - E	0,36	6,00	2,16
V4 - E	0,36	6,00	2,16
V5 - N	0,36	6,00	2,16
V6 - N	0,36	6,00	2,16
V7 - N	0,36	6,00	2,16
V8 - N	2,16	4,10	8,86
V9 - W	2,16	4,10	8,86
V10 - W	0,54	4,10	2,21
V11 - W	2,16	4,10	8,86
V12 - S	3,96	4,10	16,24
V13 - S	1,92	4,10	7,87
V14 - SE	0,36	6,00	2,16
V15 - SE	0,36	6,00	2,16
V16 - NE	0,36	6,00	2,16
V17 - NE	0,36	6,00	2,16
V18 - E	0,80	5,10	4,08
V19 - E	0,80	5,10	4,08
V20 - E	3,96	4,10	16,24
<i>Horizontais</i>			
Total	22,42		101,05

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à renovação de ar

Área útil do pavimento (A_p)	<input type="text" value="175,49"/>	m^2
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,70"/>	m
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="473,82"/>	m^3

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumpre NP 1037-1? (S ou N) se SIM:

Se NÃO:

Classe da caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="s/c"/>	Taxa de renovação nominal: RPH: <input type="text" value="1,05"/>
Caixa de estore (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Classe de exposição (1, 2, 3 ou 4)	<input type="text" value="2"/>	
Aberturas auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	

Área de envidraçados > 15% A_p ? (S ou N)

Portas exteriores bem vedadas? (S ou N)

Ver Quadro IV.1

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)

Caudal de insuflação V_{ins} [m^3/h]	<input type="text" value="0"/>	$V_f =$ <input type="text" value="0"/>
Caudal extraído V_{ev} [m^3/h]	<input type="text" value="0"/>	
Diferença entre V_{ins} e V_{ev} [m^3/h]	<input type="text" value="0"/>	$V =$ <input type="text" value="473,82"/>
Infiltrações (V_x)	<input type="text" value="0"/>	(volume int) [RPH]
Recuperador de calor (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM: $\eta =$ se NÃO: $\eta = 0$
Nº de ventiladores	<input type="text" value="0"/>	
Taxa de renovação nominal (RPH) (Mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,00"/>	$(V_f/V_x + V_x)(1-\eta)$
Taxa de renovação nominal (RPH) adoptada	<input type="text" value="0,00"/>	
Consumo de electricidade para os ventiladores	<input type="text" value="0"/>	$(E_v = P_v \times 24 \times 0.03 \times M$ [kWh])

Volume	<input type="text" value="473,82"/>	
	x	
Taxa de renovação nominal	<input type="text" value="1,05"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
Total	<input type="text" value="169,15"/>	[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 - N	simples	0,36	0,27	0,58	0,57	1,00	1,00	0,03
V2 - E	simples	0,36	0,56	0,58	0,17	1,00	1,00	0,02
V3 - E	simples	0,36	0,56	0,58	0,28	1,00	1,00	0,03
V4 - E	simples	0,36	0,56	0,58	0,28	1,00	1,00	0,03
V5 - N	simples	0,36	0,27	0,58	0,57	1,00	1,00	0,03
V6 - N	simples	0,36	0,27	0,58	0,57	1,00	1,00	0,03
V7 - N	simples	0,36	0,27	0,58	0,57	1,00	1,00	0,03
V8 - N	simples	2,16	0,27	0,72	0,57	1,00	1,00	0,24
V9 - W	simples	2,16	0,56	0,72	0,28	1,00	1,00	0,25
V10 - W	simples	0,54	0,56	0,58	0,28	1,00	1,00	0,05
V11 - W	simples	2,16	0,56	0,72	0,17	1,00	1,00	0,15
V12 - S	simples	3,96	1,00	0,72	0,28	1,00	1,00	0,80
V13 - S	simples	1,92	1,00	0,72	0,17	1,00	1,00	0,24
V14 - SE	simples	0,36	0,84	0,58	0,28	1,00	1,00	0,05
V15 - SE	simples	0,36	0,84	0,58	0,28	1,00	1,00	0,05
V16 - NE	simples	0,36	0,33	0,58	0,17	1,00	1,00	0,01
V17 - NE	simples	0,36	0,33	0,58	0,17	1,00	1,00	0,01
V18 - E	simples	0,80	0,56	0,58	0,17	1,00	1,00	0,04
V19 - E	simples	0,80	0,56	0,58	0,17	1,00	1,00	0,04
V20 - E	simples	3,96	0,56	0,72	0,28	1,00	1,00	0,45

Área efectiva total equivalente na orientação Sul [m ²]	2,60
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na Zona <input type="text" value="12"/> [kWh/m ² .mês] - do Quadro 8 (Anexo III)	93
	x
Duração da Estação de Aquecimento M [meses]	7
	=
Ganhos Solares Brutos [kWh/ano]	1689,73

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="175,49"/> [m ²]
	x
	<input type="text" value="0,72"/>
	=
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="3537,88"/>

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="5227,61"/>
	<input type="text" value="56564,84"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="Forte"/> $\gamma =$ <input type="text" value="0,09"/>	
a = 4,2	
Factor de Utilização dos Ganhos Solares (η)	<input type="text" value="1,00"/>
	x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos	<input type="text" value="5227,61"/>
	=
Ganhos Totais Úteis [kWh/ano]	<input type="text" value="5227,39"/>

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	149,64
Coberturas Exteriores	0,00
Pavimentos Exteriores	0,00
Envidraçados Exteriores	22,42
<i>Da FC IV 1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	0,00
Coberturas Interiores	132,38
Pavimentos Interiores	132,38
Envidraçados Interiores	0,00
<i>Área Total</i>	436,83
	/
<i>Volume (da FC IV.1d)</i>	473,82
	=
FF	0,92

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]

119,68

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	[W/°C]
Envolvente Exterior (da FV IV.1a)	313,40
Envolvente Interior (da FV IV.1b)	544,09
Vãos Envidraçados (da FV IV.1c)	101,05
Renovação de Ar (da FV IV.1d)	169,15
	=
Coefficiente Global de Perdas [W/°C]	1127,69
	x
Graus-Dia no Local [°C.dia]	2090
	x
	0,024
	+
Consumo dos ventiladores [kWh/ano]	0
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento [kWh/ano]	56564,84
	-
Ganhos Totais Úteis [kWh/ano] (da FC IV.1e)	5227,39
	=
Necessidades de Aquecimento [kWh/ano]	51337,44
	/
Área Útil do Pavimento [m²]	175,49
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic [kWh/m².ano]	292,54
	=
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni [kWh/m².ano]	119,68

