

CERTIFICAÇÃO TÉRMICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

Estudo Técnico-Económico da Reabilitação
Energética de Coberturas

JOÃO MIGUEL GONÇALVES LUZIO

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

Orientadora: 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

ü <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 e Irmã

“A parte que ignoramos é muito maior do que tudo quanto sabemos”

Platão

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia ter sido executado sem a contribuição de várias pessoas que me rodearam ao longo do tempo e agradecer-lhes é da minha parte uma mera tentativa de lhes mostrar a minha profunda gratidão.

À minha família, pelos inúmeros momentos de alegria e pelo apoio dado não só no tempo de realização deste trabalho mas ao longo de todo o percurso elaborado até hoje. Ao meu pai, pelo seu importante contributo incondicional. À minha mãe e à minha irmã que me deram um imprescindível sustento emocional e familiar, e que para além de apoio constante e força para ultrapassar qualquer adversidade depositaram tanta confiança em mim.

Aos meus sinceros amigos, pela abertura de espírito, compreensão, paciência demonstrada e papel desempenhado para mim no dia a dia.

À Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho, à qual quero desde já agradecer todo o tempo e dedicação disponibilizados. Mas que mais importante ainda se tornou no papel de Orientadora para a elaboração deste trabalho, conseguindo encaminhar-me e demonstrando sempre toda a ajuda necessária.

OBRIGADO.

RESUMO

A preocupação pelo meio ambiente é um sentimento que tem demonstrado ser cada vez mais intrínseco à forma das pessoas pensarem e agirem no seu quotidiano nos últimos anos. A consciencialização das pessoas para a escassez dos recursos que utilizam com o objectivo de proporcionar o seu nível de vida e conforto desejado tem-se tornado inevitável e é nesse sentimento de preocupação que cada vez mais se tomam medidas de poupança. Pois o consumo de energia para as necessidades domésticas já foi demonstrado ser uma fatia representativa dos níveis totais de gastos de consumo.

Ao longo dos anos e desde o início da década de 1990, com ânimo de combater esta situação, têm vindo a ser estabelecidas regulamentações que controlam a eficiência energética das habitações impondo níveis máximos admissíveis de consumo de energia que têm de ser assegurados aquando da sua construção. Estas estiveram em evolução até hoje, propondo-se sistemas que cada vez mais permitam alargar as possibilidades de aplicação destas regulamentações energéticas, sendo que se propõe agora um sistema de certificação térmica a todos os edifícios.

Este trabalho surge então no âmbito de certificação energética de três casos de moradias existentes, cuja construção tenha sido efectuada antes do aparecimento de qualquer regulamentação térmica. Esta análise terá como apoio a *Nota Técnica do método de cálculo para a certificação de edifícios existentes* proposta pela ADENE [3].

Esta análise de certificação térmica simplificada, será acompanhada de um estudo técnico-económico que visará propor possíveis soluções de reabilitação energética ao nível da cobertura dessas três moradias. Isto com o objectivo de verificar, e posteriormente analisar, de que forma uma intervenção desta natureza conduz a benefícios na eficiência energética global das habitações, o que levaria a uma diminuição de gastos energéticos e consequentemente económicos.

Em termos conclusivos será efectuada um esclarecimento sobre as vantagens e desvantagens apresentadas pelas soluções reabilitativas propostas.

PALAVRAS-CHAVE: Certificação térmica, reabilitação, eficiência energética, coberturas, estudo técnico-económico.

ABSTRACT

The concern for environment is a sentiment that has proved to be increasingly intrinsic to the way the people think and act in their daily lives, mostly in the last years. Awareness of people for shortage of resources they use with the purpose of provide desired levels of comfort has become inevitable and consequently takes them increasingly to provide measures to save on energy. Consumption of energy for domestic needs has been shown to be a representative slice of the total spending levels of energy consumptions.

Over the years and since the early 1990s, with encouragement to fight this situation, several regulations have been established to control the energy efficiency of housing imposing maximum allowable consumption of energy that must be provided at the time of their construction . These have been in progress to date, offering systems that allow increasingly to expand the scope of application of these regulations energy, and which is now proposing a system of thermal certification for all buildings.

This work has as purpose the thermal certification of three existing homes whose construction has been completed before the implementation of any thermal regulation. This analysis will be support by the “*Nota Técnica do método de cálculo para a certificação de edifícios existentes*” suggested by ADENE [3].

This simplified analysis of thermal certification will be accompanied by a technical-economic study which will aim to propose possible solutions to rehabilitate the roof of these three houses in an energetically global efficiency way. The purpose of this analysis is to observe how such an intervention leads to benefits in overall energy efficiency of housing, conducting to a decrease in energy consumption and, consequently, to economical benefits.

In conclusive terms, it will be done an explanation of the advantages and disadvantages presented by the rehabilitative solutions proposed.

KEYWORDS: Thermal Certification, rehabilitation, energy efficiency, roof, technical-economic study.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 ÂMBITO E ENQUADRAMENTO	1
1.2 OBJECTIVOS	1
1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	2
2. ESTADO DE ARTE	5
2.1. REGULAMENTAÇÃO PARA A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA	5
2.1.1. APARECIMENTO DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA – RCCTE (1990).....	5
2.1.2. EVOLUÇÃO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS	5
2.1.2.1. Protocolo de Quioto.....	5
2.1.2.2. Directiva Europeia 2002/91/CE.....	6
2.1.3. REESTRUTURAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA – RCCTE (2006)	7
2.2. NOTA TÉCNICA – MÉTODO DE CÁLCULO PARA A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES NO ÂMBITO DO RCCTE	8
2.2.1. ENTRADA EM VIGOR	8
2.2.2. O PAPEL DO PERITO QUALIFICADO.....	9
2.2.3. SIMPLIFICAÇÕES DE CÁLCULO	10
2.2.4. MELHORIAS NO DESEMPENHO ENERGÉTICO	11
2.2.5. VANTAGENS APORTADAS PELA CERTIFICAÇÃO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES	12
2.3. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA	12
2.3.1. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA	12
2.3.2. CLASSES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO.....	13
3. METODOLOGIA E CONCEITOS	15
3.1. DEFINIÇÃO DE "FRACÇÃO AUTÓNOMA" PARA O EFEITO DO RCCTE.....	15
3.2. LEVANTAMENTO DIMENSIONAL.....	15
3.3. DADOS CLIMÁTICOS.....	17

3.4. QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS	17
3.4.1. Coeficientes de transmissão térmica – U.....	17
3.4.2. Factor solar.....	19
3.4.3. Inércia térmica	20
3.5. GANHOS E PERDAS TÉRMICOS	21
3.5.1. ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	22
3.5.1.1. Perdas pela envolvente exterior (Q_{ext}) e envolvente interior (Q_{ina})	22
3.5.1.2. Perdas pela envolvente em contacto com o solo (Q_{pe}) e pontes térmicas lineares (Q_{pt}).....	23
3.5.1.3. Perdas pela renovação do ar (Q_v).....	23
3.5.1.4. Ganhos solares brutos (Q_s)	24
3.5.1.5. Ganhos térmicos internos (Q_i)	25
3.5.2. ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO.....	25
3.5.2.1. Ganhos através da envolvente (Q_1).....	25
3.5.2.2. Ganhos através dos vãos envidraçados (Q_2)	25
3.5.2.3. Ganhos resultantes da renovação do ar (Q_3).....	26
3.5.2.4. Ganhos térmicos internos (Q_4).....	26
3.6. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA	27
3.6.1. REQUISITOS ENERGÉTICOS – EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES	27
3.6.2. NECESSIDADES DE AQUECIMENTO (N_{ic} E N_i).....	27
3.6.3. NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO (N_{vc} E N_v) NECESSIDADES GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_{TC} E N_T).....	28
3.6.4. NECESSIDADES DE ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DAS ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (N_{ac} E N_A).....	29
3.6.5. NECESSIDADES GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_{TC} E N_T)	30

4. CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS NECESSÁRIOS À CERTIFICAÇÃO TÉRMICA DAS HABITAÇÕES EM ESTUDO.....

4.1. A ESCOLHA DAS MORADIAS	31
4.2. LOCALIZAÇÃO DAS MORADIAS – CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	31
4.3. EXPOSIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA HABITAÇÃO REFERENTE AO CASO 1	32
4.3.1. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO EDIFÍCIO	32
4.3.2. CARACTERÍSTICAS DA ENVOLVENTE – DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS	34
4.3.2.1. Paredes da envolvente exterior	34
4.3.2.2. Pavimentos	34

4.3.2.3. Cobertura.....	36
4.3.3. SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS E/OU SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	39
4.3.4. PONTES TÉRMICAS	39
4.3.4.1. Pontes térmicas planas	39
4.3.4.2. Pontes térmicas lineares	40
4.3.5. INÉRCIA TÉRMICA.....	40
4.3.6. SISTEMA DE VENTILAÇÃO	40
4.3.7. CONSIDERAÇÕES A TER EM CONTA PARA A CERTIFICAÇÃO TÉRMICA	40
4.4. EXPOSIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA HABITAÇÃO REFERENTE AO CASO 2	41
4.4.1. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO EDIFÍCIO	41
4.4.2. CARACTERÍSTICAS DA ENVOLVENTE – DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS	42
4.4.2.1. Paredes.....	42
4.4.2.2. Pavimentos	43
4.4.2.3. Cobertura.....	45
4.4.2.4. Envidraçados	46
4.4.2.5. Portas.....	47
4.4.3. SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS E/OU SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	47
4.4.4. PONTES TÉRMICAS	48
4.4.4.1. Pontes térmicas planas	48
4.4.4.2. Pontes térmicas lineares	48
4.4.5. INÉRCIA TÉRMICA.....	49
4.4.6. SISTEMA DE VENTILAÇÃO	49
4.4.7. CONSIDERAÇÕES A TER EM CONTA PARA A CERTIFICAÇÃO TÉRMICA.....	49
4.5. EXPOSIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA HABITAÇÃO REFERENTE AO CASO 3	49
4.5.1. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO EDIFÍCIO	49
4.5.2. CARACTERÍSTICAS DA ENVOLVENTE – DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS	50
4.5.2.1. Paredes exteriores	50
4.5.2.2. Paredes interiores	51
4.5.2.3. Cobertura.....	52
4.5.2.4. Pavimentos	53
4.5.2.5. Envidraçados	53
4.5.3. SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS E/OU SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	54
4.5.4. PONTES TÉRMICAS	54

4.5.4.1. Pontes térmicas planas	54
4.5.4.2. Pontes térmicas lineares	55
4.5.5. INÉRCIA TÉRMICA.....	55
4.5.6. SISTEMA DE VENTILAÇÃO.....	55
4.5.7. CONSIDERAÇÕES A TER EM CONTA PARA A CERTIFICAÇÃO TÉRMICA.....	55

5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E AVALIAÇÃO TÉCNICO - ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE COBERTURAS

57

5.1. MELHORIA DO RENDIMENTO ENERGÉTICO DAS HABITAÇÕES ATRAVÉS DA REABILITAÇÃO DE COBERTURAS.....

57

5.2. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EXISTENTES.....

58

5.2.1. CASO 1.

58

5.2.2. CASO 2.

59

5.2.3. CASO 3.

60

5.3. REABILITAÇÃO – MÉTODOS DE APLICAÇÃO.....

62

5.3.1. COBERTURAS INCLINADAS

62

5.3.2. COBERTURAS PLANAS

64

5.3.3. CUIDADOS ESPECIAIS.....

66

5.4. SOLUÇÕES PROPOSTAS.....

67

5.4.1. CASO 1.

67

5.4.2. CASO 2.

67

5.4.3. CASO 3.

68

5.5. ESTUDO DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA

69

5.5.1. CONDIÇÕES QUE LEVAM À NECESSIDADE DE MELHORIA

69

5.5.2. APLICAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO

70

5.5.3. DEFINIÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ANÁLISE POR NÍVEIS DE QUALIDADE.....

70

5.6. ESTUDO TÉCNICO DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS.....

72

5.6.1. ALTERAÇÕES NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS HABITAÇÕES

72

5.6.2. NECESSIDADES DE ENERGIA NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO.....

73

5.6.3. NECESSIDADES DE ENERGIA NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

76

5.6.4. NECESSIDADES PARA A PREPARAÇÃO DAS ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS.....

76

5.6.5. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA.....

77

5.6.6. ANÁLISE DOS CASOS EM ESTUDO.....

80

5.6.6.1. Caso 1.....	80
5.6.6.2. Caso 2.....	81
5.6.6.3. Caso 3.....	81
5.6.7. ANÁLISE GLOBAL.....	82
5.6.8. ANÁLISES COMPLEMENTARES DA EFICIÊNCIA MELHORIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	84
5.6.8.1. Importância do sistema de aquecimento utilizado	84
5.6.8.2. Mudança de classe energética	85
5.7. ESTUDO ECONÓMICO DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS	87
5.7.1. BASE DE DADOS	88
5.7.1.1. Caso 1.....	88
5.7.1.2. Caso 2.....	89
5.7.1.3. Caso 3.....	90
5.7.1.4. Isolamento térmico	90
5.7.2. MÉTODO DE CÁLCULO	93
5.7.3. MÉTODOS GERAIS DE INTERPRETAÇÃO DOS GRÁFICOS OBTIDOS NA ANÁLISE ECONÓMICA	94
5.7.4. RESULTADOS DA ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO	95
5.7.4.1. Caso 1.....	96
5.7.4.2. Caso 2.....	98
5.7.4.3. Caso 3.....	100
6. CONCLUSÕES.....	103
6.1. APLICAÇÃO DA NOTA TÉCNICA.....	103
6.2. ANÁLISE CONCLUSIVA DOS CASOS EM ESTUDO	103
6.3. CONCLUSÕES NUMA PERSPECTIVA GLOBAL.....	105
BIBLIOGRAFIA.....	107
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1: Calendarização da entrada em vigor dos regulamentos para a certificação energética de edifícios [13]	9
Fig. 2.2: Exemplo de um certificado energético [13].....	13
Fig. 2.3: Definição das classes energéticas segundo os valores máximo e efectivo as necessidades nominais de energia primária [13]	14
Fig. 3.1: Zonas climáticas de Inverno (esquerda) e de verão (direita) [2]	17
Fig. 4.1: Zonas Climáticas de Inverno [11].....	32
Fig. 4.2: Fachada principal da habitação referente ao caso 1	33
Fig. 4.3 a) e 4.3 b): a) Fachada este; b) Fachada posterior e fachada oeste	33
Fig. 4.4 : Zona não útil abaixo do pavimento da casa (Caixa-de-ar).....	36
Fig. 4.5 a) e 4.5 b): a) vista interior da cobertura a partir do desvão não útil; b) Vista exterior da cobertura	36
Fig. 4.6 a) e 4.6 b): a) Envidraçado simples com cortina transparente e caixilharia de madeira;.....	38
Fig. 4.7 a) e 4.7 b): a) Fachada principal da casa (Sul); b) Fachada oeste.....	41
Fig. 4.8: Fachadas orientadas a sul (esquerda) e este (direita) da habitação, referentes ao caso 2 ...	42
Fig. 4.9 a) e 4.9 b): a) Vista inferior do pavimento interior; b) Vista inferior do pavimento exterior.	44
Fig. 4.10 a) e 4.10 b): a) Vista superior do pavimento interior; b) Vista superior do pavimento interior revestido.....	44
Fig. 4.11: Esteira leve	45
Fig. 4.12 a), b) e c): a) Envidraçados com protecção exterior tipo estore; b) Envidraçados com protecção exterior tipo portada de madeira; c) Cortina muito transparente.....	46
Fig. 4.13: Fachada principal da habitação referente ao caso 3	50
Fig. 4.14: Cobertura plana.....	52
Fig. 4.15: Obstrução provocada à habitação por um edifício.....	56
Fig. 5.1: Esquematização da solução construtiva de cobertura existente.....	59
Fig. 5.2: Esquematização da solução construtiva de cobertura existente.....	60
Fig. 5.3: Esquematização da solução construtiva de cobertura existente.....	61
Fig. 5.4: Cobertura inclinada com desvão não habitável – isolamento térmico na esteira horizontal [7]	63
Fig. 5.5: Cobertura inclinada com desvão habitável – isolamento térmico nas vertentes [7]	64
Fig. 5.6: Cobertura horizontal – isolante suporte de impermeabilização (esquerda) e cobertura invertida (direita) [7]	65
Fig. 5.7: Perfis de temperatura de coberturas exteriores planas (tradicional e invertida) [11].....	65

Fig. 5.8: Esquemática de uma possível solução de reabilitação da cobertura inclinada com isolamento acima da esteira horizontal.....	67
Fig. 5.9: Esquemática de uma possível solução de reabilitação da cobertura inclinada com isolamento descontínuo acima da esteira horizontal.....	68
Fig. 5.10: Esquemática de uma possível solução de reabilitação da cobertura plana em cobertura invertida.....	69
Fig. 5.11: Representação esquemática das placas de isolamento escolhidas.....	70
Fig. 5.12: Evolução das necessidades de aquecimento com o aumento da espessura de isolamento térmico para o caso 1.....	73
Fig. 5.13: Evolução das necessidades de aquecimento com o aumento da espessura de isolamento térmico para o caso 2.....	74
Fig. 5.14: Evolução das necessidades de aquecimento com o aumento da espessura de isolamento térmico para o caso 3.....	75
Fig. 5.15: Evolução das necessidades nominais de energia primária e das classes energéticas dos três casos segundo a solução reabilitativa adoptada.....	79
Fig. 5.16: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura inicial.....	80
Fig. 5.17: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura mais exigente (nível de qualidade N4) e melhorias observadas.....	80
Fig. 5.18: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura inicial.....	81
Fig. 5.19: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura mais exigente (nível de qualidade N2) e melhorias observadas.....	81
Fig. 5.20: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura inicial.....	82
Fig. 5.21: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura mais exigente (nível de qualidade N4) e melhorias observadas.....	82
Fig. 5.22: Evolução de um coeficiente de transmissão térmica segundo a espessura de isolamento térmico adoptada na solução reabilitativa.....	86
Fig. 5.23: Projecção dos custos de energia associados às possíveis soluções de reabilitação energética da cobertura.....	96
Fig. 5.24: Projecção dos custos de energia associados às possíveis soluções de reabilitação energética da cobertura.....	98
Fig. 5.25: Projecção dos custos de energia associados às possíveis soluções de reabilitação energética da cobertura.....	100

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1: Regras de simplificação aplicáveis ao levantamento dimensional [3].....	16
Quadro 3.2: Valores do produto $F_s.F_g.F_w$ para o cálculo das necessidades de aquecimento [3]	19
Quadro 3.3: Valores do produto $F_s.F_g.F_w$ para o cálculo das necessidades de arrefecimento [3].....	19
Quadro 3.4: Características a verificar cumulativamente numa fracção autónoma para possuir uma inércia forte [3].....	21
Quadro 3.5: Características a verificar cumulativamente numa fracção autónoma para possuir uma inércia forte [3].....	21
Quadro 3.6: Regra de simplificação relativa ao coeficiente de redução de perdas (t) [3].....	22
Quadro 3.7: Regras de simplificação aplicáveis às pontes térmicas e aos elementos em contacto com o solo [3].....	22
Quadro 3.8: Valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento [2].....	29
Quadro 4.1: Dados relativos à zona climática das habitações em estudo [2]	32
Quadro 4.2: Intensidade da radiação solar para a estação de arrefecimento [2]	32
Quadro 4.3: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior [6]	34
Quadro 4.4: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento revestido com ladrilho (fluxo descendente) [6]	35
Quadro 4.5: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento revestido com alcatifa (fluxo descendente) [6]	35
Quadro 4.6: Coeficiente de transmissão térmica da cobertura (fluxo ascendente) [6].....	36
Quadro 4.7: Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados exteriores [6]	37
Quadro 4.8: Factores solares do vidro e das protecções considerados [2].....	37
Quadro 4.9: Factores solares dos envidraçados nas estações de aquecimento e arrefecimento.....	37
Quadro 4.10: Coeficiente de transmissão térmica da janela dupla que separa um local aquecido de um local não aquecido [6]	38
Quadro 4.11: Coeficiente de transmissão térmica de um envidraçado interior apoiado no ITE [6]	38
Quadro 4.12: Eficiência dos sistemas existentes na habitação	39
Quadro 4.13: Valor corrigido de coeficiente de transmissão térmico da envolvente	39
Quadro 4.14: Perdas térmicas lineares consideradas.....	40
Quadro 4.15: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior fina (varanda fechada) [6].....	43
Quadro 4.16: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior em pedra [6].....	43
Quadro 4.17: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento exterior de madeira (fluxo descendente) [6]	44
Quadro 4.18: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior de madeira (fluxo descendente) [6]	44

Quadro 4.19: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento exterior revestido com ladrilho (fluxo ascendente) [6]	45
Quadro 4.20: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior revestido com ladrilho (fluxo ascendente) [6]	45
Quadro 4.21: Coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior (fluxo ascendente) [6]	46
Quadro 4.22: Coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados [6]	47
Quadro 4.23: Factores solares do vidro e das protecções considerados [2]	47
Quadro 4.24: Factores solares dos envidraçados	47
Quadro 4.25: Eficiência dos sistemas existentes na habitação	48
Quadro 4.26: Coeficiente de transmissão térmica corrigido segundo a solução construtiva da parede	48
Quadro 4.27: Perdas térmicas lineares	48
Quadro 4.28: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior dupla com caixa-de-ar sem isolamento [6]	51
Quadro 4.29: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior em pedra [6]	51
Quadro 4.30: coeficiente de transmissão térmica da parede interior em pedra [6]	52
Quadro 4.31: Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)	52
Quadro 4.32: Coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados [6]	53
Quadro 4.33: Factores solares do vidro e das protecções considerados [2]	53
Quadro 4.34: Factores solares dos envidraçados	54
Quadro 4.35: Eficiência dos sistemas existentes na habitação	54
Quadro 4.36: Coeficiente de transmissão térmica corrigido segundo a solução construtiva da parede	54
Quadro 4.37: Perdas térmicas lineares exteriores consideradas para a habitação (Caso 3)	55
Quadro 4.38: Perdas térmicas lineares consideradas para a habitação	55
Quadro 5.1: Coeficiente de transmissão térmica da solução existente de cobertura (fluxo ascendente) [6]	58
Quadro 5.2: Coeficiente de transmissão térmica da solução existente de cobertura (fluxo ascendente) [6]	59
Quadro 5.3: Coeficiente de transmissão térmica da solução existente de cobertura (fluxo ascendente) [6]	60
Quadro 5.4: Valores das necessidades energéticas das habitações	61
Quadro 5.5: Descrição da solução reabilitativa por camadas	67
Quadro 5.6: Descrição da solução reabilitativa por camadas	68
Quadro 5.7: Descrição da solução reabilitativa por camadas	69