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	226,26	[W/°C]
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0	[W/°C]
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCV.1b)	0	[W/°C]
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1b)	101,046	[W/°C]
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	169,15	[W/°C]
		=	
Perdas específicas totais	(Q_{1a})	496,46	[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})	496,46	[W/°C]
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q_{1b})	8721,83	[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]
Total			0,00

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U .A [W/°C]
Verticais:			
V1 - N	0,36	6,00	2,16
V2 - E	0,36	6,00	2,16
V3 - E	0,36	6,00	2,16
V4 - E	0,36	6,00	2,16
V5 - N	0,36	6,00	2,16
V6 - N	0,36	6,00	2,16
V7 - N	0,36	6,00	2,16
V8 - N	2,16	4,10	8,86
V9 - W	2,16	4,10	8,86
V10 - W	0,54	4,10	2,21
V11 - W	2,16	4,10	8,86
V12 - S	3,96	4,10	16,24
V13 - S	1,92	4,10	7,87
V14 - SE	0,36	6,00	2,16
V15 - SE	0,36	6,00	2,16
V16 - NE	0,36	6,00	2,16
V17 - NE	0,36	6,00	2,16
V18 - E	0,80	5,10	4,08
V19 - E	0,80	5,10	4,08
V20 - E	3,96	4,10	16,24
Horizontais:			
Total			101,05

Folha de Cálculo FCV.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

		POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL																				
Orientação		V1 - N	V2 - E	V3 - E	V4 - E	V5 - N	V6 - N	V7 - N	V8 - N	V9 - W	V10 - W	V11 - W	V12 - S	V13 - S	V14 - SE	V15 - SE	V16 - NE	V17 - NE	V18 - E	V19 - E	V20 - E	
Área, A [m ²]		0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	2,16	2,16	0,54	2,16	3,96	1,92	0,36	0,36	0,36	0,36	0,80	0,80	3,96	
		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾		0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,36	0,36	0,30	0,36	0,36	0,36	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,36	
		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, F _e (Quadro IV.5 pág 2490)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, F _o ⁽²⁾		0,57	0,45	0,50	0,50	0,57	0,57	0,57	0,57	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,57	0,57	0,50	
		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, F _v (Quadro V.3 pág 2503)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
		=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Área efectiva, A _e [m ²]		0,14	0,11	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,44	0,38	0,08	0,38	0,70	0,31	0,13	0,13	0,11	0,11	0,32	0,32	0,70	
		x	x	x	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)		200	450	450	450	200	200	200	200	450	450	450	420	420	470	470	320	320	450	450	450	
		=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores [kWh]		28,73	51,03	56,70	56,70	28,73	28,73	28,73	87,42	172,53	36,57	172,53	295,22	128,82	59,22	59,22	36,29	36,29	143,64	143,64	316,31	Total 1967,03

⁽¹⁾ Para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do factor solar do vidro (Tabela IV.4) e 70% do factor solar do envidraçado com a protecção solar móvel actuada (Quadro V.4)

⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, F_o, é obtido pelo produto F_oF_v dos Quadros V.1 e V.2.

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios [W/m ²] (Quadro IV.3)		4	
		x	
Área útil do pavimento [m ²]		175,49	
		x	
		2,93	
		=	
Ganhos internos totais		2055,34	[kWh]

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	1967,03	[kWh]
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1e)	1406,71	[kWh]
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	2055,34	[kWh]
		=	
Ganhos térmicos totais		5429,08	[kWh]

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais (FVC.1e)	5429,08	[kWh]
	/	
Perdas térmicas totais (FVC.1a)	8721,83	[kWh]
	=	
Relação Ganhos-Perdas (γ)	0,62	
Inércia do edifício (a)	Forte	
	a= 4,2	

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,94	
	=	
	0,05634141	
	x	
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	5429,08	[kWh]
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	305,88	[kWh/ano]
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor de cozinha excluído)	0	(Ev=Pvx24x0.03x4 [kWh])
	=	
Total	305,88	[kWh/ano]
	/	
Área útil de pavimento [m ²]	175,49	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	1,74	[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
$M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times n.º \text{ de ocupantes}$ (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	0,39
	=
	7837,21
	-
Contribuição de sist. de colectores solares para o aquec. de AQS, E_{solar}	0
	-
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para o aquec. de AQS, E_{ren}	0
	=
	7837,21
Área útil de pavimento [m^2]	175,49
	=
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]	44,66

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]	175,49
	=
Necessid. máx. de energia para a preparação de AQS, N_a [kWh/ m^2 .ano]	26,96
	=
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]	44,66

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
	=
[kgep/t]	0

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc)

Necessidades Nominais de Aquecimento, N_{ic} [kWh/m ² .ano]	292,54
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]	1,74
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]	44,66
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]	12,34

Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt)

Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas, N_i [kWh/m ² .ano]	119,68
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]	26,96
Neces. máx. globais de anuais nominais de energia primária, N_t [kgep/m ² .ano]	4,64
	≥
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m ² .ano]	12,34

FICHA 1

Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)

DEMONSTRAÇÃO DA CONFORMIDADE REGULAMENTAR

Câmara Municipal de Fafe

Edifício Habitação Unifamiliar

Localização Avenida das Forças Armadas - Fafe

N.º de Frações Autónomas Única (ou corpos _____)

Para cada Fração Autónoma ou corpo*, incluir:

- Ficha 2 - Levantamento Dimensional
- Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos⁺
- Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

<u>Técnico Responsável:</u>	
Nome	<u>Ricardo João Pedrosa Alves de Almeida</u>
Inscrito na:	
Associação dos Arquitectos, com o n.º	_____
Ordem dos Engenheiros, com o n.º	_____
Assoc. Nac. dos Eng.ºs Técnicos, com o n.º	_____

* Se houver duas ou mais frações autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

+ Em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as frações Autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA distinta.

MAPA DE VALORES NOMINAIS PARA O EDIFÍCIO

Zona Climática	<u>I 2</u> <u>V 2</u>	Altitude	<u>350</u> m
Graus-dias	<u>2090</u> °C.dia	Duração Aquecim.	<u>7</u> meses
Temperatura de Verão	<u>29</u> °C		

Fração Autónoma N.º	Ap [m ²]	Taxa Ren. [RPH]	Nic [kWh/m ² .ano]	Ni [kWh/m ² .ano]	Nvc [kWh/m ² .ano]	Nv [kWh/m ² .ano]	Nac [kWh/m ² .ano]	Na [kWh/m ² .ano]	Ntc [kgep/m ² .ano]	Nt [kgep/m ² .ano]
Única	80,50	1,10	312,94	96,28	2,55	18,00	99,92	58,76	17,69	8,43

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: Habitação Unifamiliar

Área Útil de Pavimento: 80,50 m²

Pé-direito Médio: 2,80 m

Elementos Correntes da Envolvente

Pavimentos:		U:	
Sobre o exterior	_____ m ²	_____	W/m ² °C
	_____ m ²	_____	W/m ² °C
Sobre área não-útil	_____ m ²	_____	W/m ² °C
	_____ m ²	_____	W/m ² °C
Total	0,00 m ²		
Paredes:			
Exteriores	Pext 1 93,68 m ²	2,44	W/m ² °C
	_____ m ²	_____	W/m ² °C
Interiores	_____ m ²	_____	W/m ² °C
Total	93,68 m ²		
Coberturas:			
Em terraço	_____ m ²	_____	W/m ² °C
Em desvão não-ventilado	_____ m ²	_____	W/m ² °C
Em desvão ventilado	_____ m ²	_____	W/m ² °C
Inclinadas	_____ m ²	_____	W/m ² °C
Sob área não-útil	Cob 1 40,93 m ²	2,74	W/m ² °C
Total	40,93 m ²		

Elementos em Contacto com o Solo

	comp. [m]	Ψ [W/m.°C]
Pavimentos:		
Cota igual ou superior ao terreno	19,1	2,5
	_____	_____
	_____	_____

Pontes Térmicas

	comp. [m]	Ψ [W/m.°C]
Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda:	71,5	0,75
	_____	_____
	_____	_____

Coefficiente de Absorção - α

Parede	Cobertura
0,4	0,4

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	
Pext 1 - Paredes simples de alvenaria de betão de 27 cm, rebocadas pelo interior e exterior e com ladrilhos cerâmicos no exterior. U≥1,81 W/m ² °C			31,72		32,84		29,12		93,68
TIPOS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo tipo de protecção solar e o valor de Sv)									
Env 1 - Vidro simples (4mm), com caixilharia em madeira, com protecção solar exterior constituída por persianas plásticas de cor clara. U>3,4 W/(m ² °C)			3,84		2,72		6,72		13,28
Env 2 - Vidro simples (4mm), com caixilharia em madeira, sem protecção solar exterior. U>5,1 W/(m ² °C)			0,96		0,96				1,92
									0,00
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS:	_____ m ²								

Cálculo da Inércia Térmica

Resposta às características	
Inércia Forte	
Pavimento e tecto de betão armado ou pré-esforçado	x
Revestimento de tecto em estuque ou reboco	x
Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pêlo (não se incluem soluções de pavimentos flutuantes)	x
Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco	x
Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco	x
Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, etc.) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco	x
Inércia Fraca	
Tecto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura)	
Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira	
Paredes de compartimentação em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação	
Inércia Média	
No caso de não se verificarem os requisitos acima indicados que permitem definir a inércia como Forte ou Fraca, esta deve-se considerar Média	

Forte

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 Pext 1	93,68	2,44	228,91
Total	93,68		228,91

Pavimentos exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U .A [W/°C]
Total	0,00		0,00

Coberturas exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U .A [W/°C]
Total	0,00		0,00

Paredes e Pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B [m]	ψ [W/m°C]	ψ.B [W/°C]
Pavimentos em contacto com o solo	19,10	2,50	47,75
Total			47,75

Pontes térmicas lineares	Comp. [m]	ψ [W/m°C]	ψ.B [W/°C]
Ligações entre:			
Fachada com o pavimentos, coberturas ou varandas	71,50	0,75	53,63
Total			53,63

Paredes pela envolvente exterior	da	[W/°C]	Total	330,28
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]
Total				0,00	0,00

Pavimentos sobre 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

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]
Coberturas inclinadas sob espaço não útil Cob 1	40,93	2,74	0,75	84,11	30,70
Total				84,11	30,70

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 84,11

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 - W	1,92	3,40	6,53
V2 - W	0,96	3,40	3,26
V3 - S	1,76	3,40	5,98
V4 - S	0,96	5,10	4,90
V5 - E	0,48	5,10	2,45
V6 - E	1,92	3,40	6,53
V7 - W	1,92	3,40	6,53
V8 - W	1,92	3,40	6,53
V9 - S	0,96	3,40	3,26
V10 - E	0,48	5,10	2,45
V11 - E	1,92	3,40	6,53
<i>Horizontais</i>			
Total	15,20		54,94

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à renovação de ar

Área útil do pavimento (A_p)	80,50	m^2
	x	
Pé-direito médio	2,80	m
	=	
Volume interior (V)	225,40	m^3

VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumpre NP 1037-1?	(S ou N)	N	se SIM: RPH=0.6
Se NÃO:			
Classe da caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	s/c	Taxa de renovação nominal: RPH: 1,10
Caixa de estore	(S ou N)	S	
Classe de exposição	(1, 2, 3 ou 4)	1	Ver Quadro IV.1
Aberturas auto-reguladas?	(S ou N)	N	
Área de envidraçados > 15% A_p ?	(S ou N)	S	
Portas exteriores bem vedadas?	(S ou N)	N	

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)			
Caudal de insuflação	V_{ins} [m^3/h]	0	$V_f =$ 0
Caudal extraído	V_{ev} [m^3/h]	0	
Diferença entre V_{ins} e V_{ev}	[m^3/h]	0	$V =$ 225,40 (volume int) [RPH]
Infiltrações	(V_x)	0	
Recuperador de calor	(S ou N)	N	se SIM: $\eta =$ se NÃO: $\eta = 0$
Nº de ventiladores		0	
Taxa de renovação nominal (RPH)	(Mínimo: 0,6)	0,00	$(V_f/V_{+}V_x)(1-\eta)$
Taxa de renovação nominal (RPH) adoptada		0,00	
Consumo de electricidade para os ventiladores		0	($E_v = P_v \times 24 \times 0.03 \times M$ [kWh])