Quadro 5.8: Valores de referência de coeficientes de transmissão térmica [W/(m ² .°C)]	70
Quadro 5.9: Coeficientes de transmissão térmica segundo os níveis de qualidade para cobertura ...	71
Quadro 5.10: Coeficientes de transmissão térmica segundo a solução de espessura de isolamento e o nível de qualidade.....	72
Quadro 5.11: Necessidades de energia na estação de aquecimento do caso 1.....	73
Quadro 5.12: Necessidades de energia na estação de aquecimento do caso 2.....	74
Quadro 5.13: Necessidades de energia na estação de aquecimento do caso 3.....	75
Quadro 5.14: Necessidades nominais de energia primária do caso 1	77
Quadro 5.15: Necessidades nominais de energia primária do caso 2.....	78
Quadro 5.16: Necessidades nominais de energia primária do caso 3.....	78
Quadro 5.17: Classificações energéticas dos três casos segundo a solução reabilitativa adoptada ..	79
Quadro 5.18: Quadro resumo da evolução dos valores de necessidades energéticas dos três casos e melhorias ressentidas	83
Quadro 5.19: Influência do tipo de sistema de climatização escolhido para a estação de aquecimento na eficiência global da habitação do caso 2	84
Quadro 5.20: Influência do tipo de sistema de climatização escolhido para a estação de aquecimento na eficiência global da habitação do caso 3	85
Quadro 5.21: Evolução das classes energéticas das habitações para uma solução óptima teórica de perdas através da cobertura	86
Quadro 5.22: Especificação das características e dos preços relativos aos materiais e trabalhos associados a uma obra de reabilitação de cobertura (excepto isolamento térmico)	88
Quadro 5.23: Especificação das características e dos preços relativos aos materiais e trabalhos associados a uma obra de reabilitação de cobertura (excepto isolamento térmico)	89
Quadro 5.24: Especificação das características e dos preços relativos aos materiais e trabalhos associados a uma obra de reabilitação de cobertura (excepto isolamento térmico)	90
Quadro 5.25: Custo do isolamento por unidade de área para as diversas soluções reabilitativas do caso 1.....	91
Quadro 5.26: Custo do isolamento por unidade de área para as diversas soluções reabilitativas do caso 2.....	91
Quadro 5.27: Custo do isolamento por unidade de área para as diversas soluções reabilitativas do caso 3.....	92
Quadro 5.28: Custo total por unidade de área das possíveis intervenções reabilitativas da para as três habitações	92
Quadro 5.29: Características das três habitações a ter em conta para a solução reabilitativa	94
Quadro 5.30: Valores dos benefícios obtidos para as diversas soluções de reabilitação possíveis ...	96
Quadro 5.31: Valores dos benefícios obtidos para as diversas soluções de reabilitação possíveis ...	98
Quadro 5.32: Valores dos benefícios obtidos para as diversas soluções de reabilitação possíveis .	100

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

- RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;
- SCE – Sistema de Certificação de Edifícios;
- PQ – Perito Qualificado;
- CE – Certificado Energético;
- DCR – Declaração de Conformidade Regulamentar;
- PQ – Perito Qualificado;
- XPS – Poliestireno extrudido;
- N_{ic} – Necessidades anuais de aquecimento do edifício [kWh/m².ano];
- N_i – Valor limite das necessidades de aquecimento do edifício [kWh/m².ano];
- N_{vc} – Necessidades Anuais de Arrefecimento do edifício [kWh/m².ano];
- N_v – Valor limite das necessidades de arrefecimento do edifício [kWh/m².ano];
- N_{ac} – Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias [kWh/m².ano];
- N_{ac} – Valor limite das necessidades para preparação de águas quentes sanitárias [kWh/m².ano];
- N_{tc} – Necessidades nominais globais de energia primária [kgep/m².ano];
- N_t – Valor limite das necessidades nominais globais de energia primária [kgep/m².ano];
- R_{ph} – N^o de renovações horárias do ar interior [h⁻¹];
- t - Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos;
- ψ - Coeficiente de perdas térmicas lineares;
- P_v – Potências eléctricas dos ventiladores instalados;
- $g_{\perp v}$ - Factor solar vidro;
- g_{\perp}' – Factor solar da protecção.
- A – Área de um elemento;
- F_h – Factor de sombreamento do horizonte;
- F_o – Factor de sombreamento dos elementos horizontais;
- F_f – Factor de sombreamento dos elementos verticais;
- F_g – Fracção envidraçada para diferentes tipos de caixilharias;
- F_w – Factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados;
- G_{sul} – Energia solar média mensal incidente [kWh/m².mês];
- X – Factor de orientação;
- $A_{s_{nj}}$ – Área efectiva do vão envidraçado n segundo a orientação j [m²];
- α - Coeficiente de absorção da superfície externa da parede;

- A_p – Área útil de pavimento do edifício/fracção autónoma [m^2];
- GD – Número de graus dias da localidade em que o edifício se situa [$^{\circ}C$. dias];
- FF – Factor de forma;
- P_d – Pé direito [m];
- U – Coeficiente de transmissão térmica [$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$];
- U_{ref} – Coeficiente de transmissão térmica de referência [$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$];
- e - Espessura de um elemento;
- l – valor de condutibilidade térmica;
- R – Resistência térmica de um elemento [$m^2 \cdot ^{\circ}C/W$];
- R_{si} e R_{se} – Resistências térmicas superficiais interior e exterior, respectivamente [$m^2 \cdot ^{\circ}C/W$];
- AQS – Águas Quentes Sanitárias;
- E_{solar} – Contribuição de sistemas de colectores solares para ao aquecimento das AQS;
- E_{ren} – Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para a preparação das AQS;
- η_d – Número anual de dias de consumo de AQS;
- F_{pui} – Factor de conversão de energia útil para energia primária para as necessidades de aquecimento;
- F_{puv} – Factor de conversão de energia útil para energia primária para as necessidades de arrefecimento;
- F_{pua} – Factor de conversão de energia útil para energia primária para preparação de águas quentes sanitárias;
- η_i – Eficiência nominal do equipamento usado no sistema de aquecimento;
- η_v – Eficiência nominal do equipamento usado no sistema de arrefecimento;
- Q_{ext} – Perdas pela envolvente exterior;
- Q_{ina} – Perdas pela envolvente interior;
- Q_{pe} – Perdas pela envolvente em contacto com o solo;
- Q_{pt} – Perdas pelas pontes térmicas lineares;
- Q_v – Perdas pela renovação do ar;
- Q_s – Ganhos solares brutos;
- Q_1 – Ganhos através da envolvente;
- Q_2 – Ganhos através dos vãos envidraçados;
- Q_3 – Ganhos resultantes da renovação do ar;
- Q_4 – Ganhos térmicos internos;
- B_j – Desenvolvimento (medida pelo interior) do elemento j em contacto com o terreno, ou da ponte térmica linear j (m);
- 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];

I_{ij} – Energia solar incidente por orientação j [kWh/m².mês];

h_e – Condutância térmica da superfície exterior de um elemento [W/m².°C];

θ - Temperatura interior de referência de verão [25°C];

θ_{atm} - Temperatura média do ar exterior [°C].

1

INTRODUÇÃO

1.1. ÂMBITO E ENQUADRAMENTO

Na sociedade actual, e devido ao crescendo dos padrões de conforto exigidos pela população que se tem vindo a observar desde o aparecimento da primeira regulamentação térmica, torna-se cada vez mais necessário controlar os gastos de energia de uma habitação. Pois progressivamente mais, e de forma omnipresente, existem pequenas acções no quotidiano que levam a consumos que se acumulam ao longo do tempo e se reflectem assim em gastos dispensáveis. Por sua vez esses gastos arrastam, por consequência, desperdícios de energia. Torna-se no entanto difícil controlar esses gastos que, para além de evidentes, se converteram intrinsecamente na forma de viver das pessoas, não conseguindo estas muitas vezes dispensá-los.

Nesse sentido, cada vez mais é necessário optar por novos tipos de soluções de produção de energias que permitam fornecer esses níveis padrão exigidos mas tendo sempre em atenção os recursos usados para a sua produção tal como as consequências que esta pode ter a curto ou longo prazo para o meio ambiente. Pode, por exemplo, falar-se da queima de combustíveis e da emissão de gases para a atmosfera que deu origem ao Protocolo de Quioto, adiante referenciado mais pormenorizadamente. Para combater este problema, tornou-se também comum recorrer à utilização de energias renováveis que não permitem substituir as energias usadas usualmente mas pretendem cada vez mais compensar ou pelo menos atenuar o gasto excessivo desta.

De uma forma global, é necessário sensibilizar os consumidores relativamente aos gastos de energia que eles proporcionam, levando-os a ponderar nas repercussões económicas que estes lhes causam mas também nas repercussões ambientais que cada vez mais se fazem sentir. Com a implantação de regulamentações que possibilitem uma certificação energética, as necessidades de consumo passam a poder ser quantificadas para cada habitação permitindo uma análise detalhada e dando o seu contributo para a racionalização dos gastos energéticos. Tendo agora em conta que a abrangência das regulamentações também permite a aplicação destas em edifícios que até ao momento não tinham sido termicamente avaliados, o público-alvo da sensibilização para os consumos excessivos terá o seu panorama ampliado podendo este, para além de avaliar os seus custos energéticos, tomar medidas no sentido de os diminuir e tornar mais eficiente a sua habitação.

1.2. OBJECTIVOS

Neste contexto, os dois objectivos centrais do presente trabalho incidiram numa primeira fase num estudo técnico com um aspecto mais prático remetente para a aplicação do método simplificado de certificação térmica de edifícios existentes e em segunda instância num estudo de sensibilidade que

permitirá avaliar possíveis soluções de melhoria de um elemento específico da envolvente dos casos em estudo.

A primeira análise consistirá basicamente no estudo de três moradias correspondentes cada uma a tipologias construtivas distintas mas tendo em base, essencialmente, o facto de terem soluções de coberturas distintas. A relevância dessas diferenças construtivas irá destacar-se na segunda grande parte deste trabalho. No entanto, essas habitações têm um ponto em comum sendo o facto de terem sido todas construídas em épocas anteriores ao aparecimento de qualquer tipo de regulamentações na área energética, o que leva ao facto de nenhuma delas ter alguma vez sido sujeita de avaliação nesse campo. Esta regulamentação traz assim um esclarecimento sobre a situação, em termos de eficiência global energética, das várias habitações em estudo. A estas será então aplicada a Nota Técnica [3] do método de cálculo para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE [2] proposta pela ADENE [13].

Numa segunda fase deste trabalho, ir-se-á então efectuar uma análise de sensibilidade relativamente a um elemento específico da envolvente de cada uma das habitações escolhidas sendo neste caso a cobertura, como já referido anteriormente, sob duas vertentes.

- Em primeiro lugar será efectuado um estudo numa perspectiva mais técnica que pretenderá, sucintamente, uma descrição das soluções construtivas de coberturas existentes, uma proposta de novas soluções e uma análise numa óptica de melhorias energéticas aportadas por essas soluções.
- De seguida, será proposta uma análise económica das soluções reabilitativas propostas anteriormente, num sentido de estabelecer um estudo que permita avaliar as suas viabilidades e de que forma o investimento proposto compensa os resultados obtidos.

Finalmente, comparando os resultados obtidos segundo essas duas perspectivas de estudo, serão estabelecidas conclusões que permitam identificar a solução racionalmente mais rentável para cada caso de estudo, analisando as vantagens e desvantagens trazidas por esta.

1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se dividido em seis capítulos.

No primeiro capítulo, (*Introdução*) ir-se-á expor uma apresentação genérica do âmbito do trabalho, explicando assim o enquadramento deste. Da mesma forma serão expostos os objectivos pretendidos e a sequência sucinta dos trabalhos a realizar para o atingir.

No segundo capítulo, (*Estado de arte*) de carácter fundamentalmente normativo, pretender-se-á demonstrar a forma como se encontra implementada a certificação energética em Portugal explicitando legislações em vigor, e posteriormente remetendo para a aplicação do método de cálculo de certificação térmica de edifícios existentes.

No terceiro capítulo (*Metodologias e conceitos*) irão ser apresentados os fundamentos teóricos e métodos de cálculo necessários a ter em conta para se poder efectuar a certificação térmica dos edifícios existentes envolvidos no âmbito deste trabalho. Também serão referidas algumas simplificações a ter em conta apoiando-se na Nota Técnica da ADENE [3] para o cálculo da certificação térmica de edifícios existentes.

No quarto capítulo, (*Caracterização dos parâmetros necessários à certificação térmica das habitações em estudo*) far-se-á uma breve apresentação introdutória dos três casos de estudo nos quais serão dadas informações genéricas relativas a estas edificações. De seguida, será feita uma descrição

mais pormenorizada dos três casos de estudo que pretenderá caracterizar todos os parâmetros achados relevantes para que se possa efectuar uma certificação energética de forma clara.

No quinto capítulo, (*Estudo de sensibilidade e avaliação técnico-económica das soluções de reabilitação energética de coberturas*) será feita uma análise das soluções construtivas de coberturas existentes tendo-se em conta os resultados obtidos pela certificação térmica. Também serão propostas novas soluções que permitirão aumentar a eficiência térmica das coberturas sendo feita uma nova análise de certificação nesse campo. Estes resultados, por sua vez, serão comparados com os das soluções iniciais. Finalmente será proposta uma análise económica que permitirá posteriormente emitir conclusões sobre a viabilidade das novas soluções em termos económicos tendo em conta os resultados das certificações térmicas obtidos.

No sexto capítulo (*Conclusões*) serão emitidas conclusões sobre os resultados obtidos nos capítulos anteriores relativamente à certificação térmica e ao estudo de sensibilidade efectuado determinando quais as vantagens ou desvantagens de se optar por uma nova solução construtiva da cobertura em primeiro lugar, especificamente para cada uma dos casos de estudo e de seguida num contexto geral. Também serão referidos sucintamente aqueles que poderão ser alguns dos benefícios aportados com a implantação de um método de certificação térmica de edifícios existentes [3].

2

ESTADO DE ARTE

2.1. REGULAMENTAÇÃO PARA A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

2.1.1. APARECIMENTO DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA – RCCTE (1990)

Devido à aspiração da população a melhores condições de salubridade, de higiene e de conforto nos edifícios em geral tendo também em conta o consumo potencial de energia necessária para satisfazer o conforto térmico nas estações de aquecimento e arrefecimento, impunha-se notoriamente a necessidade de um instrumento legal que permitisse a regulamentação das condições térmicas de edifícios.

Apesar dos menores consumos verificados quando comparados com outras situações existentes noutros países mas reflectindo-se na experiência destes, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [1] constituiu então no início da década de 1990 a primeira base regulamentar e pressuposto essencial à adopção de medidas quanto à utilização da energia nos edifícios tendo em conta as condições climatéricas nacionais e visando a melhoria das condições de conforto sem que no entanto se note um acréscimo do consumo de energia [1].

Para tal, o Regulamento elegeu como parâmetros básicos dois valores etiqueta ou índices correspondentes aos valores das necessidades em energia por estação de aquecimento (N_{ic}) e de arrefecimento (N_{vc}) por metro quadrado de construção e por ano. Estes valores são característicos do edifício, independentemente do comportamento dos utilizadores, definidos em condições convencionadas do ambiente interior (as quais eram, genericamente aceites como correspondendo as condições mínimas de conforto) e do clima exterior (zonas climáticas).

2.1.2. EVOLUÇÃO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS

2.1.2.1. Protocolo de Quioto

Apesar do aparecimento de uma regulamentação que impusesse valores de referência de necessidades energéticas de habitações, a evolução da sociedade ao longo dos anos, fez com que se elevasse a fasquia dos requisitos de conforto tornando-se cada vez mais exigentes. Estas necessidades levaram consequentemente a um consumo gradualmente maior de energia, o que se repercutiu directamente para o meio ambiente.

Este protocolo, de uma forma sucinta, consiste num acordo internacional que impõe aos países industrializados aderentes limites nas emissões de gás que provocam o efeito de estufa na atmosfera.

Estes são responsáveis (especialmente o CO₂) pelo já conhecido aquecimento global, ou seja, pelo aumento da temperatura no planeta.

O Protocolo de Quioto foi assinado em 1997, começando no entanto a vigorar efectivamente a partir de 16 de Fevereiro de 2005 quando estavam a ser estabelecidas pressões para que fossem obtidos resultados notórios de diminuição da emissão de gases. Acordou-se que os países industrializados membros teriam de diminuir as suas emissões numa média de 5% (tendo em conta os níveis referentes a cada um dos países), abaixo dos valores de 1990, no período entre 2008 e 2012, tentando assim atenuar os efeitos climáticos negativos resultantes destas emissões.

Além da redução das emissões de gases, o Protocolo de Quioto estabelece outras medidas como o estímulo à substituição do uso dos derivados de petróleo pelo da energia eléctrica e do gás natural. Isso permitiu ainda mais explorar novas soluções de consumo energético recorrendo a fontes mais ecológicas actualmente implantadas nas regulamentações térmicas em vigor de onde podemos retirar por exemplo a obrigatoriedade da instalação de painéis solares para a produção de água quente sanitária.

As mudanças introduzidas aportam um contributo adicional de consumo de energia e representam a abertura de um amplo mercado para o desenvolvimento de sistemas de aproveitamento de energias menos poluentes ou renováveis, o que permite contribuir para a diminuição da poluição e da dependência energética do país. Desta forma os consumidores poderão beneficiar das condições de conforto pretendidas, com um consumo mais eficiente da energia que se pode reflectir em custos mais baixos.

2.1.2.2. Directiva Europeia 2002/91/CE

Para fazer face a esta situação de poluição e de crescente aumento de gasto de energias, foi promovido um conjunto de medidas com vista à melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios.

É neste contexto que surge a Directiva nº 2002/91/CE [4], do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, que dá destaque à necessidade da implementação de um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre os níveis de qualidade térmica. De uma forma geral, esta Directiva passa essencialmente por promover a melhoria energética das fracções, tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como as exigências em matéria de clima interior e rentabilidade económica [4].

Podem enumerar-se assim os principais objectivos em que se baseia [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;
- Inspeção 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.

Com este processo, poderão então ser padronizadas e rentabilizadas as energias nominais gastas dividindo-as em três tipos, tendo assim:

- Necessidades de aquecimentos – Energia gasta necessária para garantir os níveis de conforto exigidos durante a estação de aquecimento;
- Necessidades de arrefecimento – Energia gasta necessária para garantir os níveis de conforto exigidos durante a estação de arrefecimento;
- Águas quentes sanitárias – Energia gasta para a preparação das águas quentes sanitárias.

O desempenho energético dos edifícios deve ser calculado com base numa metodologia, que poderá ser diferenciada a nível regional, que integre, para além do isolamento térmico, outros factores de influência crescente, como as instalações de aquecimento e ar condicionado, a aplicação de fontes de energia renováveis e a concepção dos próprios edifícios. Pois a introdução dos valores de necessidades de energia para a preparação de águas quentes sanitárias veio marcar a diferença nesta directiva impondo a utilização de painéis solares para esse fim.

Por outro lado, um acompanhamento contínuo da eficiência de uma habitação, através do controlo dos sistemas consumidores de energia (caldeiras, ar condicionado, ...) ao longo do tempo, permite uma avaliação mais contínua da eficiência energética do edifício, tornando-se assim num processo que se inicia no projecto mas se prolonga após a conclusão da obra.

As claras vantagens de um sistema de certificação energética contribuem de uma forma directa para cumprir as medidas propostas no Protocolo de Quioto reduzindo os consumos excessivos e aumentando a eficiência. Por outro lado, permite aos utilizadores ou compradores terem uma noção clara e um ponto de referência credível para conhecerem o nível de consumo de energia associado à habitação que pretendem usufruir [4].

2.1.3. REESTRUTURAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA – RCCTE (2006)

Devido ao progressivo aumento das necessidades de conforto exigido, e após a implementação da já referida Directiva Europeia 2002/91/CE [4], tornou-se necessário reestruturar os padrões que poderiam levar a um cálculo de certificação energética de edifícios, tendo por um lado em atenção essas exigências de conforto mas não esquecendo no entanto as preocupações ambientais crescentes. Surge então neste contexto a Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril de 2006, que é uma versão actualizada do RCCTE [2].

De uma forma global, este regulamento mantém a divisão das necessidades entre a estação de aquecimento e a estação de arrefecimento, já contempladas no regulamento de 1990, trazendo o contributo adicional das necessidades de energia para a preparação das águas quentes sanitárias, de se apoiar em valores climáticos actualizados e de um método de cálculo que se apoia na Directiva Europeia. Pois tal como nesta, tornou-se obrigatória a implantação de sistemas que recorram a painéis solares (energia renovável) para a contabilização das necessidades de energia para as águas quentes.

Com a parametrização dos gastos proporcionados pelos sistemas da habitação, que se apoiam em tendências estatísticas de gastos energéticos, torna-se então possível estimar, tendo em conta a eficiência desses equipamentos, as necessidades de energia global que se reflectem directamente na classificação térmica que posteriormente é atribuída à fracção. Impõe-se desta forma, que os elementos da envolvente e as instalações que representam os consumos energéticos sejam concebidos de modo a que a quantidade de energia necessária à sua utilização seja a mais baixa possível satisfazendo no entanto as necessidades de conforto, tendo em conta as condições climáticas do local e os ocupantes.