Volume	225,40	
	x	
Taxa de renovação nominal	1,10	
	x	
	0,34	
	=	
Total	84,30	[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 [-]	Fracção envidraçada [-]	Factor de sel. Angular Fw [-]	Área efectiva Ae [m ²]
V1 - W	simples	1,92	0,56	0,72	0,17	1,00	1,00	0,13
V2 - W	simples	0,96	0,56	0,50	0,17	1,00	1,00	0,05
V3 - S	simples	1,76	1,00	0,40	0,17	1,00	1,00	0,12
V4 - S	simples	0,96	1,00	0,58	0,17	1,00	1,00	0,09
V5 - E	simples	0,48	0,56	0,58	0,28	1,00	1,00	0,04
V6 - E	simples	1,92	0,56	0,72	0,28	1,00	1,00	0,22
V7 - W	simples	1,92	0,56	0,72	0,28	1,00	1,00	0,22
V8 - W	simples	1,92	0,56	0,72	0,28	1,00	1,00	0,22
V9 - S	simples	0,96	1,00	0,58	0,28	1,00	1,00	0,15
V10 - E	simples	0,48	0,56	0,40	0,28	1,00	1,00	0,03
V11 - E	simples	1,92	0,56	0,65	0,28	1,00	1,00	0,20

Área efectiva total equivalente na orientação Sul [m ²]	1,47
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na Zona <input type="text" value="12"/> [kWh/m ² .mês] - do Quadro 8 (Anexo III)	93
	x
Duração da Estação de Aquecimento M [meses]	7
	=
Ganhos Solares Brutos [kWh/ano]	956,14

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="80,50"/> [m ²]
	x
	<input type="text" value="0,72"/>
	=
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="1622,88"/>

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="2579,02"/>
	<input type="text" value="27770,42"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="Forte"/> $\gamma =$ <input type="text" value="0,09"/>	
a = 4,2	
Factor de Utilização dos Ganhos Solares (η)	<input type="text" value="1,00"/>
	x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos	<input type="text" value="2579,02"/>
	=
Ganhos Totais Úteis [kWh/ano]	<input type="text" value="2578,91"/>

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	93,68
Coberturas Exteriores	0,00
Pavimentos Exteriores	0,00
Envidraçados Exteriores	15,20
<i>Da FC IV 1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	0,00
Coberturas Interiores	30,70
Pavimentos Interiores	0,00
Envidraçados Interiores	0,00
<i>Área Total</i>	139,58
	/
<i>Volume (da FC IV.1d)</i>	225,40
	=
FF	0,62

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]

96,28

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	[W/°C]
Envolvente Exterior (da FV IV.1a)	330,28
Envolvente Interior (da FV IV.1b)	84,11
Vãos Envidraçados (da FV IV.1c)	54,94
Renovação de Ar (da FV IV.1d)	84,30
	=
Coefficiente Global de Perdas [W/°C]	553,64
	x
Graus-Dia no Local [°C.dia]	2090
	x
	0,024
	+
Consumo dos ventiladores [kWh/ano]	0
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento [kWh/ano]	27770,42
	-
Ganhos Totais Úteis [kWh/ano] (da FC IV.1e)	2578,91
	=
Necessidades de Aquecimento [kWh/ano]	25191,51
	/
Área Útil do Pavimento [m ²]	80,5
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic [kWh/m ² .ano]	312,94
	=
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni [kWh/m ² .ano]	96,28

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	228,91	[W/°C]
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0	[W/°C]
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCV.1b)	0	[W/°C]
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1b)	54,944	[W/°C]
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	84,30	[W/°C]
		=	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	368,15	[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})	368,15	[W/°C]
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q _{1b})	6467,67	[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]
Total			0,00

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U .A [W/°C]
Verticais:			
V1 - W	1,92	3,40	6,53
V2 - W	0,96	3,40	3,26
V3 - S	1,76	3,40	5,98
V4 - S	0,96	5,10	4,90
V5 - E	0,48	5,10	2,45
V6 - E	1,92	3,40	6,53
V7 - W	1,92	3,40	6,53
V8 - W	1,92	3,40	6,53
V9 - S	0,96	3,40	3,26
V10 - E	0,48	5,10	2,45
V11 - E	1,92	3,40	6,53
Horizontais:			
Total			54,94

Folha de Cálculo FCV.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

	Orientação	Paredes			
		Pext 1 E	Pext 1 S	Pext 1 W	
Área, A [m ²]		31,72	32,84	29,12	
		x	x	x	
U [W/m ² °C]		2,44	2,44	2,44	
		x	x	x	
Coeficiente de absorção, α (quadro V.5)		0,4	0,4	0,4	
		=	=	=	
α.U.A [W/m ² °C]		31,00	32,10	28,46	
		x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. [kWh/m ²] (Quadro III.9)		450	420	450	
		x	x	x	
		0,04	0,04	0,04	
		=	=	=	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior [kWh]		558,06	539,24	512,31	Total
					1609,61

Folha de Cálculo FCV.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	V1 - W	V2 - W	V3 - S	V4 - S	V5 - E	V6 - E	V7 - W	V8 - W	V9 - S	V10 - E	V11 - E	
Área, A [m ²]	1,92	0,96	1,76	0,96	0,48	1,92	1,92	1,92	0,96	0,48	1,92	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	0,31	0,31	0,70	0,70	0,70	0,31	0,31	0,31	0,70	0,70	0,29	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, F _g (Quadro IV.5 pág 2490)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, F _s ⁽²⁾	0,45	0,45	0,45	0,45	0,57	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, F _w (Quadro V.3 pág 2503)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Área efectiva, A _e [m ²]	0,27	0,14	0,55	0,30	0,19	0,30	0,30	0,30	0,34	0,17	0,27	
	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)	450	450	420	420	450	450	450	450	420	450	450	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores [kWh]	121,69	60,85	232,85	127,01	86,18	135,22	135,22	135,22	141,12	75,60	123,55	Total 1374,50

⁽¹⁾ Para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do factor solar do vidro (Tabela IV.4) e 70% do factor solar do envidraçado com a protecção solar móvel actuada (Quadro V.4)

⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, F_s, é obtido pelo produto F_oF_f dos Quadros V.1 e V.2.