Por outro lado, a qualidade do ar tem-se mostrado uma questão fundamental, pois quer por razões de higiene e salubridade, quer seja para minimizar as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial impacto negativo

na durabilidade dos elementos de construção, são impostos valores regulamentares que proporcionem uma renovação de ar adequada à habitabilidade da fracção.

Relativamente às exigências impostas pelo RCCTE [2], podem destacar-se as seguintes:

ANEXO IX – Requisitos mínimos de qualidade térmica para a envolvente dos edifícios

“1 - Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis. – Nenhum elemento da envolvente de qualquer edifício pode ter um coeficiente de transmissão térmica em zona corrente superior ao valor correspondente no quadro IX.1”

2 – Zonas não correntes da envolvente. - Nenhuma zona de qualquer elemento opaco da envolvente, incluindo zonas de ponte térmica plana, (...), pode ter um valor de U superior ao dobro dos elementos homólogos (verticais ou horizontais) em zona corrente, respeitando sempre no entanto, os valores máximos indicados no quadro IX.1.

3 - Factor solar máximo admissível – Nenhum vão envidraçado, cuja área total seja superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, pode apresentar um factor solar correspondente ao vão envidraçado com o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de protecção 100% activo(s) que exceda os valores indicados no quadro IX.2. [2]

ANEXO IV

“3.2 – Determinação da taxa de renovação horária nominal – Por razões de higiene e conforto dos ocupantes, necessário que os edifícios sejam ventilados em permanência por um caudal mínimo de ar (...) $R_{ph} = 0,6 h^{-1}$ ”. [2]

Referindo também as necessidades energéticas, o presente regulamento impõe valores máximos definidos no seu Artigo 15º [2] para os valores limites das necessidades nominais anuais de energia útil para o aquecimento ($N_{ic} < N_i$), arrefecimento ($N_{vc} < N_v$), produção de águas quentes sanitárias ($N_{ac} < N_a$) e necessidades globais de energia primária ($N_{tc} < N_t$) cujo valor deriva dos anteriores.

2.2. NOTA TÉCNICA – MÉTODO DE CÁLCULO PARA A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES NO ÂMBITO DO RCCTE

2.2.1. ENTRADA EM VIGOR

Segundo a calendarização definida na Portaria 461/2007 de 5 de Junho, a entrada em vigor do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) deu-se em várias etapas e sendo gradualmente aplicada a um leque mais abrangente de edifícios. Com a entrada em vigor da Nota Técnica da ADENE [3] que define o método de cálculo para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE [2], entra-se então numa fase de aplicação do SCE a todos os edifícios existentes a partir de 1 de Janeiro de 2009. Entende-se, neste caso, por edifícios existentes aqueles cujo pedido de licenciamento seja anterior à entrada em vigor do SCE (Fig. 2.1).



Fig. 2.1: Calendarização da entrada em vigor dos regulamentos para a certificação energética de edifícios [13]

2.2.2. O PAPEL DO PERITO QUALIFICADO

A introdução de um método de certificação a todos os edifícios existentes conjuntamente com a Nota Técnica emitida, poderá por vezes levantar algumas dúvidas junto à entidade emissora do certificado energético na necessidade de decisão relativa ao uso de parâmetros térmicos. Pois a abrangência de habitações permitida pela certificação, pode representar por vezes a necessidade de certificação em fracções nas quais não se pode ter uma visão ou um esclarecimento totalmente objectivo ao nível da envolvente ou dos sistemas usados para a produção de energia.

“Os peritos qualificados, dentro das funções e competências definidas pelo SCE, deverão então proceder à análise do desempenho energético e da qualidade do ar interior nos edifícios existentes, aplicando a metodologia de cálculo definida pelo Decreto-Lei nº80/2006 – RCCTE [2], nomeadamente para a quantificação dos índices e parâmetros de caracterização definidos no seu Artigo 4º bem como para o cálculo dos seus valores limite como fixados no seu artigo 15º” a seguir indicados [3].

Artigo 4º – Índices e parâmetros de caracterização (RCCTE) [2]:

- Coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente;
- Classe de inércia térmica;
- Factor solar dos vãos envidraçados;
- Taxa de renovação do ar;
- Necessidades nominais anuais de energia útil para o aquecimento;
- Necessidades nominais anuais de energia útil para o arrefecimento;
- Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias;
- Necessidades globais de energia primária.

Artigo 15º – Valores limite das necessidades nominais de energia útil (RCCTE) [2]:

- Valor limite das necessidades nominais anuais de energia útil para o aquecimento;
- Valor limite das necessidades nominais anuais de energia útil para o arrefecimento;

- Valor limite das necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias;
- Valor limite das necessidades globais de energia primária.

No âmbito da certificação de fracções autónomas de edifícios existentes abrangidos pela Nota Técnica [3], nomeadamente na aplicação da metodologia de cálculo estabelecida pelo RCCTE [2], para a quantificação dos índices e parâmetros acima indicados, os peritos qualificados devem recorrer sempre à melhor informação ao seu dispor, ou seja, aquela que melhor reflecta a realidade construída e os equipamentos e sistemas instalados. Tal informação deverá então estar devidamente suportada por evidências recolhidas e verificadas pelo mesmo, como por exemplo, peças escritas e desenhadas do projecto, catálogos de equipamentos e soluções instaladas, relatórios fotográficos de visita ao local, entre outras.

No entanto, na ausência de melhor informação para determinado índice ou parâmetro necessário ao cálculo, o perito poderá recorrer a valores constantes de elementos ou fontes de referência, devidamente reconhecidos pelo SCE e divulgados pela ADENE no seu sítio de Internet [13]. De entre as fontes disponíveis para este efeito, caberá ao perito decidir, para cada caso e para cada índice ou parâmetro, qual a fonte a utilizar, dando sempre preferência à que considere melhor traduzir a realidade existente.

Em última instância e nas situações em que não seja possível aplicar o previsto nos dois pontos anteriores, o perito pode, para efeitos de certificação de fracções autónomas de edifícios e de edifícios existentes abrangidos pela Nota Técnica [3], aplicar as regras de simplificação nela apresentadas.

Os peritos deverão reunir toda a documentação necessária para a correcta avaliação das características da fracção autónoma a certificar, assumindo toda a responsabilidade pela utilização da mesma. A sua autenticidade e actualidade deverão ser sempre verificadas através de uma vistoria ao local em causa.

2.2.3. SIMPLIFICAÇÕES DE CÁLCULO

Relativamente às simplificações e alterações induzidas pela Nota Técnica [3] e recorrendo-se quando necessário aos anexos desta, estas simplificações poderão ser aplicadas aos seguintes níveis:

- Efectuar o levantamento dimensional no âmbito do cálculo das necessidades nominais de energia útil de aquecimento (N_{ic}) e de arrefecimento (N_{vc});
- Definir os valores do coeficiente de perdas (t) de espaços não aquecidos no âmbito do cálculo das necessidades nominais de energia útil de aquecimento (N_{ic}) e de arrefecimento (N_{vc});
- Definir os coeficientes de perdas térmicas lineares (ψ) e corrigir o coeficiente de transmissão térmica da envolvente (U), quando necessário, no âmbito do cálculo das necessidades nominais de energia útil de aquecimento (N_{ic}) e de arrefecimento (N_{vc});
- Corrigir os coeficientes de transmissão térmica superficial (U), no caso de fracções autónomas de edifícios abrangidos pela Nota Técnica que tenham sido alvo de reabilitação, nomeadamente através do reforço do isolamento térmico dos elementos da envolvente;
- Determinar o número de renovações horárias do ar interior (R_{ph}) por ventilação mecânica na fracção autónoma a certificar no âmbito do cálculo das necessidades nominais de energia útil de aquecimento (N_{ic}) e de arrefecimento (N_{vc});
- Definir os valores de potências eléctricas de todos os ventiladores instalados (P_v) presentes na fracção autónoma a certificar no âmbito do cálculo das necessidades nominais de energia útil de aquecimento (N_{ic}) e de arrefecimento (N_{vc});

- Definir os valores do factor solar do envidraçado ($g_{\perp v}$) da fracção autónoma a certificar, nos casos em que não seja possível determinar o tipo de vidro e/ou espessuras reais dos vidros observados, poderão os PQ considerar no âmbito desta Nota Técnica, vidro simples ou duplo corrente, conforme a situação;
- Definir os valores do produto $F_s.F_g.F_w$ dos vãos envidraçados da fracção autónoma a certificar.
- Determinar a classe de inércia térmica da fracção autónoma a certificar no caso de falta de mais informação;
- Observar no edifício ou fracção autónoma existente a certificar a contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de águas quentes sanitárias (E_{solar}), as seguintes regras:
 - No caso de colectores solares térmicos não certificados, instalados até à data de entrada em vigor do Decreto-Lei nº80/2006, a sua contribuição deverá ser calculada segundo a metodologia apresentada em anexo na Nota Técnica;
 - No caso de colectores solar térmicos instalados após a entrada em vigor do Decreto-Lei nº80/2006, e que não cumpram cumulativamente as condições previstas no ponto 4º do Anexo VI do Decreto-Lei nº80/2006, a sua contribuição não poderá ser contabilizada;
 - No caso de colectores solares térmicos certificados, a sua contribuição deverá ser sempre calculada com recurso ao programa *Solterm* do INETI, versão 5.0 ou superior;
- Determinar os valores de eficiências dos sistemas de aquecimento, de arrefecimento e de produção de águas quentes sanitárias no âmbito do cálculo das necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e das necessidades nominais globais de energia primária (N_{tc}). Para estes casos, o perito terá de verificar, sempre que existam sistemas de climatização ou de produção de águas quentes sanitárias, que estes se encontram em normal funcionamento e que o seu carácter não é provisório. Pois se estas condições não se verificarem, ou existam dúvidas relativamente às mesmas, tais sistemas não poderão ser considerados [3].

Também se pode referir que, tratando-se de uma certificação de edifícios existentes, para efeitos do cálculo da classe energética, as necessidades nominais de energia útil de aquecimento (N_{ic}), de arrefecimento (N_{vc}) e para a preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}), bem como as necessidades nominais globais de energia primária (N_{tc}) de cada fracção autónoma de um edifício existente, poderão exceder os respectivos valores máximos admissíveis. No entanto estes servirão de referência para poder estabelecer conclusões sobre a eficiência desses edifícios.

2.2.4. MELHORIAS NO DESEMPENHO ENERGÉTICO

Esta Nota Técnica propõe também que durante todo o processo de certificação, com base na metodologia apresentada nesse documento, os peritos qualificados deverão ter em particular atenção a identificação e caracterização de possíveis oportunidades de melhoria de desempenho energético do edifício ou fracção registando as mesmas o respectivo certificado energético a emitir. O perito deverá também, na sequência do processo de certificação de qualquer fracção ou edifício, elaborar um relatório síntese do trabalho desenvolvido, o qual deve ser sempre acompanhado das evidências que suportem a análise efectuada. Quando solicitado pela entidade fiscalizadora, o perito deverá fornecer esse relatório, bem como todas as informações que justifiquem as opções tomadas no âmbito da Nota Técnica [3].

2.2.5. VANTAGENS APORTADAS PELA CERTIFICAÇÃO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

A emissão de um certificado energético no momento de venda, locação ou arrendamento, (Artigo 3º, ponto 1, alínea c), do Decreto-Lei 78/2006 de 4 de Abril) proporcionada pela certificação térmica de edifícios existentes, torna a eficiência energética muito mais clara alertando os potenciais utilizadores para:

- A eficiência energética da habitação, dando-lhes a conhecer os gastos inerentes à utilização dos equipamentos providos por esta, o que de uma forma geral, se repercute no gasto financeiro proporcionado pela habitação para satisfazer as necessidades de conforto.
- Esta certificação é uma ferramenta suplementar que permite estabelecer termos comparativos com outras habitações para a pessoa interessada em comprar, arrendar ou alugar uma fracção.
- Promover a reabilitação energética. Pois uma obra de reabilitação que impacte directamente na eficiência térmica de uma habitação poderá se tornar um método que apele à poupança de energia de habitações. Pois torna-se possível, através deste método, propor intervenções energéticas e delinear estratégias que permitam aumentar a eficiência energética global da habitação, levando a uma diminuição dos gastos de energia necessária e uma recuperação progressiva do capital investido nessa intervenção.

2.3. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

2.3.1. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

No âmbito das suas actividades, os peritos qualificados podem emitir dois tipos de documentos comprovativos da situação regulamentar e do desempenho energético de um edifício ou fracção autónoma. Nomeadamente, a Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR), após verificação do projecto do edifício ou fracção autónoma e que deverá ser integrada no processo de pedido de licenciamento ou de autorização de construção ou o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (CE) (Fig. 2.2), após verificação da obra concluída, e que será utilizado no processo de pedido de autorização para utilização.



Fig. 2.2: Exemplo de um certificado energético [13]

A certificação energética permite, aos utentes, comprovar a correcta aplicação da regulamentação térmica e da qualidade do ar interior em vigor para o edifício e para os seus sistemas energéticos, bem como obter informação sobre o desempenho energético em condições nominais de utilização, no caso dos novos edifícios ou, no caso de edifícios existentes, em condições reais ou aferidos para padrões estatísticos de utilização.

O certificado é emitido por um perito qualificado no âmbito do SCE e contém diversas informações tais como, a identificação do imóvel e do perito, a etiqueta de desempenho energético, a validade do certificado, descrição sucinta do imóvel, descrição das soluções adoptadas, valores de referência regulamentares (para que os consumidores possam comparar e avaliar credivelmente o desempenho energético do edifício aquando da compra ou aluguer), resumo de eventuais medidas de melhoria propostas, entre outros campos que são específicos do edifício considerado.

2.3.2. CLASSES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior emitido por um perito qualificado para cada edifício ou fracção autónoma, é a face visível da aplicação dos regulamentos energéticos. O certificado inclui a classificação do imóvel em termos do seu desempenho energético, determinada com base em pressupostos nominais (condições típicas ou convencionadas de funcionamento).

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 [13].

Nos edifícios novos (com pedido de licença de construção após entrada em vigor do SCE), as classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B-. Pois estes são valores impostos pela regulamentação. No entanto, os edifícios existentes podem ter qualquer classe (Fig. 2.3).

As metodologias de cálculo utilizadas na determinação da classe energética de um edifício dependem da sua tipologia.

A Classificação Energética de edifícios de habitação (com e sem sistemas de climatização) e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização inferior a 25 kW de potência instalada, é calculada a partir da expressão 2.1.

$$R = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (2.1)$$

Em que:

- N_{tc} – Representa as necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes;
- N_t – O valor limite das necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes.

Na Figura 2.3 apresenta-se a escala utilizada na classificação energética deste tipo de edifícios.

O diagrama mostra uma escala vertical à esquerda com duas setas: uma verde apontando para cima rotulada 'Edifício novos' e uma amarela apontando para baixo rotulada 'Edifícios existentes'. À direita, uma tabela define as classes energéticas com base no valor de R = Ntc/Nt.

Classe energética	R = Ntc/Nt
A+	R ≤ 0,25
A	0,25 < R ≤ 0,50
B	0,50 < R ≤ 0,75
B-	0,75 < R ≤ 1,00
C	1,00 < R ≤ 1,50
D	1,50 < R ≤ 2,00
E	2,00 < R ≤ 2,50
F	2,50 < R ≤ 3,00
G	3,00 < R

Fig. 2.3: Definição das classes energéticas segundo os valores máximo e efectivo as necessidades nominais de energia primária [13]

3

METODOLOGIA E CONCEITOS

As metodologias de cálculo não especificadas neste capítulo apoiaram-se na Nota Técnica fornecida pela ADENE [3] para a certificação de edifícios existentes no âmbito do RCCTE [2]. É importante no entanto delinear já à partida que algumas das metodologias explicitadas neste capítulo são sujeitas a simplificações, mas servem de referência de cálculo para se conseguir interpretar da melhor forma os resultados obtidos.

Existem também algumas simplificações impostas por essa mesma Nota Técnica [3] que não serão referenciadas neste capítulo por não intervirem de forma directa sobre os casos de estudo mais à frente propostos e conseqüentemente não implicar nenhum tipo de cálculo.

3.1. DEFINIÇÃO DE "FRACÇÃO AUTÓNOMA" PARA O EFEITO DO RCCTE

Para efeitos do RCCTE [2], entende-se por fracção autónoma cada uma das partes de um edifício dotadas de contador individual de consumo de energia, separada do resto do edifício por uma barreira física contínua, e cujo direito de propriedade ou fruição seja transmissível autonomamente.

As exigências do RCCTE [2] aplicam-se apenas aos espaços para os quais se requerem normalmente condições interiores de conforto, designados como “espaços úteis”. Os espaços aos quais não se aplicam estas condições consideram-se espaços “não úteis” e não podem ser incluídos no cálculo dos valores de N_{ic} , N_{vc} , N_{ac} e N_{tc} .

3.2. LEVANTAMENTO DIMENSIONAL

Segundo a Nota Técnica fornecida pela ADENE [3], as simplificações aplicadas aquando do levantamento dimensional estão apresentadas no Quadro 3.1.

Quadro 3.1: Regras de simplificação aplicáveis ao levantamento dimensional [3]

Parâmetros	Regras de simplificação
Área útil de pavimento	- Ignorar áreas de pavimento associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m.
	- Ignorar áreas de pavimento associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m.
	- Se a medição da área de pavimento for efectuada contabilizando a área de contacto das paredes divisórias com os pavimentos, deve-se diminuir o valor da área total em 10%
Pé direito médio	- Em caso de pé direito variável deverá ser adoptado um valor médio aproximado, estimado em função das áreas de pavimento associadas
Área da parede da envolvente exterior	- Contabilizar, na sua totalidade, as paredes em contacto com o solo, considerando para efeitos de cálculo o coeficiente de transmissão térmica da parede da envolvente exterior adjacente. Nesta situação, deverá assumir-se que a respectiva perda linear é nula.
Área da cobertura (interior e exterior)	- Ignorar áreas de cobertura associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m.
	- Ignorar áreas de cobertura associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m.
	- Se se tratar de uma cobertura inclinada (inclinação superior a 10°) a medição pode ser efectuada na horizontal. Neste caso deve-se agravar o valor da área em 25%
Área de pavimento (interior e exterior)	- Ignorar áreas de pavimento associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m.
	- Ignorar áreas de pavimento associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m.
Área de portas exteriores	- Ignorar áreas de portas exteriores cuja área envidraçada seja inferior a 25%
	- Estas áreas consideram-se incluídas na restante envolvente vertical exterior

3.3. DADOS CLIMÁTICOS

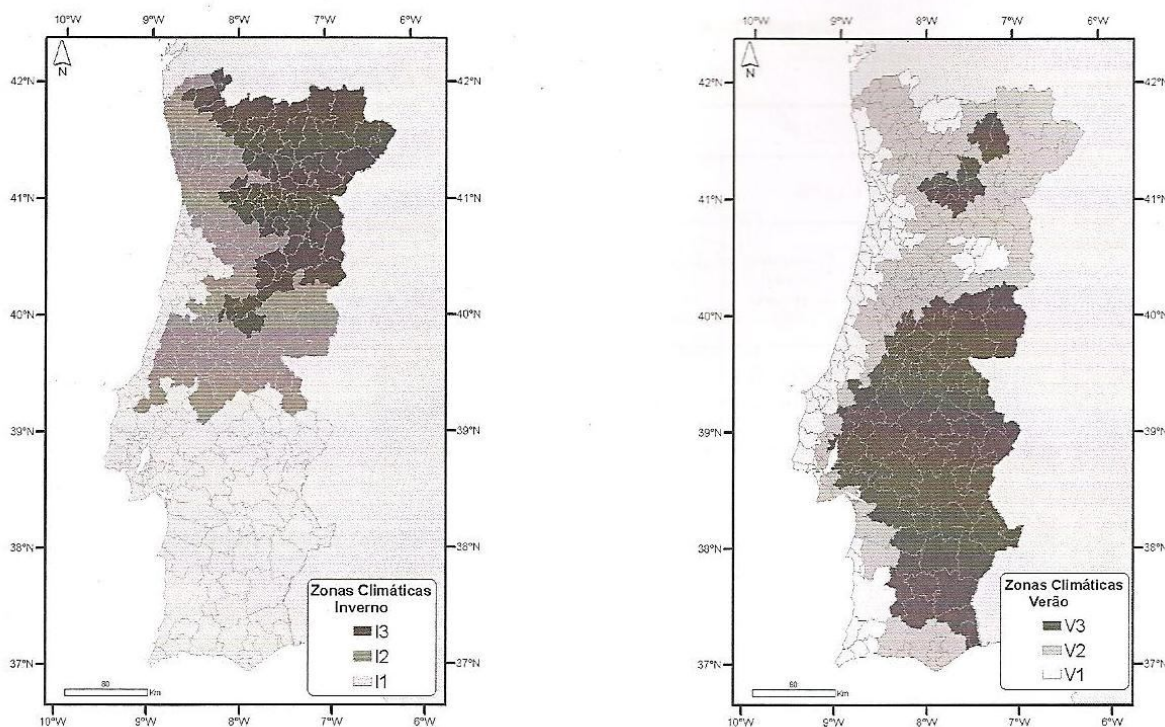


Fig. 3.1: Zonas climáticas de Inverno (esquerda) e de verão (direita) [2]

Para efeitos do RCCTE [2], o país é dividido em três zonas climáticas de Inverno (I_1 , I_2 e I_3) e três zonas climáticas de Verão (V_1 , V_2 e V_3) (Fig. 3.1). Os graus-dias de aquecimento caracterizam a severidade de um clima durante a estação de aquecimento. Este valor é obtido pelo somatório das diferenças positivas registadas entre uma dada temperatura de base (20°C) e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento. As diferenças são calculadas com base nos valores horários da temperatura do ar (termómetro seco).

Os parâmetros que classificam os dados climáticos são então [2]:

- Número de graus-dias (na base de 20°C);
- Duração da estação de aquecimento;
- Temperatura exterior de projecto do Verão;
- Amplitude térmica média diária do mês mais quente.

3.4. QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS

3.4.1. COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA – U

O coeficiente de transmissão térmica superficial, em zona corrente, de um elemento da envolvente (U), 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. O RCCTE [2] preconiza valores máximos e de referência para os coeficientes U da envolvente dos edifícios, em função da zona climática em que se situam. Porém, estes valores limites não serão

aplicados pois não se trata da verificação térmica de um edifício a licenciar mas de um edifício já existente. Poderão no entanto ser ponto de referência para uma avaliação posterior.

Estes coeficientes podem ser obtidos através das expressões 3.1 e 3.2 [2].

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad [W/m^2 \cdot ^\circ C] \quad (3.1)$$

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \quad [(m^2 \cdot ^\circ C)/W] \quad (3.2)$$

Onde:

- U – Coeficiente de transmissão térmica um elemento construtivo;
- R_j – Resistência térmica da camada j ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);
- R_{si} e R_{se} – Resistências térmicas superficiais interior e exterior, respectivamente ($m^2 \cdot ^\circ C/W$).
- e – Espessura do elemento (m);
- λ_i - Condutibilidade térmica de um material.

Nota: No caso de existirem elementos que tenham sido objecto de reforço de isolamento térmico após a construção do edifício, a obtenção do novo valor de transmissão térmica (U_D) é efectuada através da expressão 3.3 [3].

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{U_0} + \frac{d_D}{\lambda}} \quad [W/m^2 \cdot ^\circ C] \quad (3.3)$$

Onde:

- U_D – Coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo após o reforço de isolamento térmico ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
- U_0 – Coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo antes do reforço de isolamento térmico posterior ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).
- d_D - Espessura do isolamento térmico adicional;
- λ - Coeficiente de condutibilidade térmica.

Nota: como método alternativo, existe a possibilidade de recorrer a uma tabela que segundo o coeficiente de transmissão térmica do elemento antes do reforço e a espessura desse reforço, fornece um valor aproximado do novo coeficiente de transmissão térmica do elemento [3]. Essa simplificação apoia-se também numa solução simplificativa, não tendo recurso a dados mais específicos, de que o valor de condutibilidade térmica do isolamento seja $0,04 W/(m \cdot ^\circ C)$.

3.4.2. FACTOR SOLAR

Para a determinação do factor solar de um vão envidraçado, que representa o rácio entre a quantidade de energia incidente nesse vão e a energia realmente transmitida para o interior, recorreu-se às definições fornecidas na Nota Técnica [3] que define simplificadamente os valores dos factores de sombreamento (Quadros 3.2 e 3.3).

Quadro 3.2: Valores do produto $F_s.F_g.F_w$ para o cálculo das necessidades de aquecimento [3]

Parâmetro	Regras de simplificações	Regras de Aplicação
Produto $F_s.F_g.F_w$	Sem sombreamento $F_s.F_g.F_w = 0,57$ $F_s=0,90; F_g=0,70; F_w=0,90$	Envidraçado a Norte; Envidraçados nas restantes direcções, sem obstruções do horizonte e sem palas.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s.F_g.F_w = 0,28$ $F_s=0,45; F_g=0,70; F_w=0,90$	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 $F_s.F_g.F_w = 0,17$ $F_s=0,27; F_g=0,70; F_w=0,90$	Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.

Quadro 3.3: Valores do produto $F_s.F_g.F_w$ para o cálculo das necessidades de arrefecimento [3]

Parâmetro	Regras de simplificações	Regras de Aplicação
Produto $F_s.F_g.F_w$	Sem sombreamento $F_s.F_g.F_w = 0,57$	Envidraçado a Norte; Envidraçados nas restantes direcções, sem obstruções do horizonte e sem palas.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s.F_g.F_w = 0,50$	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 $F_s.F_g.F_w = 0,45$	Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.

No entanto, para o cálculo dos restantes valores necessários ao cálculo do factor solar, é conveniente ter em atenção a seguinte metodologia de cálculo destes factores em que, para a estação de aquecimento, o valor do factor solar foi obtido através da expressão 3.4, que considera esses cortinados a actuarem a 100%, sem protecções exteriores.

$$g_{\perp\text{inverno}} = \frac{g_{\perp v} * g_{\perp '}}{0,85} \quad (3.4)$$

Em que:

- $g_{\perp v}$ - Factor solar vidro;
- $g_{\perp '}$ – Factor solar do cortinado.

Nota: O factor 0,85 que se encontra em denominador é referente ao caso de vidro simples. Na ocorrência de um estudo de um vidro duplo, este coeficiente passa a ser igual a 0,75.

Por outro lado, na estação de arrefecimento, este é obtido tendo em conta a utilização a 70% da protecção exterior como indicado na expressão 3.5.

$$g_{\perp\text{verão}} = g_{\perp v} * 0,30 + g_{\perp '}*0,70 \quad (3.5)$$

Em que:

- $g_{\perp v}$ - Factor solar vidro;
- $g_{\perp '}$ – Factor solar da protecção.

3.4.3. INÉRCIA TÉRMICA

A inércia térmica interior de uma fracção autónoma é função da capacidade de armazenamento de calor que os locais apresentam e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos da construção. No entanto, para a determinação da inércia das moradias em estudo seguiu-se o indicado na Nota Técnica [3], que consiste numa simplificação baseada nas soluções construtivas apresentadas pela habitação em estudo (Quadros 3.4 e 3.5).

Quadro 3.4: Características a verificar cumulativamente numa fracção autónoma para possuir uma inércia forte [3]

Inércia Térmica Forte
Pavimento e tecto de betão armado ou Pré esforçado
Revestimento do 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 revestimento de estuque ou reboco
Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores em estuque ou reboco
Paredes da envolvente interior em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco

Quadro 3.5: Características a verificar cumulativamente numa fracção autónoma para possuir uma inércia forte [3]

Inércia Térmica Fraca
Tecto Falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura)
Revestimento do piso flutuante ou de madeira
Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação

Em caso de dúvida, nalguma situação sobre o tipo de solução construtiva existente, ter-se-á de escolher a situação de inércia mais prejudicial para a habitação.

3.5. GANHOS E PERDAS TÉRMICOS

As expressões indicadas de seguida permitem determinar quais os valores dos ganhos e das perdas térmicos referentes em primeiro lugar à estação de aquecimento e depois à de arrefecimento. Como já anteriormente referido, as equações apresentadas nesta secção do capítulo são uma referência aos métodos de cálculo que se aplicam para a determinação das perdas e dos ganhos que ocorrem pelos elementos da envolvente de uma habitação. No entanto, alguns desses valores estão sujeitos a simplificações introduzidas pela Nota Técnica [3] que é necessário ter em conta (Quadros 3.6 e 3.7).

Quadro 3.6: Regra de simplificação relativa ao coeficiente de redução de perdas (τ) [3]

Parâmetros	Regra de simplificação
Coeficiente de redução de perdas, τ	Atribuir um valor convencional de 0,75 a todos os espaços não aquecidos

Quadro 3.7: Regras de simplificação aplicáveis às pontes térmicas e aos elementos em contacto com o solo [3]

Parâmetros	Regras de simplificação
Ponte térmica plana	- Ignorar a determinação das áreas das pontes térmicas planas - Caso a solução construtiva não garanta a ausência de pontes térmicas planas (isolamento térmico contínuo pelo exterior, paredes exteriores em alvenaria de pedra, ...), deverá majorar-se o valor de U da zona corrente em 35%.
Paredes em contacto com o solo	- Caso tenha sido contabilizada, na sua totalidade, a área de parede de envolvente exterior, considerar $\psi = 0\text{W/m}^{\circ}\text{C}$
Pavimentos em contacto com o solo	- Se a cota do pavimento for inferior à do terreno exterior, considerar $\psi = 1,5\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. Caso contrário utilizar $\psi = 2,5\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$
Pontes térmicas lineares	- Considerar apenas o desenvolvimento total das ligações de fachadas com pavimentos, cobertura ou varanda e utilizar um valor convencional de $\psi = 0,75\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ (desprezar as ligações de fachada com caixa de estore, padieira, ombreira ou peitoril e as ligações entre duas paredes verticais).

3.5.1. ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

3.5.1.1. Perdas pela envolvente exterior (Q_{ext}) e envolvente interior (Q_{ina})

$$Q_{ext} = 0.024 \cdot \sum_j (U_j \cdot A_j) \cdot GD \quad [kWh] \quad (3.6)$$

$$Q_{ina} = 0.024 \cdot \sum_j (U_j \cdot A_j) \cdot GD \cdot \tau \quad [kWh] \quad (3.7)$$

Onde:

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

3.5.1.2. Perdas pela envolvente em contacto com o solo (Q_{pe}) e pontes térmicas lineares (Q_{pt})

$$Q_{pe} = 0.024 \cdot \sum_j (\varphi_j \cdot B_j) \cdot GD \quad [\text{kWh}] \quad (3.8)$$

$$Q_{pt} = 0.024 \cdot \sum_j (\varphi_j \cdot B_j) \cdot GD \quad [\text{kWh}] \quad (3.9)$$

Onde:

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

3.5.1.3. Perdas pela renovação do ar (Q_v)

$$Q_v = 0.024 \cdot (0.34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d) \cdot GD \times (1 - \eta_v) \quad [\text{kWh}] \quad (3.10)$$

Em caso de existência de ventiladores mecânicos, deverá ser considerada a seguinte parcela:

$$E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0.03 \cdot M \quad [\text{kWh}] \quad (3.11)$$

Onde:

- R_{ph} – N^o de renovações horárias do ar interior (h^{-1});
- A_p - Área útil de pavimento (m^2);
- P_d – Pé direito (m);
- GD - Número de graus-dias da localidade em que o edifício se situa ($^\circ\text{C} \cdot \text{dias}$);

- η_v - Rendimento do eventual sistema de recuperação de calor (este é igual a 0 caso não haja recuperador);
- 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);

Nota: Os cálculos a efectuar na determinação do número de renovações horárias (R_{ph}) por ventilação mecânica ou para a determinação de um valor de potência eléctrica de um ventilador (P_v) estão especificados na Nota Técnica da ADENE [3].

3.5.1.4. Ganhos solares brutos (Q_s)

$$Q_s = G_{sul} \cdot \sum_j (X_j \cdot A_{snj}) \cdot M \quad [kWh] \quad (3.12)$$

Onde:

- G_{sul} – Energia solar média mensal incidente (kWh/m².mês);
- X_j – Factor de orientação para as diversas exposições j;
- A_{snj} – Área efectiva do vão n segundo a orientação j (m²);
- M – Duração convencional da estação de aquecimento (meses);

$$A_{snj} = A \cdot F_h \cdot F_0 \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp} \quad [m^2] \quad (3.13)$$

- A - Área total da janela (vidro mais caixilho) (m²);
- F_h – Pelo horizonte;
- 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;
- g_{\perp} - Factor solar do conjunto vidro e protecção.

Nota: Esta equação serve como referência de cálculo, pois com a introdução da Nota Técnica [3], e tratando-se de edifícios existentes, os valores referentes aos factores F_h , F_0 e F_f serão substituídos directamente por um valor de F_s predefinido, que representa o produto destes três. Este factor depende do grau de sombreamento da habitação já especificado anteriormente neste capítulo (Sub capítulo 3.4.2.).

3.5.1.5. Ganhos térmicos internos (Q_i)

$$Q_i = 2.928 \cdot q_i \cdot A_p \quad [kWh] \quad (3.14)$$

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).

3.5.2. ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

3.5.2.1. Ganhos através da envolvente (Q_1)

$$Q_1 = 2.928 \cdot \sum_j U_j \cdot A_j \cdot (\theta_{atm} - \theta_i) + \sum_j U_j \cdot A_j \cdot \left(\frac{\alpha_j \cdot I_{rj}}{h_e} \right) \quad [kWh] \quad (3.15)$$

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 ($^\circ C$);

3.5.2.2. Ganhos através dos vãos envidraçados (Q_2)

$$Q_2 = \sum_j \left[I_{rj} \cdot \sum_n A_{snj} \right] \quad [kWh] \quad (3.16)$$

Onde:

- I_{rj} – Energia solar incidente por orientação j ($kWh/m^2 \cdot m\acute{e}s$);
- A_{snj} - Área efectiva do vão n segundo a orientação j (m^2);

$$A_{snj} = A \cdot F_h \cdot F_0 \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp} \quad [m^2] \quad (3.17)$$

- A - Área total da janela (vidro mais caixilho) (m^2);
- F_h - Pelo horizonte;
- 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;
- g_{\perp} - Factor solar do conjunto vidro e protecção.

3.5.2.3. Ganhos resultantes da renovação do ar (Q_3)

$$Q_3 = 2.928 \cdot (0.34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d) \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) + P_v \cdot 24 \cdot 0.03 \cdot M \quad [kWh] \quad (3.18)$$

Onde:

- R_{ph} - N° de renovações horárias do ar interior (h^{-1});
- A_p - Área útil de pavimento (m^2);
- P_d - Pé direito (m);
- θ_i - Temperatura interior de referência de verão – 25°C;
- θ_{atm} - Temperatura média do ar exterior (°C);
- P_v - Somatório das potências eléctricas dos ventiladores instalados (W);
- M - Duração convencional da estação de aquecimento (4 meses).

Nota: Dado que a temperatura média exterior durante toda a estação de arrefecimento é sempre inferior à temperatura interior de referência, a ventilação é, em média, uma perda. A última parcela da equação só será tida em conta se houver meios mecânicos de insuflação ou extracção de ar.

3.5.2.4. Ganhos térmicos internos (Q_4)

$$Q_4 = 2.928 \cdot q_i \cdot A_p \quad [kWh] \quad (3.19)$$

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).

3.6. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA

3.6.1. REQUISITOS ENERGÉTICOS – EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES

A quantidade de energia utilizada por um edifício para as necessidades de aquecimento, arrefecimento e aquecimento de águas sanitárias está na base da sua classificação energética.

Segundo o RCCTE [2], e para que a fracção autónoma o cumpra, esta não pode, como resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta o aproveitamento dos ganhos solares e internos e de outras formas de energias renováveis, exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_i), arrefecimento (N_v), aquecimento de águas sanitárias (N_a) ou necessidades nominais de energia primária (N_t).

Da mesma forma, e para comparação com os valores anteriormente referidos, torna-se necessário determinar quais os valores de energia efectivamente necessários para que o edifício possua os requisitos de conforto desejado. Referem-se então as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}), arrefecimento (N_{vc}), para o aquecimento de águas sanitárias (N_{ac}) e as necessidades nominais de energia primária (N_{tc}).

É de notar que estes valores não representam valores perfeitamente fiéis à realidade mas permite no entanto, usando padrões pré-definidos, estabelecer uma estimativa de consumo energético da habitação, podendo assim tornar-se alvo de comparação com outras habitações

Será no entanto de ter em atenção que para este trabalho não se impõe limitação aplicável aos edifícios dos valores das necessidades nominais de energia útil pois os casos em estudo remetem para edifícios existentes, não se tratando de edifícios a licenciar.

3.6.2. NECESSIDADES DE AQUECIMENTO (N_{ic} E N_i)

O valor de energia útil necessária para estabelecer as exigências de conforto na estação de aquecimento (N_{ic}) é definido pela seguinte expressão:

$$N_{ic} = \frac{(Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} + Q_v - \eta \cdot (Q_s + Q_i))}{A_p} \quad [kWh/m^2 \cdot ano] \quad (3.20)$$

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).

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 obtidos através das seguintes expressões:

$$\text{Para } FF \leq 0.5, N_i = 4.5 + 0.0395 \cdot GD \quad [kWh/m^2 \cdot ano] \quad (3.21)$$

$$\text{Para } 0.5 < FF \leq 1, N_i = 4.5 + (0.021 + 0.037 \cdot FF) \cdot GD \quad [kWh/m^2 \cdot ano] \quad (3.22)$$

$$\text{Para } 1 < FF \leq 1.5, N_i = [4.5 + (0.021 + 0.037 \cdot FF) \cdot GD] \cdot (1.2 - 0.2 \cdot FF) \quad [kWh/m^2 \cdot ano] \quad (3.23)$$

$$\text{Para } FF \geq 1.5, N_i = 4.5 + 0.06885 \cdot GD \quad [kWh/m^2 \cdot ano] \quad (3.24)$$

3.6.3. NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO (N_{vc} E N_v) NECESSIDADES GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_{TC} E N_T)

O valor de energia útil necessária para estabelecer as exigências de conforto na estação de arrefecimento (N_{vc}) é definido pela seguinte expressão:

$$N_{vc} = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \cdot (1 - \eta)}{A_p} \quad [kWh/m^2 \cdot ano] \quad (3.25)$$

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 (m²);

Os valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v) de uma fracção autónoma dependem da zona climática do local, sendo os indicados no Quadro 3.8.

Quadro 3.8: Valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento [2]

	Zona	N_v (kWh/m ² .ano)
V1	Norte	16
	Sul	22
V2	Norte	18
	Sul	32
V3	Norte	26
	Sul	32
	Açores	21
	Madeira	23

3.6.4. NECESSIDADES DE ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DAS ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (N_{ac} E N_a)

O valor de energia útil necessária para a preparação de águas sanitárias (N_{ac}) é definido pela expressão 3.25.

$$N_{ac} = \frac{\left(\frac{M_{AQS}}{\eta_d} - E_{solar} - E_{ren} \right)}{A_p} \quad [kWh/m^2.ano] \quad (3.26)$$

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.
- E_{solar} - Contribuição de sistemas de colectores solares para ao aquecimento das AQS
- E_{ren} - Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para a preparação das AQS.

Nota: o método de cálculo da contribuição de sistemas de colectores solares para a produção de águas quentes encontra-se especificado na Nota Técnica da ADENE [3] sob uma forma simplificada. No entanto, esta simplificação não poderá ser usada nos casos em que existam colectores térmicos certificados. Pois nesses casos essa contribuição terá de ser calculada através do programa SolTerm do INETI, versão 5.0 ou superior.

O valor limite das necessidades de energia para preparação das AQS (N_a) é definido pela expressão 3.26.

$$N_a = \frac{0.081 \cdot M_{AQS} \cdot \eta_d}{A_p} \quad [kWh/m^2 \cdot ano] \quad (3.27)$$

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.

3.6.5. NECESSIDADES GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_{TC} E N_T)

Uma fracção autónoma é caracterizada pelo indicador necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (N_{ic}), definido pela expressão abaixo indicada, 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 relativamente aos padrões admitidos no cálculo de N_{ic} e de N_{vc} , na base dos dados estatísticos mais recentes:

$$N_{tc} = 0.1 \cdot \left(\frac{N_{ic}}{\eta_i} \right) \cdot F_{pui} + 0.1 \cdot \left(\frac{N_{vc}}{\eta_v} \right) \cdot F_{puv} + N_{ac} \cdot F_{pua} \quad [kgep/m^2 \cdot ano] \quad (3.28)$$

O valor limite de necessidades globais de energia primária é definido pela seguinte expressão:

$$N_t = 0.9 \cdot (0.01 \cdot N_i + 0.01 \cdot N_v + 0.15 \cdot N_a) \quad [kgep/m^2 \cdot ano] \quad (3.29)$$

Em que:

- N_{tc} - Necessidades nominais de energia primária;
- N_{ic} – Necessidades nominais de energia para a estação de aquecimento;
- N_{vc} – Necessidades nominais de energia para a estação de arrefecimento;
- N_{ac} – Necessidades nominais de energia para a preparação das águas quentes sanitárias;
- F_{pui} – Factor de conversão de energia útil para energia primária para as necessidades de aquecimento;
- F_{puv} – Factor de conversão de energia útil para energia primária para as necessidades de arrefecimento;
- F_{pua} – Factor de conversão de energia útil para energia primária para preparação de águas quentes sanitárias;
- η_i – Eficiência nominal do equipamento usado no sistema de aquecimento;
- η_v – Eficiência nominal do equipamento usado no sistema de arrefecimento.

4

CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS NECESSÁRIOS À CERTIFICAÇÃO TÉRMICA DAS HABITAÇÕES EM ESTUDO

4.1. A ESCOLHA DAS MORADIAS

Numa fase inicial deste capítulo, expõe-se uma apresentação muito sucinta e superficial das moradias que irão constituir os casos de estudo. Mais à frente proceder-se-á então à análise pormenorizada de cada uma delas expondo as suas características.

A escolha dos casos de estudo virou-se para análise de três moradias, devido à maior exposição exterior que não se verificaria em pisos (apartamentos), em que existe uma interacção entre os vários fogos que condiciona as possibilidades de ganhos e perdas térmicas. Esta escolha também foi feita no sentido de poder posteriormente efectuar-se uma avaliação mais objectiva dos métodos de reabilitação passíveis de serem aplicados a um elemento da envolvente e de avaliar de que forma essa reabilitação pode melhorar de uma forma global o desempenho energético da totalidade da fracção.

No entanto, é já importante referir que as moradias que são aqui objectos de estudo não foram escolhidas seguindo uma tendência construtiva da época em que foram edificadas. Foram escolhidas baseando-se fundamentalmente no critério de terem soluções construtivas de coberturas suficientemente diferentes e em condições de envolventes diferentes. Essas diferenças tipológicas ao nível das coberturas vêm ampliar a panorâmica de possibilidades reabilitativas possíveis de serem aplicadas. Mas por outro lado, estas disparidades poderão revelar, por exemplo, qual o tipo de solução de cobertura em que mais se justifica uma reabilitação energética. O estudo de sensibilidade referente a esta análise será abordado mais à frente neste trabalho.

4.2. LOCALIZAÇÃO DAS MORADIAS – CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

As três moradias podem ser situadas no mapa como pertencentes concelho de Chaves no Norte do país (Fig. 4.1) sendo duas delas localizadas numa aldeia a norte da cidade (Vilarelho da Raia) e outra localizada na cidade de Chaves. Às três moradias em estudo atribuem-se então as mesmas informações relativas às condições climáticas (Quadros 4.1 e 4.2).