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios [W/m ²] (Quadro IV.3)		4	
		x	
Área útil do pavimento [m ²]		80,5	
		x	
		2,93	
		=	
Ganhos internos totais		942,82	[kWh]

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	1374,50	[kWh]
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1e)	1609,61	[kWh]
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	942,82	[kWh]
		=	
Ganhos térmicos totais		3926,93	[kWh]

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais (FVC.1e)	3926,93	[kWh]
	/	
Perdas térmicas totais (FVC.1a)	6467,67	[kWh]
	=	
Relação Ganhos-Perdas (γ)	0,61	
Inércia do edifício (a)	Forte	
	a= 4,2	

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,95	
	=	
	0,05221575	
	x	
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	3926,93	[kWh]
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	205,05	[kWh/ano]
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor de cozinha excluído)	0	($E_v = P_{v \times 24 \times 0.03 \times 4}$ [kWh])
	=	
Total	205,05	[kWh/ano]
	/	
Área útil de pavimento [m ²]	80,5	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	2,55	[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	0,38
	=
	8043,45
	-
Contribuição de sist. de colectores solares para o aquec. de AQS, E_{solar}	0
	-
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para o aquec. de AQS, E_{ren}	0
	=
	8043,45
Área útil de pavimento [m^2]	80,5
	=
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]	99,92

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]	80,5
	=
Necessid. máx. de energia para a preparação de AQS, N_a [kWh/ m^2 .ano]	58,76
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]	99,92

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
	=
[kgep/t]	0

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc)

Necessidades Nominais de Aquecimento, N_{ic} [kWh/m ² .ano]	312,94
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]	2,55
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]	99,92
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]	17,69

Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt)

Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas, N_i [kWh/m ² .ano]	96,28
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]	58,76
Neces. máx. globais de anuais nominais de energia primária, N_t [kgep/m ² .ano]	8,43
	≥
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m ² .ano]	17,69

FICHA 1

Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)

DEMONSTRAÇÃO DA CONFORMIDADE REGULAMENTAR

Câmara Municipal de Fafe

Edifício Habitação Unifamiliar

Localização Rua das Leis - Estorãos - Fafe

N.º de Frações Autónomas Única (ou corpos _____)

Para cada Fração Autónoma ou corpo*, incluir:

- Ficha 2 - Levantamento Dimensional
- Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos⁺
- Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

Técnico Responsável:

Nome Ricardo João Pedrosa Alves de Almeida

Inscrito na:
 Associação dos Arquitectos, com o n.º _____
 Ordem dos Engenheiros, com o n.º _____
 Assoc. Nac. dos Eng.ºs Técnicos, com o n.º _____

* Se houver duas ou mais frações autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

+ Em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as frações Autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA distinta.

MAPA DE VALORES NOMINAIS PARA O EDIFÍCIO

Zona Climática	<u>I 2</u> <u>V 2</u>	Altitude	<u>350</u> m
Graus-dias	<u>2090</u> °C.dia	Duração Aquecim.	<u>7</u> meses
Temperatura de Verão	<u>29</u> °C		

Fração Autónoma N.º	Ap [m ²]	Taxa Ren. [RPH]	Nic [kWh/m ² .ano]	Ni [kWh/m ² .ano]	Nvc [kWh/m ² .ano]	Nv [kWh/m ² .ano]	Nac [kWh/m ² .ano]	Na [kWh/m ² .ano]	Ntc [kgep/m ² .ano]	Nt [kgep/m ² .ano]
Única	284,16	1,05	400,92	119,81	11,23	18,00	38,42	41,62	22,88	6,48

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: Habitação Unifamiliar

Área Útil de Pavimento: 284,16 m²

Pé-direito Médio: 2,65 m

Elementos Correntes da Envolvente			
Pavimentos:			
Sobre o exterior	Pav 1	86,20 m ²	3,14 W/m ² ·C
			W/m ² ·C
Sobre área não-útil	Pav 2	116,95 m ²	2,23 W/m ² ·C
			W/m ² ·C
Total		203,15 m ²	
Paredes:			
Exteriores	Pext 1	193,10 m ²	2,42 W/m ² ·C
	Pext 2	60,58 m ²	3,46 W/m ² ·C
	Pext 3	29,80 m ²	3,18 W/m ² ·C
Interiores	Pint 1	53,03 m ²	1,99 W/m ² ·C
Total		336,50 m ²	
Coberturas:			
Em terraço			W/m ² ·C
Em desvão não ventilado			W/m ² ·C
Em desvão ventilado			W/m ² ·C
Inclinadas			W/m ² ·C
Sob área não-útil	Cob 1	151,79 m ²	3,24 W/m ² ·C
	Cob 2	86,20 m ²	2,18 W/m ² ·C
Total		0,00 m ²	

Elementos em Contacto com o Solo		
Pavimentos:	comp. [m]	Ψ [W/m ² ·C]
Cota igual ou superior ao terreno	18,75	2,5

Pontes Térmicas		
Fachada com Pavimento, Cobertura ou Varanda:	comp. [m]	Ψ [W/m ² ·C]
	246,39	0,75

Coeficiente de Absorção - α	
Parede	Cobertura
0,4	0,4

TIPOS DE PAREDES (especificar com descrição sumária e valor do U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL
Pext 1 - Paredes de granito com 0,65m de espessura, rebocadas pelo interior. U≥2,42 W/m ² ·C	60,478		27,478		79,33		25,81		193,10
Pext 2 - Paredes de granito com 0,30m de espessura, rebocadas pelo interior. U≥3,46 W/m ² ·C	34,50		13,74				12,34		60,58
Pext 3 - Paredes de granito com 0,30m de espessura, rebocadas pelo interior e com telha no exterior. U≥3,27 W/m ² ·C					29,80				29,80
									283,47
TIPOS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo tipo de protecção solar e o valor de S _v)									
Env 1 - Vidro simples (4 mm), com caixilharia em aço fixa e sem corte térmico, sem protecção solar. U>6,0 W/(m ² ·C)	1,20				0,84				2,04
Env 2 - Vidro simples (4 mm), com caixilharia em aço giratória e sem corte térmico, com protecção solar interior de madeira escura. U>3,90 W/(m ² ·C)					2,42				2,42
Env 3 - Vidro simples (4 mm), com caixilharia em madeira, com protecção solar interior de madeira escura. U>3,40 W/(m ² ·C)	10,05		3,94		8,30		3,16		25,45
Env 4 - Vidro simples (4 mm), com caixilharia em madeira, sem protecção solar. U>5,10 W/(m ² ·C)	3,50		6,01		3,94		5,55		18,99
									48,90
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS:	1,77 m ²								