Quadro 4.1: Dados relativos à zona climática das habitações em estudo [2]

Concelho	Zona Climática de Inverno	Número de graus-dias (GD) (°C.dias)	Duração da estação de aquecimento (meses)	Zona climática de verão	Temperatura externa do projecto (°C)	Amplitude térmica
Chaves	I3	2560	7,3	V2	33	17

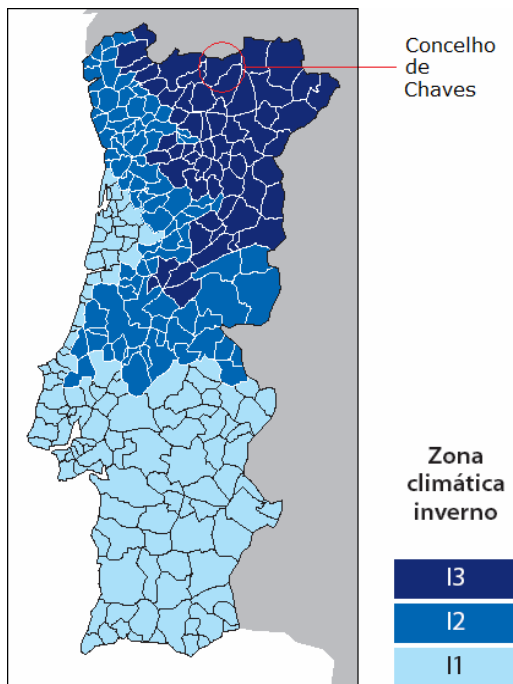


Fig. 4.1: Zonas Climáticas de Inverno [11]

Quadro 4.2: Intensidade da radiação solar para a estação de arrefecimento [2]

Zona climática	Intensidade da radiação solar – I _r								
	[kWh/m ²]								
V2 (norte)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horizontal
	200	300	420	430	380	430	420	300	730

4.3. EXPOSIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA HABITAÇÃO REFERENTE AO CASO 1

Este sub capítulo é referente à caracterização da habitação do caso 1, no entanto, as informações omissas poderão ser encontradas nos documentos anexos a este trabalho como pontualmente referenciado.

4.3.1. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO EDIFÍCIO

Esta habitação pode ser caracterizada como sendo uma moradia do tipo unifamiliar de um só piso cuja construção foi efectuada nos inícios da década de 1980 (Fig. 4.2 e 4.3). Possui um nível de construção bastante simples e corrente para a época em que foi edificada como se pode constatar no presente sub

capítulo. Relativamente à disposição interior da casa, esta é basicamente constituída por uma sala de estar, três quartos, dois quartos de banho, uma cozinha e uma varanda fechada (Anexos I – desenho 1.1).

Esta habitação sofreu duas alterações importantes de referir para o estudo que se pretende fazer a nível térmico. Em primeiro lugar, esta foi construída com uma varanda que seria supostamente aberta. Nos primeiros anos de existência da moradia isto ainda se verificou passando depois a ser uma varanda fechada. Esta modificação foi efectuada nos finais dos anos 80, sendo que a varanda e respectiva extensão construída na fachada orientada a oeste da moradia foram fechadas em toda a sua extensão através de grandes vão envidraçados com caixilharias de alumínio (Fig. 4.2). Também será importante referenciar que nos finais da década seguinte foi instalado um sistema de aquecimento central utilizado tanto para as necessidades de aquecimento tal como para as águas sanitárias. Mais à frente estas considerações voltarão a ser referenciadas, o que servirá de apoio para os cálculos da certificação térmica.



Fig. 4.2: Fachada principal da habitação referente ao caso 1



Fig. 4.3 a) e 4.3 b): a) Fachada este; b) Fachada posterior e fachada oeste

Informação geral:

- Número do Caso: 1;
- Localização: Vilarelho da Raia (Concelho de Chaves);
- Ano de construção: 1982;
- Número de ocupantes: 1;
- Número de ocupantes considerados para o estudo (nº quartos + 1): 4;
- Exposição da fachada principal: Sul;
- Zonas Climáticas: I3 (Inverno), V2 (Verão).

4.3.2. CARACTERÍSTICAS DA ENVOLVENTE – DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

4.3.2.1. Paredes da envolvente exterior

Segundo a memória descritiva original, as paredes da envolvente exterior deveriam ter uma espessura de 0,30 m rebocada em ambas faces e sendo a base de blocos de construção o tijolo. No entanto, apesar de as paredes estarem indicadas com esta espessura, não possuem qualquer tipo de especificação do tijolo usado em obra e a espessura da parede real não corresponde à de projecto sendo ligeiramente inferior. Desta forma, e não havendo qualquer tipo de informação complementar relativamente à solução construtiva da parede, adoptou-se uma solução de parede dupla com caixa-de-ar (11 + 5 + 7), pois esta é excessivamente espessa para poder ter uma solução de pano simples em tijolo (Quadro 4.3).

Quadro 4.3: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,13
Reboco tradicional	Quadro I.2	0,015	1,30	0,01
Tijolo 7	Quadro I.5	-	-	0,19
Caixa-de-ar	Quadro I.4	0,05	-	0,11
Tijolo 11	Quadro I.5	-	-	0,27
Reboco tradicional	Quadro I.2	0,015	1,30	0,01
Exterior	Quadro I.3	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]				1,31

4.3.2.2. Pavimentos

Relativamente às lajes de pavimento, tais foram construídas adoptando soluções de lajes aligeiradas com vigotas pré-esforçadas e blocos cerâmicos com duas fiadas de furos, altura aproximadamente de 15 cm e cuja base dos blocos foi considerada como tendo uma dimensão inferior a 30 cm [6].

No que diz respeito ao revestimento dos pavimentos dos quartos, este foi feito com alcatifa enquanto que, o revestimento do restante pavimento foi feito com ladrilhos cerâmico (Quadros 4.4 e 4.5).

Quadro 4.4: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento revestido com ladrilho (fluxo descendente) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,17
Revestimento com ladrilho	Quadro I.2	0,01	1,30	0,01
Regularização a base de cimento	Quadro I.2	0,020	1,30	0,015
Laje aligeirada	Quadro I.7	0,15	-	0,13
Interior (Não útil)	Quadro I.3	-	-	0,17
U [W/(m².°C)]				2,03

Quadro 4.5: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento revestido com alcatifa (fluxo descendente) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,17
Alcatifa	Quadro I.2	0,01	0,06	0,17
Regularização a base de cimento	Quadro I.2	0,020	1,30	0,015
Laje aligeirada	Quadro I.7	0,15	-	0,13
Interior (Não útil)	Quadro I.3	-	-	0,17
U [W/(m².°C)]				1,53

É de ter em conta que todo o pavimento da habitação está em contacto com uma zona não útil, tornando-se assim na totalidade pavimento interior. Este espaço não útil apresenta-se sob duas formas diferentes que são as seguintes:

- Existência de cave (local de armazenamento diverso e de armazenamento do sistema de climatização e de águas sanitárias) que possui uma extensão correspondente à distância entre a fachada sul da moradia e a parede divisória da cozinha com o quarto de banho 2 (Anexo I) em todo o comprimento da casa.
- Na restante área de pavimento da casa, esta possui uma caixa-de-ar que separa o pavimento do terreno (Fig. 4.4).



Fig. 4.4 : Zona não útil abaixo do pavimento da casa (Caixa-de-ar)

4.3.2.3. Cobertura

A cobertura é inclinada possuindo um desvão não útil fortemente ventilado. A esteira é constituída por uma laje aligeirada com vigotas pré esforçadas e blocos cerâmicos com duas fiadas de furos, altura aproximadamente de 15 cm e cuja base dos blocos foi considerada como tendo uma dimensão inferior a 30 cm [6]. Os revestimentos a laje foram considerados como sendo em gesso (Quadro 4.6).

Relativamente à restante estrutura da cobertura, esta é constituída por asnas triangulares de madeira sobre as quais estão assentes ripas de madeira que formam uma base de suporte para a telha lusa da cobertura inclinada, tendo pontualmente o reforço de pequenas estruturas de tijolo (Fig. 4.5 a) e b)).



Fig. 4.5 a) e 4.5 b): a) vista interior da cobertura a partir do desvão não útil; b) Vista exterior da cobertura

Quadro 4.6: Coeficiente de transmissão térmica da cobertura (fluxo ascendente) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,10
Gesso	Quadro I.2	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	Quadro I.7	0,15	-	0,13
Revestimento superior	Quadro I.2	0,015	0,57	0,03
Interior (Não útil)	Quadro I.3	-	-	0,10
U [W/(m².°C)]				2,61

4.3.2.4. Envidraçados

- Envidraçados exteriores

Os envidraçados são constituídos por vidros simples incolor com caixilharia em madeira sem corte térmico (Fig. 4.6). Não havendo indicações mais precisas sobre a espessura real dos envidraçados, esta foi tomada como sendo de 4 mm. Relativamente a protecções interiores, os vãos podem contar com cortinas transparentes, muito transparentes ou então em determinados casos com a inexistência destas (Anexo III).

No caso de não existir nenhum cortinado na parte interior do vão envidraçado será considerada a existência de uma cortina muito transparente no sentido de tornar a análise mais conservativa. Pois com a existência de cortinados pelo interior na estação de aquecimento, os ganhos solares pelos envidraçados irão diminuir, pois o factor solar vê-se directamente afectado pela existência destas. Pelo exterior, todos os envidraçados estão equipados com portadas metálicas de alumínio de cor escura.

Tendo em conta a informação referida e apoiando a análise no Quadro III.1 do ITE 50 [6], conclui-se, que o coeficiente de transmissão térmica é o indicado no Quadro 4.7, pois sendo as protecções exteriores portadas de alumínio com aberturas permanentes, esta é classificada como sendo de permeabilidade ao ar elevada.

Quadro 4.7: Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados exteriores [6]

Descrição	U [W/(m ² .°C)] ITE
Envidraçados constituídos por vidro simples com portadas exteriores de alumínio.	3,9

Nota: Os valores dos factores solares do vidro e das protecções solares considerados para análise foram retirados do RCCTE [2] (Tabela IV 4.1 e Quadro V.4, respectivamente).

Os factores solares dos elementos considerados (vidros e protecções) e dos envidraçados são os indicados nos Quadros 4.8 e 4.9, respectivamente.

Quadro 4.8: Factores solares do vidro e das protecções considerados [2]

Vidro simples incolor 4mm	Portada exterior de alumínio	Cortina transparente	Cortina muito transparente
0,88	0,12	0,38	0,70

Quadro 4.9: Factores solares dos envidraçados nas estações de aquecimento e arrefecimento

Inverno com cortina transparente	Inverno com cortina muito transparente	Factor solar na estação de arrefecimento
0,39	0,72	0,35



Fig. 4.6 a) e 4.6 b): a) Envidraçado simples com cortina transparente e caixilharia de madeira;
b) Vista da protecção exterior de alumínio

- Envidraçados interiores

Ao determinar as perdas que ocorrem entre os espaços úteis e não úteis através dos envidraçados interiores, verifica-se que entre a sala e a varanda existe uma janela dupla em que uma delas possui caixilharia em madeira e a outra em alumínio (Anexo I – desenho 1.4). O coeficiente de transmissão térmica para esse vidro duplo é então obtido pela ponderação dos valores referidos no ITE 50 [6], relativamente a janelas duplas para caixilharia metálica e caixilharia de madeira como indicado no Quadro 4.10.

Quadro 4.10: Coeficiente de transmissão térmica da janela dupla que separa um local aquecido de um local não aquecido [6]

	ITE 50	U [W/(m ² .°C)] ITE	U [W/(m ² .°C)] Ponderado
Janela dupla com caixilharia de madeira	Quadro III.1	2,5	2,8
Janela dupla com caixilharia metálica	Quadro III.2 (A)	3,1	

Existe também um segundo envidraçado interior correspondente ao de separação entre a varanda (não útil) e a cozinha (útil). Pois trata-se de uma porta cuja área de vidro é superior a 25% da sua área total passando a ser considerada então um envidraçado com caixilharia de madeira sem qualquer tipo de oclusão. Os coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados interiores são então os referenciados no Quadro 4.11.

Quadro 4.11: Coeficiente de transmissão térmica de um envidraçado interior apoiado no ITE [6]

	Coeficiente de Transmissão térmica U [W/(m ² .°C)] ITE
Janela Dupla	2,8
Envidraçado com caixilharia de madeira	3,5

4.3.3. SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS E/OU SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Para o aquecimento de águas sanitárias, bem como para satisfazer as necessidades habitacionais durante a estação de aquecimento, a casa está provida de um sistema de aquecimento central. O funcionamento deste faz-se através da utilização de um combustível líquido armazenado num reservatório. As respectivas tubagens deste sistema de aquecimento não se encontram isoladas e as especificações técnicas originais deste sistema de aquecimento podem ser encontradas mais à frente (Anexo III).

Relativamente ao sistema de aquecimento central e de águas sanitárias, a eficiência do material poderia ser obtida através dos valores fornecidos pela ficha técnica original. No entanto, no sentido de tornar o estudo mais conservativo e de ter em conta o desgaste do sistema, tomaram-se os valores de eficiência fornecidos na nota técnica referente ao método de cálculo simplificado para a certificação térmica.

Para efeitos de cálculo, apesar de não existir qualquer tipo de sistema de arrefecimento, considerou-se a existência uma máquina frigorífica [2].

As eficiências dos sistemas existentes na habitação são as referenciadas no Quadro 4.12.

Quadro 4.12: Eficiência dos sistemas existentes na habitação

	Eficiência do sistema de aquecimento	Eficiência do sistema de arrefecimento	Eficiência do sistema de AQS
Sistema considerado	Sistema a combustível líquido com 10 anos	Máquina frigorífica	Sistema a combustível líquido com 10 anos
Eficiência do sistema (η)	0,72	3,00	0,72
Factor de conversão de energia útil em energia primária [kgep/kWh]	0,086	0,29	0,086

4.3.4. PONTES TÉRMICAS

4.3.4.1. Pontes térmicas planas

Tendo em conta o especificado na Nota Técnica da ADENE [3] correspondente ao método simplificado de certificação térmica para edifícios existentes, as pontes térmicas planas vão ser desprezadas, tendo que o coeficiente de transmissão térmica ser prejudicado em 35% do seu valor caso “a solução construtiva não garanta a ausência de pontes térmicas planas (isolamento térmico contínuo pelo exterior, paredes exteriores em alvenaria de pedra, ...)” [3].

No caso em estudo, esta exigência terá de ser aplicada devido à inexistência de elementos que impeçam a ocorrência de pontes térmicas planas como por exemplo isolamento contínuo pelo exterior (Quadro 4.13).

Quadro 4.13: Valor corrigido de coeficiente de transmissão térmico da envolvente

Valores de coeficientes de transmissão térmica aumentado de 35% – U (m ² .°C/W)	
Parede Exterior (parede dupla)	1,77

4.3.4.2. Pontes térmicas lineares

Para os valores de referentes às perdas térmicas lineares, usar-se-ão os valores fornecidos na Nota Técnica da ADENE [3] correspondente ao método simplificado de certificação térmica para edifícios existentes.

No caso em estudo foram consideradas as seguintes perdas térmicas lineares:

- Ligação da fachada com o pavimento e com a cobertura entre espaços interiores e exteriores e entre espaços interiores e não úteis como referenciado no Quadro 4.14.

Quadro 4.14: Perdas térmicas lineares consideradas

Tipo	Comprimento (m)	ψ
Ligação fachada cobertura	31	0,75
Ligação fachada com pavimento sobre espaço não útil	31	0,75
Espaços úteis e não úteis	12,45	0,75

Tendo em conta que as paredes em contacto com o solo foram na totalidade contabilizadas como parte da envolvente, não serão contabilizadas as perdas térmicas das paredes em contacto com o solo ($\psi = 0$).

4.3.5. INÉRCIA TÉRMICA

Esta habitação possui uma inércia térmica FORTE (Anexo III).

4.3.6. SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Esta moradia não possui qualquer tipo de sistema de extracção mecânica nem mecanismos de admissão de ar na fachada. Existe no entanto um sistema de funcionamento intermitente na cozinha (exaustor).

4.3.7. CONSIDERAÇÕES A TER EM CONTA PARA A CERTIFICAÇÃO TÉRMICA

Para além das simplificações propostas para o processo de certificação térmica, existem alguns pormenores existentes que irão orientar alguns dos cálculos a efectuar ao longo da certificação. Nesse sentido é importante ter em conta as seguintes considerações:

- Varanda fechada

O fecho da varanda deixa logo a entrever o facto de que as paredes que separam esta das divisões interiores da casa deixaram de ser consideradas envolvente exterior. Após a instalação do sistema de aquecimento central, verifica-se que este foi apenas instalado nas divisões que já eram interiores no projecto original. Consequentemente, a varanda vai passar a funcionar como um espaço não útil.

Tendo em conta o facto de o método simplificado já orientar os cálculos num sentido de se considerar um valor de “ t ”=0,75 para locais não aquecidos, não se poderá desprezar a existência de pontes térmicas lineares entre locais úteis e não úteis.

4.4. EXPOSIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA HABITAÇÃO REFERENTE AO CASO 2

Este sub capítulo é referente à caracterização da habitação do caso 2, no entanto, as informações omissas poderão ser encontradas nos documentos anexos deste trabalho como pontualmente referenciado.

4.4.1. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO EDIFÍCIO

A moradia em estudo, que pode ser observada nas Figuras 4.7 e 4.8, é do tipo unifamiliar e é constituída por dois pisos. O piso correspondente ao rés-do-chão é constituído apenas por arrumações e uma antiga adega. Pode observar-se através destas divisões a constituição do pavimento da zona habitável da casa a seguir referenciado. As paredes que suportam o peso da estrutura são de pedra e têm espessuras notórias. Sobre estas descarregam então as estruturas do piso elevado correspondentes às paredes interiores, às paredes exteriores, aos pavimentos e à cobertura.

Este piso é habitável sendo na totalidade considerado espaço útil. Esta habitação é a mais ampla das que vão ser analisadas neste trabalho, pois possui quatro quartos, uma sala de estar, dois escritórios, dois arrumos, uma cozinha, um quarto de banho, uma varanda fechada e a entrada (Anexo I – desenho 2.1). Tal como no primeiro caso existe uma varanda nesta moradia que inicialmente era aberta mas que algum tempo após construção foi fechada pois, a parede exterior desta divisão é notoriamente diferente especialmente na espessura das restantes paredes da envolvente opaca (ver 4.4.2.1).



Fig. 4.7 a) e 4.7 b): a) Fachada principal da casa (Sul); b) Fachada oeste



Fig. 4.8: Fachadas orientadas a sul (esquerda) e este (direita) da habitação, referentes ao caso 2

Informação geral:

- Número do Caso: 2;
- Localização: Chaves;
- Ano de construção: 1947;
- Número de ocupantes reais: 1;
- Número de ocupantes considerados para o estudo (nº quartos + 1): 5;
- Exposição da fachada principal: Sul;
- Zonas Climáticas: I3 (Inverno), V2 (Verão).

4.4.2. CARACTERÍSTICAS DA ENVOLVENTE – DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

4.4.2.1. Paredes

Relativamente às paredes exteriores, podem identificar-se neste caso dois tipos distintos de paredes. A parede da varanda, construída anos depois da finalização da habitação, é uma parede fina e será considerada como exclusivamente constituída por um pano de tijolo 7 e rebocada em ambas faces (Quadro 4.15).

As restantes paredes exteriores, sendo da época de construção da casa, são paredes em pedra de 0,3 m de espessura revestidas em ambas faces com estuque tradicional. Estas últimas paredes exteriores, que constituem esta envolvente da zona habitável no primeiro piso da moradia, estão assentes sobre paredes espessas de granito (Quadro 4.16).

Quadro 4.15: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior fina (varanda fechada) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,13
Estuque tradicional	Quadro I.2	0,015	0,18	0,08
Tijolo 7	Quadro I.4	-	-	0,19
Estuque tradicional	Quadro I.2	0,015	0,18	0,08
Exterior	Quadro I.3	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]				1,90

Quadro 4.16: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior em pedra [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,13
Estuque tradicional	Quadro I.2	0,020	0,18	0,11
Pedra	Quadro I.2	0,30	2,80	0,11
Estuque tradicional	Quadro I.2	0,020	0,18	0,11
Exterior	Quadro I.3	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]				2,00

4.4.2.2. Pavimentos

A grande maioria da área de pavimento do piso habitável é basicamente constituída por soalho apoiado em vigas de madeira cruzadas sem qualquer tipo de revestimento, que para o caso será considerado como sendo madeira densa (Fig. 4.9 e 4.10 a)). No entanto, em algumas divisões tal como na cozinha, entrada e quarto de banho, existe um revestimento adicional de ladrilhos cerâmicos (Fig. 4.10 b)). A totalidade da área do pavimento do primeiro piso encontra-se sobre uma antiga adega e arrumações, como já atrás referenciado, que será considerado espaço não útil, exceptuando a entrada e varanda, cujos pavimentos estão directamente expostos para o exterior. Para uma análise mais detalhada das soluções construtivas de pavimento e dos seus respectivos coeficientes de transmissão térmica é possível consultar os Quadros 4.17, 4.18, 4.19 e 4.20.

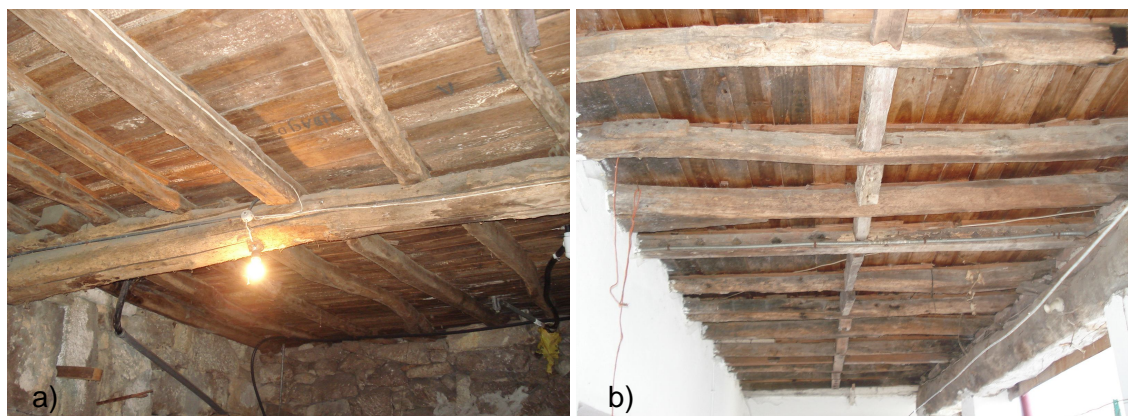


Fig. 4.9 a) e 4.9 b): a) Vista inferior do pavimento interior; b) Vista inferior do pavimento exterior.



Fig. 4.10 a) e 4.10 b): a) Vista superior do pavimento interior; b) Vista superior do pavimento interior revestido.

Quadro 4.17: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento exterior de madeira (fluxo descendente) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,17
Madeira densa	Quadro I.2	0,02	0,23	0,09
Exterior	Quadro I.3	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]				3,37

Quadro 4.18: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior de madeira (fluxo descendente) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,17
Madeira densa	Quadro I.2	0,02	0,23	0,09
Interior (Não útil)	Quadro I.3	-	-	0,17
U [W/(m².°C)]				2,34

Quadro 4.19: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento exterior revestido com ladrilho (fluxo ascendente)
[6]

Elemento	ITE 50	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,17
Revestimento cerâmico	Quadro I.2	0,015	1,30	0,01
Madeira densa	Quadro I.2	0,02	0,23	0,09
Exterior	Quadro I.3	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]				3,24

Quadro 4.20: Coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior revestido com ladrilho (fluxo ascendente)
[6]

Elemento	ITE 50	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,17
Revestimento cerâmico	Quadro I.2	0,015	1,30	0,01
Madeira densa	Quadro I.2	0,02	0,23	0,09
Interior (Não útil)	Quadro I.3	-	-	0,17
U [W/(m².°C)]				2,28

4.4.2.3. Cobertura

A estrutura da cobertura é relativamente simples pois é constituída por asnas de madeira com ripas onde apoia telha. Pelo interior da moradia, pode observar-se uma esteira leve (Fig. 4.1), que será considerada madeira leve, com espessura reduzida e formas variadas que acompanham em certos casos as variações de altura da cobertura exterior. Entre essas duas camadas existe um desvão não útil cujo acesso pode ser unicamente feito através de dois pontos pelo interior da casa, respectivamente na cozinha e no arrumo 1 (Anexo I – desenho 2.1).



Fig. 4.11: Esteira leve

A cobertura sendo considerada como espaço não útil fortemente ventilado, calculou-se o coeficiente de transmissão térmica (U) da forma indicada no Quadro 4.21.

Quadro 4.21: Coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior (fluxo ascendente) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,10
Madeira leve	Quadro I.2	0,02	0,18	0,11
Interior (Não útil)	Quadro I.3	-	-	0,10
U [W/(m².°C)]				3,21

4.4.2.4. Envidraçados

Para se conhecer melhor as especificações de cada vão envidraçado, as suas características e numeração referenciadas no seguinte texto, é possível recorrer à esquematização da planta do edifício e às tabelas anexas (Anexos I e III, respectivamente).

Todos os envidraçados da casa, apesar de apresentarem dimensões variáveis, são constituídos por vidro simples, com caixilharia de madeira e não havendo indicações mais precisas sobre a espessura real dos envidraçados, esta foi tomada como sendo de 4 mm.

Relativamente ao tipo de protecções, os casos a delinear nesta habitação são vários. Começando pelas protecções exteriores, poder-se-á verificar a existência de persianas com régua plástica (baixa permeabilidade ao ar) nos envidraçados 12, 13, 14 e 15 situados no alçado principal e que pertencem à parede da varanda (Fig. 4.12 a)). Nos restantes vãos envidraçados, e no caso de existência de protecções exteriores, estas serão em todos os casos portadas de madeira de cor média com aberturas permanentes (elevada permeabilidade ao ar) (Fig. 4.12 b)).

Considerando agora as protecções interiores, quando existentes, estas foram consideradas como sendo cortinas muito transparentes. Relativamente aos envidraçados 16 e 17, estes também estão providos de portadas interiores de madeira de cor média que não impossibilita, mesmo estando abertas, o fecho dos cortinados na estação de aquecimento.

No caso de não existir nenhum cortinado na parte interior do vão envidraçado será considerada a existência de uma cortina muito transparentes no sentido de tornar a análise mais conservativa. pois com a existência de cortinados pelo interior na estação de aquecimento, os ganhos solares pelos envidraçados irão diminuir, pois o factor solar vê-se directamente afectado pela existência destas.



Fig. 4.12 a), b) e c): a) Envidraçados com protecção exterior tipo estore; b) Envidraçados com protecção exterior tipo portada de madeira; c) Cortina muito transparente

Tendo em conta os valores referidos no Quadro III.1 do ITE 50 [6], obtêm-se então os valores de coeficientes de transmissão térmica apresentados no Quadro 4.22.

Quadro 4.22: Coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados [6]

Descrição	U [W/(m ² .°C)] ITE
Envidraçados constituídos por vidro simples com portadas exteriores de alta permeabilidade.	3,9
Envidraçados constituídos por vidro simples com portadas exteriores de baixa permeabilidade.	3,4

Nota: Os valores dos factores solares do vidro ($g_{\perp v}$) e das protecções solares considerados para análise foram retirados do RCCTE (Tabela IV 4.1 e Quadro V.4, respectivamente) [2]. Os factores solares dos elementos considerados (vidros e protecções) e dos envidraçados são os indicados nos Quadros 4.23 e 4.24, respectivamente.

Quadro 4.23: Factores solares do vidro e das protecções considerados [2]

Vidro simples incolor 4mm	Portada exterior de madeira	Persiana de plástico	Portada interior de madeira	Cortina muito transparente
0,88	0,07	0,07	0,4	0,7

Quadro 4.24: Factores solares dos envidraçados

Inverno com cortina muito transparente	Verão com persiana de PVC	Verão com portada interior	Verão com portada exterior
0,72	0,31	0,54	0,31

4.4.2.5. Portas

Todas as portas da habitação são de madeira. Desta forma, as portas exteriores serão consideradas como fazendo parte da envolvente exterior, tal como indicado no ANEXO I da Nota Técnica [3].

4.4.3. SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS E/OU SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

A moradia não possui nenhum sistema de climatização para a estação de aquecimento ou arrefecimento. Está exclusivamente dotada de um sistema de aquecimento de águas sanitárias que consiste na existência de um esquentador a gás que para o caso será tido em conta como tendo mais de 20 anos [3].

Devido à inexistência de sistemas de climatização considerou-se para efeitos de cálculo uma máquina frigorífica para o arrefecimento e uma resistência eléctrica para o aquecimento [2].

As eficiências dos sistemas existentes na habitação são as referenciadas no Quadro 4.25.

Quadro 4.25: Eficiência dos sistemas existentes na habitação

	Eficiência do sistema de aquecimento	Eficiência do sistema de arrefecimento	Eficiência do sistema de AQS
Sistema considerado	Resistência eléctrica	Máquina frigorífica	Esquentador a gás com mais de 20 anos
Eficiência do sistema (η)	1,00	3,00	0,38
Factor de conversão de energia útil em energia primária [kgep/kWh]	0,290	0,290	0,086

4.4.4. PONTES TÉRMICAS

4.4.4.1. Pontes térmicas planas

Tendo em conta o especificado na Nota Técnica da ADENE [3] correspondente ao método simplificado de certificação térmica para edifícios existentes, as pontes térmicas planas vão ser desprezadas, tendo que o coeficiente de transmissão térmica ser prejudicado em 35% do seu valor caso “a solução construtiva não garanta a ausência de pontes térmicas planas (isolamento térmico contínuo pelo exterior, paredes exteriores em alvenaria de pedra, ...)” [3].

No caso em estudo, esta exigência terá de ser aplicada à parede relativa ao fecho da varanda devido à inexistência de elementos que impeçam a ocorrência de pontes térmicas planas como por exemplo isolamento contínuo pelo exterior (Quadro 4.26). Na restante envolvente não se aplica esta exigência pelo facto de as paredes serem construídas em alvenaria resistente (granito).

Quadro 4.26: Coeficiente de transmissão térmica corrigido segundo a solução construtiva da parede

Valores de coeficientes de transmissão térmica aumentado de 35% – U (m ² .°C/W)	
Parede fina (Varanda)	2,56

4.4.4.2. Pontes térmicas lineares

Para as perdas térmicas lineares, usar-se-ão os valores fornecidos na Nota Técnica da ADENE [3] correspondente ao método simplificado de certificação térmica para edifícios existentes (Quadro 4.27).

Quadro 4.27: Perdas térmicas lineares

Tipo	Comprimento (m)	Ψ
Ligação fachada cobertura	72,60	0,75
Ligação fachada pavimento sobre espaço não útil	57,78	0,75
Ligação fachada pavimento sobre exterior	7,15	0,75
Ligação da fachada à varanda	7,67	0,75

4.4.5. INÉRCIA TÉRMICA

Esta habitação possui uma inércia térmica FRACA (Anexo III).

4.4.6. SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Esta moradia não possui qualquer tipo de sistema de ventilação na habitação.

4.4.7. CONSIDERAÇÕES A TER EM CONTA PARA A CERTIFICAÇÃO TÉRMICA

- Obstruções no horizonte

Relativamente a obstruções existentes podem-se encontrar vários corpos que produzam uma diminuição dos ganhos solares. A geometria da casa proporciona a si própria condições de obstruções devido à saliência da cobertura em todo o perímetro desta e noutros casos de forma claramente notória na fachada Sul e Oeste devido às paredes e entrada da casa respectivamente (Anexo I). Existem no entanto obstruções na fachada Este provocadas por árvores existentes e na fachada norte devido à existência de um edifício escolar em frente à moradia.

4.5. EXPOSIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA HABITAÇÃO REFERENTE AO CASO 3

Este sub capítulo é referente à caracterização da habitação do caso 3, no entanto, as informações omissas poderão ser encontradas nos documentos anexos a este trabalho como pontualmente referenciado.

4.5.1. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO EDIFÍCIO

Este terceiro caso é referente a uma habitação que se encontra numa pequena aldeia do concelho de Chaves, do tipo unifamiliar de dois pisos habitáveis construída logo no início da década de 1990, isto é, pouco antes da entrada em vigor da primeira regulamentação sobre a certificação térmica de edifícios.

De uma forma geral, esta moradia é constituída por dois pisos, estando o pavimento do rés-do-chão directamente em contacto com o solo (Fig. 4.13). No seu interior encontram-se três quartos, duas casas de banho e uma cozinha ampla funcionando simultaneamente como sala de estar (Anexo I – desenho 3.1). A parte resistente da envolvente desse mesmo piso (paredes em pedra) era já anteriormente existente às obras de construção. Sendo por essa razão que as paredes do piso elevado tenham um corte estrutural diferente mais à frente identificado.

Será de referir o facto de que os projectos originais não representavam fielmente a construção física da casa onde foi modificada a disposição interna das divisões do segundo piso, a existência ou inexistência dos vão envidraçados se bem como a cobertura que é objecto fundamental de estudo neste trabalho. Pois a cobertura construída na realidade foi plana em terraço com a descrição que se pode ver mais a frente (ver 4.5.2.3). Estas soluções podem também ser observadas no desenho efectuadas e presentes no Anexo I.



Fig. 4.13: Fachada principal da habitação referente ao caso 3

- Número do Caso: 3;
- Localização: Vilarelho da Raia (Concelho de Chaves);
- Ano de construção: 1990;
- Número de ocupantes reais: 2;
- Número de ocupantes considerados para o estudo (nº quartos + 1): 4;
- Exposição da fachada principal: Norte.
- Zonas Climáticas: I3 (Inverno), V2 (Verão).

4.5.2. CARACTERÍSTICAS DA ENVOLVENTE – DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

4.5.2.1. Paredes exteriores

Esta moradia possui dois tipos de paredes exteriores. Podemos então encontrar as paredes da envolvente do pavimento térreo, previamente existentes, que são basicamente paredes espessas de pedra (granito) rebocadas e pintadas em ambas faces com reboco tradicional (Quadro 4.29).

As do segundo piso são paredes duplas com caixa-de-ar, sem isolamento. Estas são constituídas por dois panos de alvenaria, de tijolo 15 (exterior) e tijolo 11 (interior). A parede é revestida em ambas faces. No entanto, do lado exterior foi colocado um revestimento de pedra. Para este foram consideradas placas de granito amarelo com 2 cm de espessura (Quadro 4.28).

Quadro 4.28: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior dupla com caixa-de-ar sem isolamento [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,13
Reboco tradicional	Quadro I.2	0,02	1,30	0,02
Tijolo 11	Quadro I.4	-	-	0,27
Caixa-de-ar	Quadro I.5	0,05	-	0,11
Tijolo 15	Quadro I.4	-	-	0,39
Reboco	Quadro I.2	0,02	1,30	0,02
Revestimento em pedra	Quadro I.2	0,02	2,80	0,01
Exterior	Quadro I.3	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]				1,02

Quadro 4.29: Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior em pedra [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,13
Reboco tradicional	Quadro I.2	0,02	1,30	0,02
Pedra (granito)	Quadro I.2	0,80	2,80	0,29
Reboco tradicional	Quadro I.2	0,02	1,30	0,02
Exterior	Quadro I.3	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]				2,06

4.5.2.2. Paredes interiores

Existe nesta moradia uma parede em contacto com um espaço não útil do lado poente. Essa parede que corresponde apenas à do rés-do-chão está em contacto com um pequeno armazém de arrumações ao qual apenas se pode aceder pelo exterior da casa (Fig. 4.13).

Tendo a parede a mesma solução construtiva de que a anteriormente referida, pode então ser determinado o coeficiente de transmissão térmica como indicado no Quadro 4.30.

Quadro 4.30: coeficiente de transmissão térmica da parede interior em pedra [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,13
Reboco tradicional	Quadro I.2	0,02	1,30	0,02
Pedra (granito)	Quadro I.2	0,80	2,80	0,29
Reboco tradicional	Quadro I.2	0,02	1,30	0,02
Interior (Não útil)	Quadro I.3	-	-	0,13
U [W/(m ² .°C)]				1,73

4.5.2.3. Cobertura

A cobertura, tal como alguns outros pormenores existentes no projecto original, não foi realizada na prática como era previsto. A solução de cobertura adoptada, que pode ser observada na Figura 4.14, foi a de uma cobertura em terraço apoiando-se numa laje aligeirada com isolamento térmico, tela betuminosa e finalmente uma camada de protecção e regularização em cimento pelo exterior (Anexo I). O coeficiente de transmissão térmico deste elemento é o considerado no Quadro 4.31.



Fig. 4.14: Cobertura plana

Quadro 4.31: Coeficiente de transmissão térmica da cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,10
Reboco tradicional	Quadro I.2	0,015	1,30	0,01
Laje Aligeirada	Quadro I.7	0,15	2,00	0,08
Isolamento térmico	-	0,03	0,037	0,83
Tela betuminosa	Quadro I.2	0,005	0,23	0,02
Camada protectora de cimento	Quadro I.2	0,015	1,30	0,01
Exterior	Quadro I.3	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]				0,91

4.5.2.4. Pavimentos

Os pavimentos da casa, tal como a laje da cobertura foram feitos com lajes aligeiradas. Os revestimentos de piso interior foram realizados com ladrilhos cerâmicos.

4.5.2.5. Envidraçados

Os envidraçados são constituídos por vidros simples incolor com caixilharia de madeira. No caso da porta exterior, esta será considerada como envidraçada com caixilharia de alumínio com vidro colorido na massa. Não havendo indicações mais precisas sobre a espessura real dos envidraçados, esta foi tomada como sendo de 4 mm. Relativamente a protecções interiores, os vãos podem contar com cortinas muito transparentes ou então em determinados casos, com a inexistência destas.

No caso de não existir nenhum cortinado na parte interior do vão envidraçado será considerada a existência de uma cortina muito transparentes no sentido de tornar a análise mais conservativa. Pois com a existência de cortinados pelo interior na estação de aquecimento, os ganhos solares pelos envidraçados irão diminuir, uma vez que o factor solar vê-se directamente afectado pela existência destas (Anexo III).

Tendo em conta o referido nos Quadros III.1 e III.2 A do ITE 50 [6], obtêm-se então os valores de coeficientes de transmissão térmica referidos no Quadro 4.32.

Quadro 4.32: Coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados [6]

Descrição	ITE 50	U [W/(m ² .°C)]
Envidraçados constituídos por vidro simples com portadas exteriores de alta permeabilidade.	Quadro III.1	3,9
Envidraçados constituídos por vidro simples sem oclusão	Quadro III.2 A	6,2

Nota: Os valores dos factores solares do vidro ($g_{\perp v}$) e das protecções solares considerados para análise foram retirados do RCCTE (Tabela IV 4.1 e Quadro V.4, respectivamente) [2].

Os factores solares dos elementos considerados (vidros e protecções) e dos envidraçados são os indicados nos Quadros 4.33 e 4.34, respectivamente.

Quadro 4.33: Factores solares do vidro e das protecções considerados [2]

Vidro simples incolor 4mm	Vidro colorido na massa 4mm	Portada exterior de alumínio	Cortina muito transparente
0,88	0,70	0,10	0,70

Quadro 4.34: Factores solares dos envidraçados

Inverno com cortina muito transparente (vidro colorido na massa)	Inverno com cortina muito transparente (vidro incolor)	Verão com portada exterior
0,57	0,72	0.33

4.5.3. SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS E/OU SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

A moradia não possui nenhum sistema de climatização para a estação de aquecimento ou arrefecimento. Está exclusivamente dotada de um sistema de aquecimento de águas sanitárias (esquentador a gás) que para o caso será tido em conta como tendo entre 10 e 20 anos de idade.

Devido à inexistência de sistemas de climatização considerou-se para efeitos de cálculo uma máquina frigorífica para o arrefecimento e uma resistência eléctrica para o aquecimento.

As eficiências dos sistemas existentes na habitação são as referenciadas no Quadro 4.35.

Quadro 4.35: Eficiência dos sistemas existentes na habitação

	Eficiência do sistema de aquecimento	Eficiência do sistema de arrefecimento	Eficiência do sistema de AQS
Sistema considerado	Resistência eléctrica	Máquina frigorífica	Esquentador a gás entre 10 e 20 anos
Eficiência do sistema (η)	1,00	3,00	0,39
Factor de conversão de energia útil em energia primária [kgep/kWh]	0,29	0,29	0,086

4.5.4. PONTES TÉRMICAS

4.5.4.1. Pontes térmicas planas

Tendo em conta o especificado na Nota Técnica da ADENE [3] correspondente ao método simplificado de certificação térmica para edifícios existentes, as pontes térmicas planas vão ser desprezadas, tendo que o coeficiente de transmissão térmica ser prejudicado em 35% do seu valor caso “a solução construtiva não garanta a ausência de pontes térmicas planas (isolamento térmico contínuo pelo exterior, paredes exteriores em alvenaria de pedra, ...)” [3].

No caso em estudo, esta exigência terá de ser aplicada unicamente à parede relativa ao primeiro piso devido à inexistência de elementos que impeçam a ocorrência de pontes térmicas planas como por exemplo isolamento contínuo pelo exterior (Quadro 4.36). Na restante envolvente não se aplica esta exigência pelo facto de as paredes serem construídas em alvenaria resistente (granito).

Quadro 4.36: Coeficiente de transmissão térmica corrigido segundo a solução construtiva da parede

Valores de coeficientes de transmissão térmica aumentado de 35% ($U - m^2 \cdot ^\circ C/W$)	
Parede dupla	1,38

4.5.4.2. Pontes térmicas lineares

Para os valores referentes às perdas térmicas lineares, usar-se-ão os valores fornecidos na Nota Técnica da ADENE [3] correspondentes ao método simplificado de certificação térmica para edifícios existentes.

No caso em estudo foram consideradas as seguintes perdas térmicas lineares para o exterior e interior referidas nos Quadros 4.37 e 4.38, respectivamente.

- Ligação da fachada com o pavimento e com a cobertura, ligação da fachada com varanda, ligação da fachada com pavimento intermédio ($\psi = 0,75$) e pavimento em contacto com o solo com cota superior à do terreno ($\psi = 2,50$).

Quadro 4.37: Perdas térmicas lineares exteriores consideradas para a habitação (Caso 3)

Tipo	Comprimento (m)	ψ
Fachada com pavimento térreo	23,50	0,75
Fachada com cobertura	29,50	0,75
Fachada com pavimento intermédio	47,00	0,75
Fachada com varanda	6,00	0,75
Pavimento em contacto com o solo	23,50	2,50

- Relativamente às perdas para zonas não aquecidas, pode-se referir a existência das seguintes perdas lineares para um valor de $\tau = 0,75$:

Quadro 4.38: Perdas térmicas lineares consideradas para a habitação

Tipo	Comprimento (m)	ψ
Fachada com pavimento intermédio	12,00	0,75
Parede em contacto com pavimento	6,00	0,75

4.5.5. INÉRCIA TÉRMICA

Esta habitação possui uma inércia FORTE (Anexo III).

4.5.6. SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Esta moradia não possui qualquer tipo de sistema de ventilação na habitação. Está apenas provida de um sistema de ventilação intermitente na cozinha (exaustor).

4.5.7. CONSIDERAÇÕES A TER EM CONTA PARA A CERTIFICAÇÃO TÉRMICA

- Obstruções no horizonte.

Relativamente aos ganhos solares devido à existência de obstruções, podemos referir que na fachada orientada a Sul estes se encontram reduzidos. Pois a existência de uma parede já existente que se encontra relativamente perto da fachada da moradia leva a uma perda considerável dos ganhos solares.

Relativamente à orientação Norte, os ganhos também se vêm bastante reduzidos devido à existência de uma outra moradia do lado oposto do arruamento cuja altura é semelhante à da moradia em estudo (Fig. 4.15).