Cálculo da Inércia Térmica

Resposta às características	
Inércia Forte	
Pavimento e tecto de betão armado ou pré-esforçado	
Revestimento de tecto em estuque ou reboco	
Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pêlo (não se incluem soluções de pavimentos flutuantes)	
Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco	
Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco	x
Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, etc.) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco	x
Inércia Fraca	
Tecto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura)	x
Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira	x
Paredes de compartimentação em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação	x
Inércia Média	
No caso de não se verificarem os requisitos acima indicados que permitem definir a inércia como Forte ou Fraca, esta deve-se considerar Média	

Fraca

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 Pext 1	193,10	2,42	467,30
Paredes exteriores Pext 2	60,58	3,46	209,59
Total	253,67		676,89

Pavimentos exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U .A [W/°C]
Pavimentos exteriores Pav 1	86,20	3,14	270,67
Total	86,20		270,67

Coberturas exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U .A [W/°C]
Total	0,00		0,00

Pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B [m]	ψ [W/m°C]	ψ.B [W/°C]
Pavimentos em contacto com o solo, pav com cota sup	18,75	2,50	46,88
Total			46,88

Pontes térmicas lineares	Comp. [m]	ψ [W/m°C]	ψ.B [W/°C]
Ligações entre:			
Fachada com o pavimentos, coberturas ou varandas	246,39	0,75	184,79
Total			184,79

Paredes pela envolvente exterior da Fracção Autónoma	[W/°C]	Total	1179,22
--	--------	--------------	---------

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 adega Pint 1	30,80	1,99	0,75	45,96	23,10
Paredes em contacto com capoeira Pint 1	6,03	1,99	0,75	9,00	4,52
Paredes em contacto com chaminé Pint 1	15,10	1,99	0,75	22,53	11,32
			Total	77,50	38,94

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 corral Pav 2	42,33	2,23	0,75	70,80	31,75
Pavimento sobre adega Pav 2	74,62	2,23	0,75	124,80	55,97
			Total	195,60	87,71

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]
Cobertura sob desvão não ventilado piso 1 Cob 1	151,79	3,24	0,75	368,85	113,84
Coberturas sob desvão não ventilado piso 2 Cob 2	86,20	2,18	0,75	140,94	64,65
			Total	509,79	178,49

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]
Vão envidraçado em contacto com adega	1,10	3,50	0,75	2,89	0,83
			Total	2,89	0,83

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]
Paredes em contacto com adega Pint 1	29,40	0,75	0,75	16,54
Paredes em contacto com capoeira Pint 1	5,56	0,75	0,75	3,13
Paredes em contacto com chaminé Pint 1	11,10	0,75	0,75	6,24
			Total	25,91

Paredes pela envolvente interior da Fracção Autónoma [W/°C]

Total	811,68
--------------	--------

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]
Verticais			
V1 - N	0,36	6,00	2,15
V2 - N	0,84	6,00	5,04
V3 - S	0,84	6,00	5,04
V4 - S	2,42	3,90	9,44
V5 - S	1,47	3,40	5,00
V6 - S	1,47	3,40	5,00
V7 - S	0,85	3,40	2,89
V8 - N	1,25	5,10	6,38
V9 - N	2,25	5,10	11,48
V10 - W	1,31	3,40	4,46
V11 - N	1,31	3,40	4,46
V12 - S	1,31	3,40	4,46
V13 - S	1,31	5,10	6,69
V14 - S	1,31	3,40	4,46
V15 - S	1,31	3,40	4,46
V16 - S	1,31	3,40	4,46
V17 - S	1,31	5,10	6,69
V18 - S	1,31	5,10	6,69
V19 - E	1,31	3,40	4,46
V20 - E	1,31	3,40	4,46
V21 - E	1,31	3,40	4,46
V22 - N	1,60	3,40	5,44
V23 - N	1,60	3,40	5,44
V24 - N	1,60	3,40	5,44
V25 - W	1,85	3,40	6,29
V26 - W	1,85	5,10	9,44
V27 - W	1,85	5,10	9,44
V28 - W	1,85	5,10	9,44
V29 - S	1,60	3,40	5,44
V30 - S	1,60	3,40	5,44
V31 - E	1,60	3,40	5,44
V32 - E	2,81	3,40	9,54
V33 - E	1,60	3,40	5,44
Horizontais			
Clarabóias	1,77	7,89	13,95
Total	50,67		208,81

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à renovação de ar

Área útil do pavimento (Ap)	284,16	m ²
	x	
Pé-direito médio	2,65	m
	=	
Volume interior (V)	754,16	m ³

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumpre NP 1037-1? (S ou N) se SIM:

Se NÃO:

Classe da caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="s/c"/>	Taxa de renovação nominal: RPH: 1,05
Caixa de estore (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	
Classe de exposição (1, 2, 3 ou 4)	<input type="text" value="2"/>	
Aberturas auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Portas exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	

Ver Quadro IV.1

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)

Caudal de insuflação V _{ins} [m ³ /h]	<input type="text" value="0"/>	V _f = <input type="text" value="0"/>
Caudal extraído V _{ev} [m ³ /h]	<input type="text" value="0"/>	
Diferença entre V _{ins} e V _{ev} [m ³ /h]	<input type="text" value="0"/>	V = <input type="text" value="754,16"/> (volume int) [RPH]
Infiltrações (V _s)	<input type="text" value="0"/>	
Recuperador de calor (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM: η = se NÃO: η = 0
Nº de ventiladores	<input type="text" value="0"/>	(V _f /V ₊ V _s)(1-η)
Taxa de renovação nominal (RPH) (Mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,00"/>	
Taxa de renovação nominal (RPH) adoptada	<input type="text" value="0,00"/>	
Consumo de electricidade para os ventiladores	<input type="text" value="0"/>	(E _v =P _v x24x0.03xM [kWh])