Fig. 4.15: Obstrução provocada à habitação por um edifício

5

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E AVALIAÇÃO TÉCNICO – ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE COBERTURAS

5.1. MELHORIA DO RENDIMENTO ENERGÉTICO DAS HABITAÇÕES ATRAVÉS DA REABILITAÇÃO DE COBERTURAS

Como já foi referido anteriormente neste trabalho, a necessidade de reduzir os consumos excessivos de energia e os custos inerentes a estes torna-se cada vez mais uma prioridade na sociedade actual em que existem preocupações ambientais.

Existe um grande campo de soluções que podem proporcionar esses benefícios, quer a nível térmico ou económico. Pois pode ser feito um estudo específico a um elemento da envolvente propondo métodos reabilitativos ou então estudar a implantação ou substituição de instalações que melhorem a eficiência térmica da fracção (como são por exemplo sistemas de climatização ou utilização de energias renováveis). A análise singular de um elemento da habitação, quer seja construtivo ou faça parte dos sistemas usados traz como benefício complementar a possibilidade de racionalizar o peso que este tem na eficiência energética global da fracção.

Tendo então como base as três moradias nas quais já se procedeu aos cálculos de certificação térmica (Anexo II), neste capítulo pretende-se apresentar um estudo que consiste na observação das melhorias aportadas por uma solução de reabilitação energética das coberturas destas em termos qualitativos e quantitativos. As moradias apresentam, logo à partida, soluções construtivas de coberturas diferentes que vão ser novamente pormenorizadas mais à frente. Uma das razões pelas quais se optou por soluções de tal forma distintas foi o facto de permitir ampliar as possibilidades de reestruturação e melhoramento. Pois as soluções reabilitativas não poderão ser as mesmas segundo a tipologia da cobertura existente. Mas por outro lado, a aplicação da mesma solução a duas coberturas que, apesar de serem do mesmo tipo, encontram-se em envolventes diferentes, poderá levar a tirar conclusões sobre o tipo de obras nas quais uma solução de reabilitação é mais justificável do que noutra.

Desta forma, com os resultados obtidos observar-se-á em que proporções se podem observar melhorias no desempenho térmico das habitações, o que levará a uma diminuição dos consumos de energia primária e, possivelmente, a uma mudança de classificação na certificação energética mas essencialmente a poder opinar sobre a eficiência das soluções propostas.

A análise a que se vai proceder pode ser dividida em três partes:

- Em primeiro lugar, será efectuada a definição das coberturas referindo-se quais as soluções construtivas existentes apresentando esquemas elucidativos e descrição das características destas. Também serão expostas as classificações térmicas obtidas.
- De seguida, pretender-se-á essencialmente efectuar o estudo sobre as possibilidades de reabilitação energética das coberturas. Pois numa descrição sucinta de carácter mais teórico, será definida uma proposta de análise de melhoria da eficiência térmica das coberturas, referindo quais as soluções possíveis num âmbito geral assim como os cuidados a ter para cada uma destas. De seguida serão então escolhidas as soluções de reabilitação que mais se adequam a cada um dos casos.
- Finalmente, visando a perspectiva de um estudo técnico-económico das soluções possíveis, esta última parte poderá ser dividida em duas sub partes.

Numa primeira instância, e seguindo um procedimento mais prático, serão aplicadas as propostas de reabilitação apresentando-se esquemas e resultados dos novos desempenhos energéticos respectivos a cada uma das moradias. Em segundo lugar, e não esquecendo a importância que o factor monetário tem na escolha de uma intervenção, também será feito um estudo económico das soluções propostas projectando estes custos para o futuro e tendo em vista o esclarecimento sobre as vantagens e inconvenientes da adopção de uma solução de reabilitação para cada um dos casos.

5.2. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EXISTENTES

É importante, no sentido de conseguir propor soluções de reabilitação energética das coberturas, fazer um breve resumo e organização da informação obtida até agora clarificando as situações existentes para cada um dos casos. Pois estes irão representar o ponto de partida da melhoria energética.

5.2.1. CASO 1

No primeiro caso de estudo e como já foi referido anteriormente, considera-se a cobertura inclinada como sendo interior sob um espaço não útil. A constituição por camadas e respectivo coeficiente de transmissão térmica da solução existente é o explicitado nos seguintes Quadro 5.1 e Figura 5.1.

Quadro 5.1: Coeficiente de transmissão térmica da solução existente de cobertura (fluxo ascendente) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,10
Gesso	Quadro I.2	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	Quadro I.7	0,15	-	0,13
Revestimento superior	Quadro I.2	0,015	0,57	0,03
Interior (não útil)	Quadro I.3	-	-	0,10
U [W/(m ² .°C)]				2,61

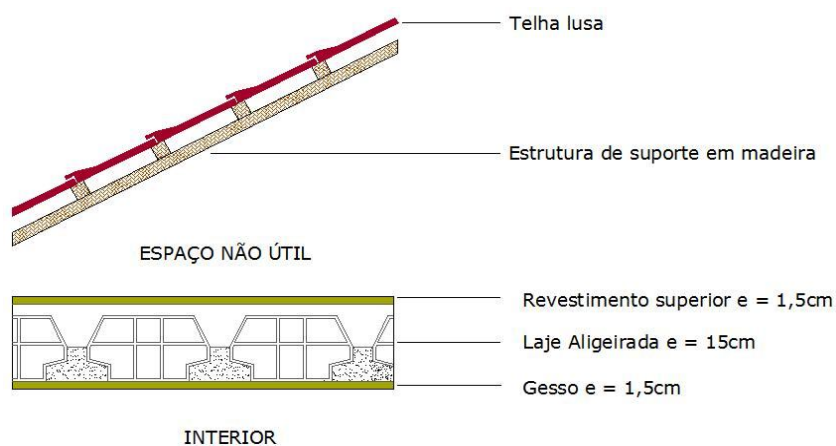


Fig. 5.1: Esquemática da solução construtiva de cobertura existente

Segundo as simplificações de cálculo propostas pela Nota Técnica da ADENE [3] que vêm complementar a certificação energética de edifícios, concluiu-se que à respectiva habitação, e com as condições de cobertura apresentadas, corresponde uma classificação térmica C (Anexo II).

5.2.2. CASO 2

Seguindo o mesmo método de estudo da cobertura inclinada anterior, a referente a este segundo caso de estudo é considerada também como cobertura interior. A constituição por camadas e respectivo coeficiente de transmissão térmica da solução existente é o explicitado nos seguintes Quadro 5.2 e Figura 5.2.

Quadro 5.2: Coeficiente de transmissão térmica da solução existente de cobertura (fluxo ascendente) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	I [W/(m ² .°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,10
Madeira leve	Quadro I.2	0,02	0,18	0,11
Interior (não útil)	Quadro I.3	-	-	0,10
U [W/(m².°C)]				3,21

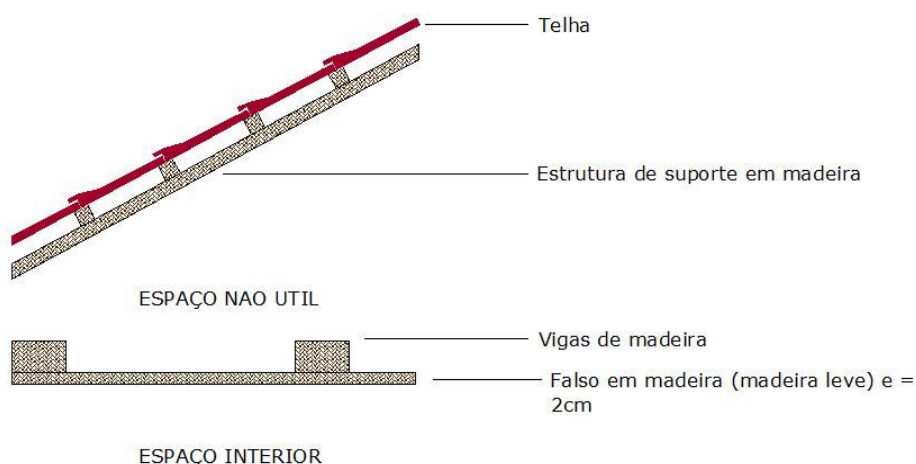


Fig. 5.2: Esquemática da solução construtiva de cobertura existente

Segundo as simplificações de cálculo propostas pela Nota Técnica da ADENE [3] que vêm complementar a certificação energética de edifícios, concluiu-se que à respectiva habitação, e com as condições de cobertura apresentadas, corresponde uma classificação térmica G (Anexo II).

5.2.3. CASO 3

Finalmente, a cobertura referente a este terceiro caso de estudo é a mais composta das que são aqui propostas neste trabalho. Corresponde a uma cobertura plana em terraço. Pode verificar-se a sua composição nos Quadro 5.3 e Figura 5.3.

Quadro 5.3: Coeficiente de transmissão térmica da solução existente de cobertura (fluxo ascendente) [6]

Elemento	ITE 50	e (m)	l [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	Quadro I.3	-	-	0,10
Gesso	Quadro I.2	0,015	1,30	0,01
Laje aligeirada	Quadro I.7	0,15	2,00	0,08
Isolamento térmico	-	0,03	0,037	0,83
Tela betuminosa	Quadro I.2	0,005	0,23	0,02
Recobrimento de cimento	Quadro I.2	0,015	1,30	0,01
Exterior	Quadro I.3	-	-	0,04
U [W/(m².°C)]				0,91

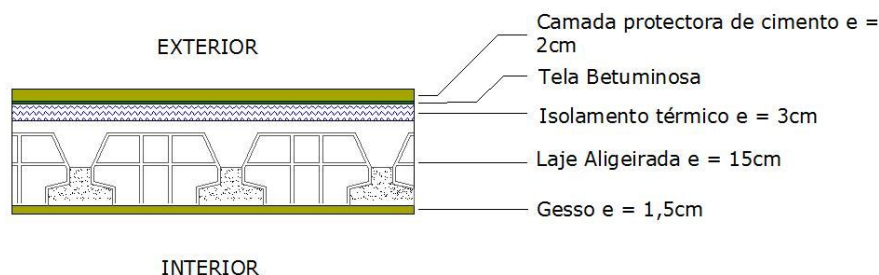


Fig. 5.3: Esquemática da solução construtiva de cobertura existente

Segundo as simplificações de cálculo propostas pela Nota Técnica da ADENE [3] que vêm complementar a certificação energética de edifícios, concluiu-se que à respectiva envolvente desta habitação e com as condições de cobertura apresentadas corresponde uma classificação térmica D (Anexo II).

De uma forma simplificada, e tendo em conta os resultados obtidos nas folhas de cálculo energético do RCCTE [2], podem resumir-se as necessidades energéticas globais das habitações no Quadro 5.4.

Quadro 5.4: Valores das necessidades energéticas das habitações

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
N_{ic} (kWh/m ² .ano)	415,64	441,45	290,63
N_i (kWh/m ² .ano)	161,1	155,44	137,09
N_{vc} (kWh/m ² .ano)	0,84	3,86	1,43
N_v (kWh/m ² .ano)	18	18	18
N_{ac} (kWh/m ² .ano)	46,69	47,35	73,66
N_a (kWh/m ² .ano)	52,02	27,85	43,32
N_{tc} (kgep/m ² .ano)	8,99	16,90	14,38
N_t (kgep/m ² .ano)	8,63	5,32	7,24
N_{tc} / N_t	1,05	3,18	1,99
Classe energética	C	G	D

Dos dados apresentados, que voltarão a ser referenciados mais à frente, tendo em conta uma análise comparativa com propostas de soluções reabilitativas, verificam-se as seguintes considerações:

- A habitação relativa ao caso 2 é a que possui umas maiores necessidades de energia para a estação de aquecimento e para a estação de arrefecimento;
- Em termos de energia primária, os casos 2 e 3 são os que apresentam maiores necessidades. Pois por uma parte existe a habitação 2 com valores de necessidades de aquecimento mais elevadas mas necessidades de energia para preparação das águas quentes mais baixas do que no caso 3. Apesar da diferenças de necessidades de aquecimento serem mais notórias, o peso

numérico atribuído às necessidades de preparação de águas quentes sanitárias leva também a um aumento global de necessidade de energia primária;

- Globalmente, a moradia melhor classificada é a do caso 1 que obtém uma classificação C.

5.3. REABILITAÇÃO – MÉTODOS DE APLICAÇÃO

“A cobertura é o elemento construtivo do edifício que está sujeito às maiores amplitudes térmicas. O isolamento térmico de uma cobertura é considerada uma intervenção de eficiência energética prioritária” [9].

Neste sub capítulo irão ser referenciadas de forma genérica, mas apontando pontualmente para os casos em estudo, quais as possibilidades de reestruturação de cobertura aquando da obra de reabilitação expondo sumariamente as vantagens e inconvenientes de cada uma destas. Também serão referenciados complementarmente os cuidados que se devem tomar para garantir o bom funcionamento e desempenho energético da solução de reabilitação se bem como as salvaguardas que permitem proporcionar-lhe um tempo de vida útil adequado. Será então o estudo dividido em soluções para coberturas inclinadas (casos 1 e 2) e para coberturas planas (caso 3).

5.3.1. COBERTURAS INCLINADAS

Para as situações dos casos 1 e 2, verifica-se a existência de coberturas inclinadas que foram consideradas como possuindo um desvão não útil. Sabe-se que para este tipo de solução construtiva, existem duas possibilidades de reabilitação que dependem fundamentalmente na zona de colocação de isolamento. Pois a aplicação deste pode ser feita nas vertentes da cobertura ou então na horizontal em contacto com a esteira.

No caso de se optar por uma solução de reabilitação em que seja colocada a camada de material isolante na horizontal em contacto com a esteira, poderão nestes casos observar-se as seguintes vantagens [7]:

- Sendo desvão não habitado, não haverá necessidade de aplicação nas vertentes, o que levaria à necessidade de maior quantidade de isolamento devido à maior área de aplicação, o que se reflecte portanto num maior custo;
- A aplicação torna-se mais fácil, o que remete para menores custos que possam advir da mão-de-obra;
- Não havendo necessidade de aquecer o volume correspondente ao desvão, haverá um menor gasto de energia global;
- No verão, devido à ventilação que ocorre no desvão, tornar-se-á mais fácil haver dissipação de calor.

Nota: Em casos de coberturas inclinadas, com desvão não útil como referenciado, será necessário assegurar que este seja suficientemente ventilado.

Relativamente ao local de contacto do isolamento na esteira, existem duas soluções possíveis de serem aplicadas:

- Isolamento térmico sobre a esteira horizontal;
- Isolamento térmico sob a esteira horizontal.

Nos casos em estudo e como na quase totalidade dos casos em geral é preferível optar por uma solução de isolamento térmico acima da esteira. Pois no caso de estar colocada abaixo poderá levar a um conjunto de situações que deveriam ser tidas em conta [7]:

- A esteira estaria sujeita a variações térmicas de origem climática que podem favorecer variações dimensionais ou patologias como condensações internas que consequentemente leva a uma mais rápida deterioração da estrutura;
- Seria diminuída a inércia da fracção pois estando o isolamento pelo interior da estrutura, esta não teria a possibilidade de armazenar calor. Em consequência, pioraria a estabilidade de temperatura interior face às variações térmicas exteriores e aumentaria a possibilidade de condensações face à existência de pontes térmicas tais como a descontinuidade do isolamento térmico;
- Na colocação de um isolamento térmico nesta posição, este teria de estar desligado da esteira através do uso, por exemplo, de um tecto falso.

No caso de se optar pela solução de aplicação do isolamento térmico nas vertentes da cobertura inclinada, pode-se desde já delinear que não poderão ser tidas em conta as vantagens atrás referidas que se reportam à aplicação de um isolamento térmico directamente na esteira horizontal. Este tipo de solução é mais frequentemente aplicado quando se tratam coberturas em que o desvão é habitável, garantindo assim o mesmo conforto térmico no desvão como no resto da habitação. Os possíveis métodos de colocação do isolamento térmico na esteira horizontal de uma cobertura inclinada estão esquematizados na Figura 5.4 [7].

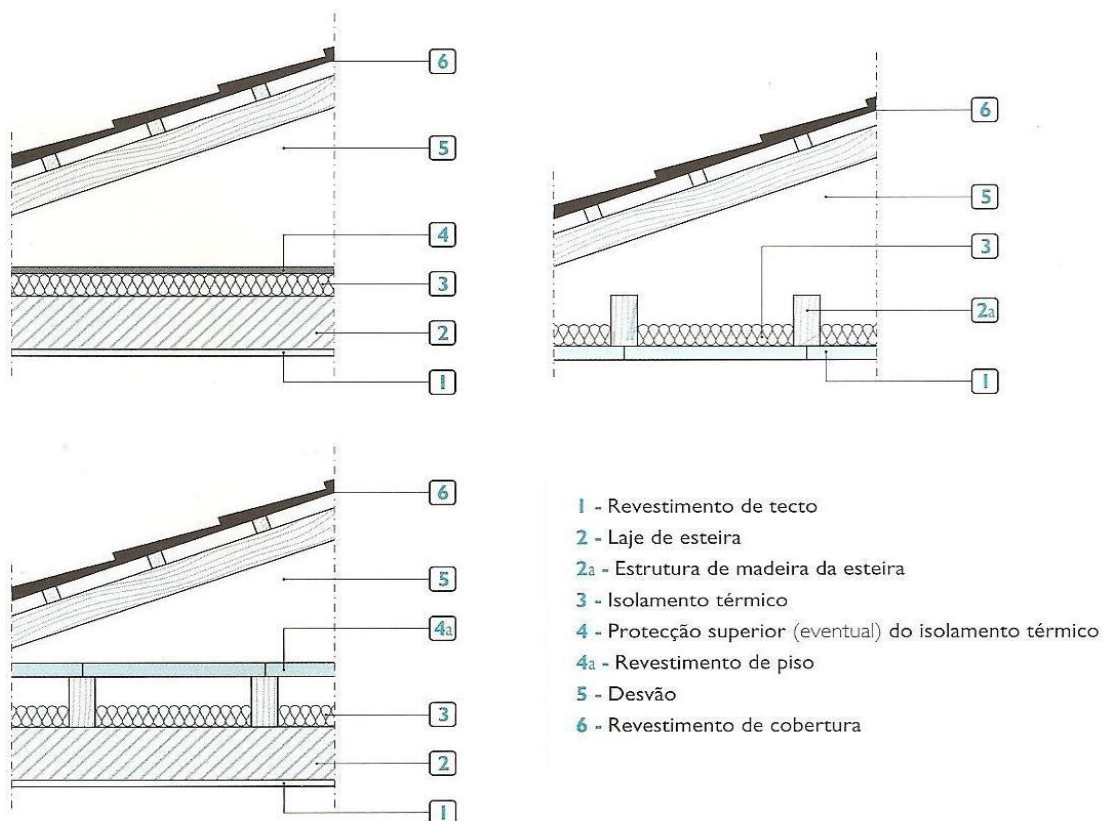


Fig. 5.4: Cobertura inclinada com desvão não habitável – isolamento térmico na esteira horizontal [7]

No caso de colocação do isolamento na vertente da cobertura, poderá optar por soluções tais como esquematizadas na Figura 5.5 [7].

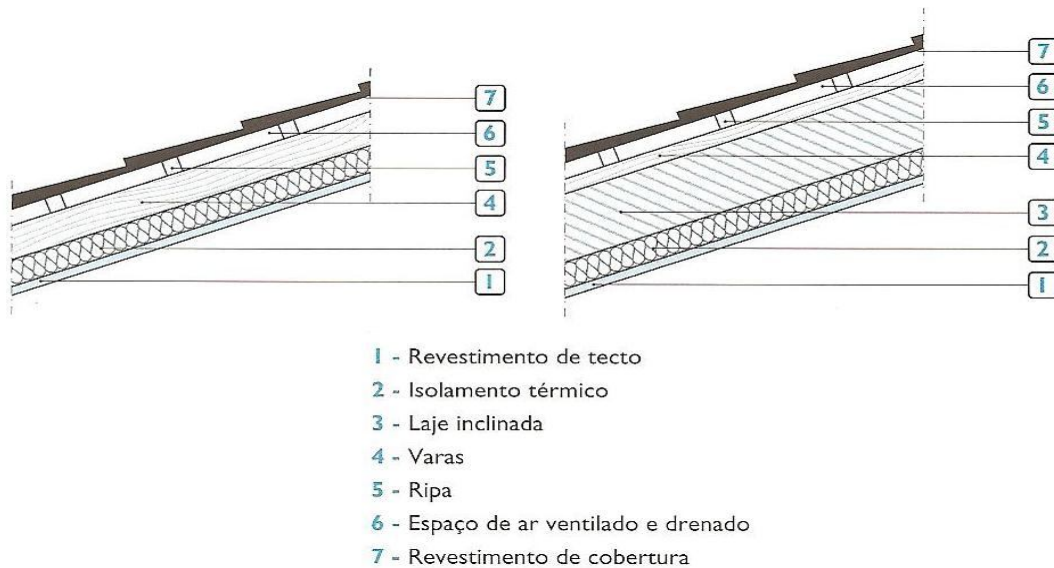


Fig. 5.5: Cobertura inclinada com desvão habitável – isolamento térmico nas vertentes [7]

5.3.2. COBERTURAS PLANAS

No caso de se tratar de uma solução construtiva de cobertura horizontal, como a existente no Caso 3, existem várias possibilidades de estudo de reabilitação que consiste fundamentalmente em decidir o posicionamento do isolamento térmico.

Basicamente, este pode encontrar-se [7]:

- Na zona inferior da cobertura (abaixo da esteira horizontal);
 Estes casos, tal como acontece com o já referido para as coberturas inclinadas, não são usados a não ser que o isolamento se encontre num tecto falso desligado da estrutura. No entanto, mesmo que seja provido deste dispositivo, esta solução construtiva tem como grande inconveniente o facto de não proteger a estrutura resistente de variações térmicas e de reduzir a capacidade de armazenamento de calor da fracção (inércia térmica). Quanto à aplicação directa do material isolante na esteira pelo interior, este seria desaconselhado por expor directamente o isolamento a variações térmicas que poderia levá-lo a sofrer deformações que poderiam comprometer o seu desempenho.
- Na zona intermédia da cobertura (entre a esteira e a camada de forma);
- Na zona superior da cobertura (acima da esteira e da camada de forma).