Volume	754,16	
	x	
Taxa de renovação nominal	1,05	
	x	
	0,34	
	=	
Total	269,23	[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 [-]	Fracção envidraçada [-]	Factor de sel. Angular Fw [-]	Área efectiva Ae [m ²]
V1 - N	simples	0,36	0,27	0,72	0,57	1,00	1,00	0,04
V2 - N	simples	0,84	0,27	0,72	0,57	1,00	1,00	0,09
V3 - S	simples	0,84	1,00	0,72	0,17	1,00	1,00	0,10
V4 - S	simples	2,42	1,00	0,72	0,17	1,00	1,00	0,30
V5 - S	simples	1,47	1,00	0,72	0,28	1,00	1,00	0,30
V6 - S	simples	1,47	1,00	0,72	0,17	1,00	1,00	0,18
V7 - S	simples	0,85	1,00	0,72	0,17	1,00	1,00	0,10
V8 - N	simples	1,25	0,27	0,58	0,57	1,00	1,00	0,11
V9 - N	simples	2,25	0,27	0,58	0,57	1,00	1,00	0,20
V10 - W	simples	1,31	0,56	0,72	0,17	1,00	1,00	0,09
V11 - N	simples	1,31	0,27	0,72	0,57	1,00	1,00	0,15
V12 - S	simples	1,31	1,00	0,72	0,28	1,00	1,00	0,27
V13 - S	simples	1,31	1,00	0,72	0,28	1,00	1,00	0,27
V14 - S	simples	1,31	1,00	0,72	0,28	1,00	1,00	0,27
V15 - S	simples	1,31	1,00	0,72	0,28	1,00	1,00	0,27
V16 - S	simples	1,31	1,00	0,72	0,17	1,00	1,00	0,16
V17 - S	simples	1,31	1,00	0,72	0,17	1,00	1,00	0,16
V18 - S	simples	1,31	1,00	0,72	0,17	1,00	1,00	0,16
V19 - E	simples	1,31	0,56	0,72	0,17	1,00	1,00	0,09
V20 - E	simples	1,31	0,56	0,72	0,17	1,00	1,00	0,09
V21 - E	simples	1,31	0,56	0,72	0,17	1,00	1,00	0,09
V22 - N	simples	1,60	0,27	0,72	0,57	1,00	1,00	0,18
V23 - N	simples	1,60	0,27	0,72	0,57	1,00	1,00	0,18
V24 - N	simples	1,60	0,27	0,72	0,57	1,00	1,00	0,18
V25 - W	simples	1,85	0,56	0,72	0,28	1,00	1,00	0,21
V26 - W	simples	1,85	0,56	0,72	0,28	1,00	1,00	0,21
V27 - W	simples	1,85	0,56	0,72	0,28	1,00	1,00	0,21
V28 - W	simples	1,85	0,56	0,72	0,28	1,00	1,00	0,21
V29 - S	simples	1,60	1,00	0,72	0,28	1,00	1,00	0,32
V30 - S	simples	1,60	1,00	0,72	0,17	1,00	1,00	0,20
V31 - E	simples	1,60	0,56	0,72	0,17	1,00	1,00	0,11
V32 - E	simples	2,81	0,56	0,72	0,17	1,00	1,00	0,19
V33 - E	simples	1,60	0,56	0,72	0,17	1,00	1,00	0,11
Env Horizontal	simples	1,77	0,89	0,88	0,57	1,00	1,00	0,79

Área efectiva total equivalente na orientação Sul [m²]

6,59
x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

na Zona 12 [kWh/m².mês] - do Quadro 8 (Anexo III)

93
x

Duração da Estação de Aquecimento M [meses]

7
=

Ganhos Solares Brutos [kWh/ano]

4290,11

Ganhos Internos:

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4 [W/m ²]
Duração da Estação de Aquecimento M [meses]	7 [meses]
Área Útil de pavimento	284,16 [m ²]
Ganhos Internos Brutos	0,72 5728,61

Ganhos Totais Úteis:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	10018,72 123842,23
Inércia do edifício: Fraca	$\gamma = 0,08$
Factor de Utilização dos Ganhos Solares (η)	0,99
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos	10018,72 =
Ganhos Totais Úteis [kWh/ano]	9918,98

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	253,67
Coberturas Exteriores	0,00
Pavimentos Exteriores	86,20
Envidraçados Exteriores	50,67
<i>Da FC IV 1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	38,94
Coberturas Interiores	178,49
Pavimentos Interiores	87,71
Envidraçados Interiores	0,83
<i>Área Total</i>	696,52
	/
<i>Volume (da FC IV.1d)</i>	754,16
	=
FF	0,92

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]

119,81

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	[W/°C]
Envolvente Exterior (da FV IV.1a)	1179,22
Envolvente Interior (da FV IV.1b)	811,68
Vãos Envidraçados (da FV IV.1c)	208,81
Renovação de Ar (da FV IV.1d)	269,23
	=
Coefficiente Global de Perdas [W/°C]	2468,94
	x
Graus-Dia no Local [°C.dia]	2090
	x
	0,024
	+
Consumo dos ventiladores [kWh/ano]	0
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento [kWh/ano]	123842,23
	-
Ganhos Totais Úteis [kWh/ano] (da FC IV.1e)	9918,98
	=
Necessidades de Aquecimento [kWh/ano]	113923,24
	/
Área Útil do Pavimento [m ²]	284,157
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic [kWh/m ² .ano]	400,92
	=
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni [kWh/m ² .ano]	119,81

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	676,89	[W/°C]
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	270,668	[W/°C]
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCV.1b)	0	[W/°C]
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1b)	208,8054901	[W/°C]
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	269,23	[W/°C]
		=	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	1425,59	[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})	1425,59	[W/°C]
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q _{1b})	25044,83	[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]
Total			0,00

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados exteriores	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	U .A [W/°C]
Verticais:			
V1 - N	0,36	6,00	2,15
V2 - N	0,84	6,00	5,04
V3 - S	0,84	6,00	5,04
V4 - S	2,42	3,90	9,44
V5 - S	1,47	3,40	5,00
V6 - S	1,47	3,40	5,00
V7 - S	0,85	3,40	2,89
V8 - N	1,25	5,10	6,38
V9 - N	2,25	5,10	11,48
V10 - W	1,31	3,40	4,46
V11 - N	1,31	3,40	4,46
V12 - S	1,31	3,40	4,46
V13 - S	1,31	5,10	6,69
V14 - S	1,31	3,40	4,46
V15 - S	1,31	3,40	4,46
V16 - S	1,31	3,40	4,46
V17 - S	1,31	5,10	6,69
V18 - S	1,31	5,10	6,69
V19 - E	1,31	3,40	4,46
V20 - E	1,31	3,40	4,46
V21 - E	1,31	3,40	4,46
V22 - N	1,60	3,40	5,44
V23 - N	1,60	3,40	5,44
V24 - N	1,60	3,40	5,44
V25 - W	1,85	3,40	6,29
V26 - W	1,85	5,10	9,44
V27 - W	1,85	5,10	9,44
V28 - W	1,85	5,10	9,44
V29 - S	1,60	3,40	5,44
V30 - S	1,60	3,40	5,44
V31 - E	1,60	3,40	5,44
V32 - E	2,81	3,40	9,54
V33 - E	1,60	3,40	5,44
Horizontais:			
Clarabóias	1,77	7,89	13,95
Total			208,81

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios [W/m ²] (Quadro IV.3)		4	
		x	
Área útil do pavimento [m ²]		284,157	
		x	
		2,93	
		=	
Ganhos internos totais		3328,05	[kWh]

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	7119,24	[kWh]
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1e)	4671,57	[kWh]
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	3328,05	[kWh]
		=	
Ganhos térmicos totais		15118,86	[kWh]

Folha de Cálculo FCV.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL																														Env Horizontal				
	V1 - N	V2 - N	V3 - S	V4 - S	V5 - S	V6 - S	V7 - S	V8 - N	V9 - N	V10 - W	V11 - N	V12 - S	V13 - S	V14 - S	V15 - S	V16 - S	V17 - S	V18 - S	V19 - E	V20 - E	V21 - E	V22 - N	V23 - N	V24 - N	V25 - W	V26 - W	V27 - W	V28 - W	V29 - S	V30 - S		V31 - E	V32 - E	V33 - E	
Área, A [m ²]	0,36	0,84	0,84	2,42	1,47	1,47	0,85	1,25	2,25	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,60	1,60	1,60	1,85	1,85	1,85	1,85	1,60	1,60	1,60	2,81	1,60	1,77		
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Factor de obstrução, F _o ⁽²⁾	0,88	0,88	0,88	0,61	0,61	0,61	0,61	0,70	0,70	0,61	0,61	0,61	0,88	0,61	0,61	0,61	0,88	0,88	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,88	0,88	0,88	0,88	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,88	
Fracção envidraçada, F _e (Quadro IV.5 pág 2490)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Factor de selectividade do vidro, F _v (Quadro V.3 pág 2503)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
Área efectiva, A _e [m ²]	0,36	0,84	0,84	2,42	1,47	1,47	0,85	1,25	2,25	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,60	1,60	1,60	1,85	1,85	1,85	1,85	1,60	1,60	1,60	2,81	1,60	1,77		
Int. de rad. solar na estação de arrefec. [kWh/m ²] (Quadro III.9 pág 2484)	200	200	420	420	420	420	200	200	450	200	420	420	420	420	420	420	420	420	450	450	450	200	200	200	450	450	450	450	420	420	420	450	450	790	
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores [kWh]	35,86	84,27	139,71	280,83	189,54	189,54	124,94	99,75	179,55	163,19	91,87	169,23	242,55	169,23	169,23	169,23	242,55	242,55	181,32	181,32	181,32	111,99	111,99	111,99	255,58	366,30	366,30	366,30	185,67	185,67	221,04	387,51	221,04	700,24	7119,24

⁽¹⁾ Para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do factor solar do vidro (Tabela IV.4) e 70% do factor solar do envidraçado com a protecção solar móvel actual (Quadro V.6)

⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, F_o, cobindo pelo produto F_oF_v dos Quadros V.1 e V.2

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais (FVC.1e)	15118,86	[kWh]
	/	
Perdas térmicas totais (FVC.1a)	25044,83	[kWh]
	=	
Relação Ganhos-Perdas (γ)	0,60	
Inércia do edifício (a)	Fraca	
	a= 1,8	

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)	0,79	
	=	
	0,21115686	
	x	
Ganhos térmicos totais (FVC.1f)	15118,86	[kWh]
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	3192,45	[kWh/ano]
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor de cozinha excluído)	0	(Ev=Pvx24x0.03x4 [kWh])
	=	
Total	3192,45	[kWh/ano]
	/	
Área útil de pavimento [m ²]	284,157	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	11,23	[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	10
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	400
$M_{AQS} = 40$ litros x 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
	=
	2,751E+10
	/
	3600000
	=
Energia dispend. com sist. convenc. de preparação de AQS, Q_a [kWh/ano]	7641,28

Necessidades de energia para preparação das AQS (N_{ac})

Energia útil dispendida com sistemas convencionais de AQS, Q_a	7641,28
	/
Eficiência de conversão desses sistemas de AQS, η_a	0,7
	=
	10916,11
	-
Contribuição de sist. de colectores solares para o aquec. de AQS, E_{solar}	0
	-
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para o aquec. de AQS, E_{ren}	0
	=
	10916,11
Área útil de pavimento [m^2]	284,157
	=
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]	38,42

Necessidades de energia máxima para a preparação de AQS, (N_a)

	0,081
	x
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	400
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	=
	11826
	/
Área útil de pavimento [m^2]	284,157
	=
Necessid. máx. de energia para a preparação de AQS, N_a [kWh/ m^2 .ano]	41,62
	=
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]	38,42

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
	=
[kgep/t]	0

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc)

Necessidades Nominais de Aquecimento, N_{ic} [kWh/m ² .ano]	400,92
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]	11,23
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]	38,42
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pua}	0,29
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m ² .ano]	22,88

Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt)

Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas, N_i [kWh/m ² .ano]	119,81
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]	41,62
Neces. máx. globais de anuais nominais de energia primária, N_t [kgep/m ² .ano]	6,48
	≥
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m ² .ano]	22,88