No que diz respeito à possibilidade de colocação de isolamento na parte superior de coberturas em terraço, ainda se pode dividir as soluções em duas categorias que basicamente dependem da posição relativa entre o material isolante e a impermeabilização. Desta forma pode-se optar entre:

- Cobertura tradicional (isolamento como suporte da impermeabilização);
- Cobertura invertida (isolamento acima da impermeabilização);

Estes dois tipos de soluções construtivas encontram-se esquematizados na Figura 5.6 [7].

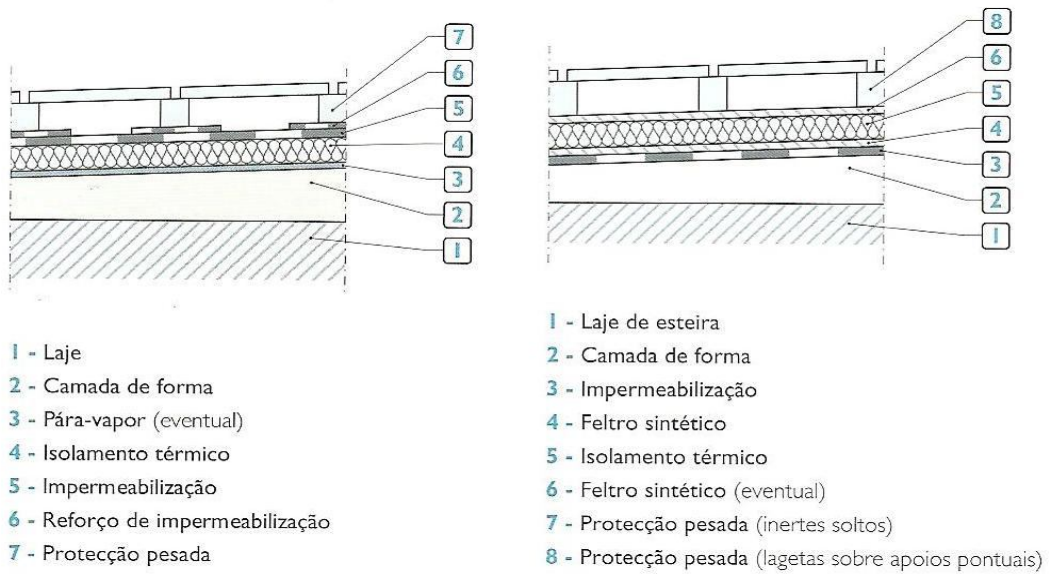


Fig. 5.6: Cobertura horizontal – isolante suporte de impermeabilização (esquerda) e cobertura invertida (direita) [7]

Nos sistemas de coberturas invertidas, ao trocar as posições relativas da camada de isolamento e da impermeabilização, é possível contornar algumas dificuldades encontradas nas soluções tradicionais de coberturas.

Pois se a camada de impermeabilização estiver acima do isolamento térmico, não beneficiando assim das propriedades isolantes deste, estará sujeito a variações de temperatura muito maiores derivadas às amplitudes térmicas diárias mas também as sazonais (anuais). Também se pode destacar a degradação devida às radiações ultravioletas do Sol ou os danos mecânicos na fase de aplicação.

Desta forma, para além de contornar os problemas referidos, uma cobertura invertida tem também a vantagem de colocar o impermeabilizante a trabalhar sob a função de barreira para vapor pois encontra-se sob a camada de isolamento e devido às temperaturas existentes nesse local, não existe risco do impermeabilizante encontrar-se à temperatura de orvalho podendo dar origem a condensação intersticial (Fig. 5.7).

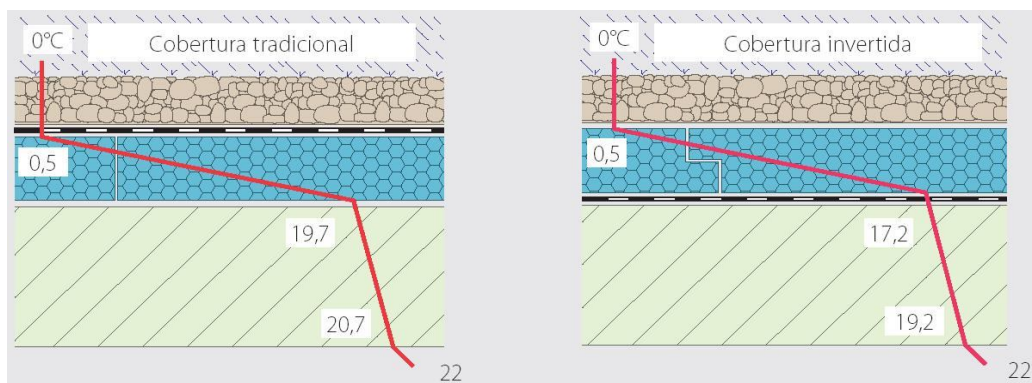


Fig. 5.7: Perfis de temperatura de coberturas exteriores planas (tradicional e invertida) [11]

5.3.3. CUIDADOS ESPECIAIS

No que diz respeito à reabilitação de coberturas inclinadas (5.3.1), quer seja na aplicação do isolamento térmico na parte superior da esteira horizontal ou nas vertentes, é necessário ter alguns cuidados que envolvem a solução construtiva em si [7]:

- A camada de isolamento não pode ficar sujeita directamente à radiação solar e deverá estar devidamente protegida;
- É necessário ter em atenção a inclinação da cobertura, quando possível. Pois existem dois factores de que depende o desempenho da solução de uma reabilitação deste tipo a esse nível. A inclinação está directamente relacionada com a ventilação que ocorre no desvão da cobertura quando as telhas não estão separadas deste por qualquer tipo de placa o que influencia directamente a secagem e arejamento da face inferior das telhas. A ventilação entre as telhas deve ser assegurada de forma que não ocorra levantamento destas devido a efeitos de sucção, pois a partir do momento que as telhas são ventiladas pela região inferior, as diferenças de pressão existentes com o exterior são reduzidas; Para além disso o factor de inclinação insuficiente pode afectar num sentido prejudicial a solução de cobertura, pois em caso de chuva pode dar-se a entrada desta pelo espaçamento existente entre as telhas. Nestes casos, poder-se-ia optar, por exemplo, pela aplicação de uma tela do tipo sub telha que permita receber essas eventuais infiltrações e conduzi-las de forma a poderem ser escoadas;

Em coberturas planas invertidas referenciadas no sub capítulo anterior (5.3.2), também se torna complementarmente necessária a execução de uma camada pesada acima da camada de isolamento que terá os seguintes objectivos [7]:

- Protecção do isolamento contra a acção directa dos raios solares;
- Fixação da camada de isolamento para que esta não se desloque devido à acção do vento;
- Evitar a flutuação provocada pela acumulação accidental de água na cobertura.

No entanto, numa situação reabilitativa de cobertura, quer se trate de uma solução construtiva de cobertura inclinada ou plana, será necessário ter mais alguns cuidados com a camada de isolamento térmico usada. Pois por um lado, em coberturas inclinadas nas quais se opte pela colocação do isolamento térmico sobre a esteira, torna-se importante ter em conta que o desvão, apesar de não útil, pode ser visitado ou pode estar sujeito a pontuais infiltrações que ocorram entre ou através das telhas. Por outro lado, numa solução de cobertura plana, o isolamento encontra-se exposto mais fortemente às condições climáticas que implicam variações de temperaturas, mais humidade ou então compressões devido a cargas pontuais ou permanentes. Por estas razões as camadas de isolamento térmico deverão cumprir os seguintes requisitos [7]:

- Absorção de água mínima, ensaios de absorção de água (norma EN 12087);
- Resistência aos ciclos de gelo degelo (norma EN 12091);
- Resistência mecânica ao manuseamento e à compressão (norma de ensaio EN 826);
- Estrutura de células fechadas, que impede a passagem da água;
- Resistência à difusão ao vapor (ensaio EN 12086) e à absorção de água por difusão (EN 12088);
- Imputrescível;
- Classe de resistência ao fogo (EN13501);
- Baixa condutibilidade térmica.

5.4. SOLUÇÕES PROPOSTAS

5.4.1. CASO 1

Neste caso, irá proceder-se a um obra de reabilitação que consiste na aplicação de um isolante térmico na face superior da esteira horizontal, tendo o cuidado de proteger essa camada superiormente por se tratar de um desvão acessível apesar de não útil (Fig. 5.8).

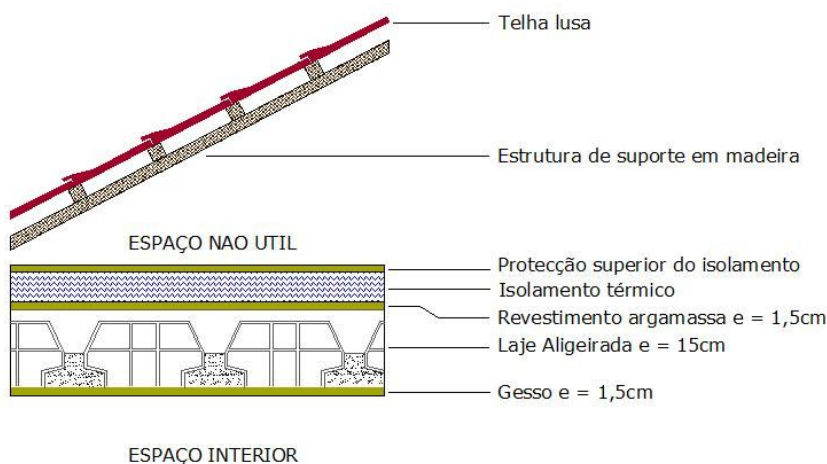


Fig. 5.8: Esquematização de uma possível solução de reabilitação da cobertura inclinada com isolamento acima da esteira horizontal

A solução de isolamento referida pode ser então caracterizada sucintamente no Quadro 5.5.

Quadro 5.5: Descrição da solução reabilitativa por camadas

Camada	Descrição
Suporte	Laje aligeirada (existente)
Isolamento térmico	Painel rígido de poliestireno extrudido (XPS) de espessura variável (segundo solução adoptada) e condutibilidade térmica 0,037 W/(m°C)
Revestimento	Revestimento interior de protecção do isolamento

5.4.2. CASO 2

Da mesma forma, para esta cobertura, optou-se pela colocação de placas de isolamento sobre a esteira horizontal mas neste caso de forma de descontínua. É de notar que a implantação de uma solução reabilitativa deste tipo vai proporcionar a existência de pontes térmicas na localização das vigas de madeira. Desta forma, para uma melhor classificação das características térmicas desta solução, serão adoptados os valores fornecidos pelo ITE 50 [6]. Para uma melhor interpretação desta solução construtiva, é possível consultar a Figura 5.9 e o Quadro 5.6.

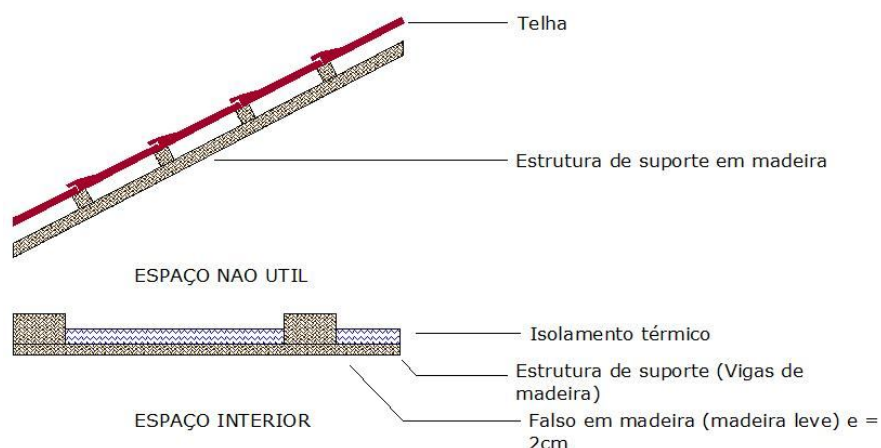


Fig. 5.9: Esquemática de uma possível solução de reabilitação da cobertura inclinada com isolamento descontínuo acima da esteira horizontal

Quadro 5.6: Descrição da solução reabilitativa por camadas

Camada	Descrição
Suporte	Estrutura de suporte em madeira (existente)
Isolamento térmico	Painel rígido de poliestireno extrudido (XPS) de espessura variável (segundo solução adoptada) e condutibilidade térmica 0,037 W/(m°C)

5.4.3. CASO 3

Para o caso 3, com a presença de uma cobertura em terraço, optou-se, numa hipótese de reabilitação, substituir a solução existente por uma cobertura invertida, devido às vantagens apresentadas por esta anteriormente. Serão introduzidos no entanto alguns pormenores não existentes na solução original que poderão levar a um melhor desempenho e um aumento da conservação dos materiais usados ao longo do tempo.

- Introdução de uma pendente que permitirá um melhor escoamento das águas e uma menor acumulação e infiltração desta que podem danificar os elementos interiores da cobertura devido à sua acumulação.
- Substituição do revestimento de piso por uma solução de ladrilho cerâmico de grés assentes sobre argamassa.

Para uma melhor interpretação desta solução construtiva, é possível consultar a Figura 5.10 e o Quadro 5.7.

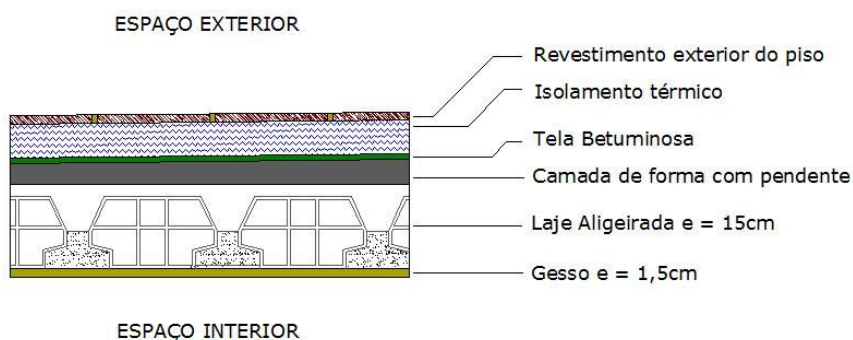


Fig. 5.10: Esquemática de uma possível solução de reabilitação da cobertura plana em cobertura invertida

Quadro 5.7: Descrição da solução reabilitativa por camadas

Camada	Descrição
Suporte	Laje Aligeirada (existente)
Formação de pendentes	Camada à base de betão cavernoso.
Primário asfáltico	Primário asfáltico
Membrana impermeabilizante	Tela betuminosa
Camada separadora	Geotêxtil
Isolamento Térmico	Painel rígido de poliestireno extrudido (XPS) de espessura variável (segundo solução adoptada) e condutibilidade térmica 0,037 W/(m°C)
Camada separadora	Geotêxtil
Camada de protecção	Pavimento constituído por ladrilhos cerâmicos de grés (20x20cm ²)

5.5. ESTUDO DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA

5.5.1. CONDIÇÕES QUE LEVAM À NECESSIDADE DE MELHORIA

Os valores de coeficientes de transmissão térmica das soluções de coberturas existentes antes de qualquer intervenção são uma referência importante. Pois é este valor que define de uma forma directa a quantidade de energia que se perde pelo elemento da envolvente. Como se pode observar com a análise já efectuada, estes tomam valores elevados (nos casos 1 e 2) ou então no limiar do valor máximo (caso 3) relativamente aos valores que deveriam ser tomados como máximos admissíveis segundo o RCCTE [2] para a zona climática estudada (Chaves – Zona I3) como se pode ver no Quadro 5.8. Apesar de não se tratar da certificação de um edifício novo onde estas exigências teriam de ser rigorosamente cumpridas, esta observação será tida em conta para este estudo de sensibilidade.

Quadro 5.8: Valores de referência de coeficientes de transmissão térmica [W/(m².°C)]

Chaves	U _{máx}	U _{ref}	U (caso 1)	U (caso 2)	U (caso 3)
(Zona - I3)	0,90	0,40	2,61	3,21	0,91

5.5.2. APLICAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO

No âmbito deste trabalho que se orienta para uma qualificação de coberturas existentes e proposta de soluções de reabilitação destas em termos de eficiência energética, a camada de isolamento térmico existente nessas soluções vai desempenhar de forma óbvia um papel fundamental no resultado final, sendo um material de muito baixa condutibilidade térmica quando comparado com os restantes materiais das respectivas soluções construtivas.

Pois em traços gerais, um isolamento térmico tem obrigatoriamente de possuir um valor de resistência térmica igual ou superior a 0,3 m².°C/W e um valor de condutibilidade térmica igual ou inferior a 0,065W.m/°C.

Torna-se necessário, para se fazer um estudo homogéneo e comparativo entre os vários casos, efectuar uma escolha específica de um isolante térmico a aplicar. Optou-se por uma solução recorrente de placas de poliestireno extrudado (XPS) esquematizadas na Figura 5.11 e cujo valor de condutibilidade térmica é de 0,037 W/(m.°C) [14].

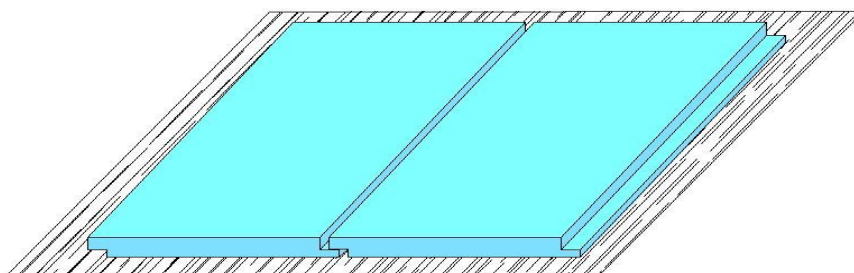


Fig. 5.11: Representação esquemática das placas de isolamento escolhidas

5.5.3. DEFINIÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ANÁLISE POR NÍVEIS DE QUALIDADE

Aplicando as possibilidades de reestruturação vistas anteriormente, vai então proceder-se à análise que vai determinar em que proporção é justificável uma intervenção energética para uma habitação. O estudo da eficiência energética pode ser feito de várias formas. Neste caso propõe-se uma abordagem a soluções de reabilitação da cobertura tendo em conta os níveis de qualidade a ela referentes que dependem dos seguintes factores:

- Elemento da envolvente em estudo;
- Localização geográfica da habitação;
- Coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo.

Estes níveis são de forma sucinta, valores impostos de coeficientes de transmissão térmica que devem ser adoptados pelo elemento construtivo em estudo. No entanto, deve frisar-se que apesar de duas das coberturas em estudo possuírem soluções consideradas interiores (desvão não-útil fortemente

ventilado), como o valor do coeficiente de perdas é superior a 0,7 ($t = 0,75$), serão aplicados a estas soluções os valores de coeficientes de transmissão térmica de coberturas exteriores [8] (Quadro 5.9).

Quadro 5.9: Coeficientes de transmissão térmica segundo os níveis de qualidade para cobertura

Nível de Qualidade	Zona Climática	Limites de U	Valores de U - [W/(m ² .°C)]
N0	I3	$U > U_{ref}$	$U > 0,4$
N1		$U = U_{ref}$	$U = 0,4$
N2		$U = 0,75 * U_{ref}$	$U = 0,30$
N3		$U = 0,60 * U_{ref}$	$U = 0,24$
N4		$U = 0,50 * U_{ref}$	$U = 0,20$

Rapidamente se entende que quanto maior o nível de qualidade que se pretende implementar, maior vai ser o investimento necessário para reabilitar ou reestruturar um elemento construtivo. Pois o objectivo é conseguir diminuir progressivamente o valor de coeficiente de transmissão térmica de forma a igualar o pretendido para o respectivo nível.

A finalidade da análise através de níveis de qualidade é poder clarificar em que medida uma intervenção de reabilitação ao nível de uma cobertura existente permite melhorar a eficiência energética global da habitação, observando-se os resultados a que ela leva, isto é, quer seja na componente da classificação energética (classes expostas no certificado energético que vão repercutir de forma directa para o cliente), quer nos ganhos reais que possam advir dessa intervenção, sem que esses impliquem no entanto uma mudança de classe.

Torna-se importante delinear essas duas vertentes, pois um ganho térmico significativo pode não obrigatoriamente levar a uma mudança de classe. Da mesma forma, uma solução que leva a uma mudança de classe energética, apesar de poder ser um melhor resultado comparativo relativamente a outro caso que tenha pior classificação, pode não acarretar o mesmo benefício energético em termos globais para a habitação. Dentro deste contexto estarão também referidas as vantagens e desvantagens que estas intervenções proporcionam tanto no âmbito energético como mais à frente no económico.

Usando então esta variável imprescindível que representa o isolamento térmico numa situação de reabilitação energética de uma cobertura, pretende-se determinar, dentro das soluções preconizadas anteriormente, qual a espessura deste elemento que permitirá alcançar cada um dos níveis de qualidade. No entanto, apesar de se centrar a análise técnico-económica nesses níveis com o objectivo de alargar o panorama de estudo e de soluções de reabilitação possíveis, também entrarão em consideração os valores de espessuras comerciais obtidas para a realização deste trabalho.

As espessuras de isolamento térmico segundo a solução e o nível de qualidade escolhidos encontram-se portanto no Quadro 5.10.

Quadro 5.10: Coeficientes de transmissão térmica segundo a solução de espessura de isolamento e o nível de qualidade

	Caso 1		Caso 2		Caso 3	
	e (mm)	U [W/(m ² .°C)]	e (mm)	U [W/(m ² .°C)]	e (mm)	U [W/(m ² .°C)]
N0	0 ^(*)	2,61	0 ^(*)	3,21	-	-
	30	0,81	30	1,0	30 ^(*)	0,91
	40	0,67	40	0,84	40	0,67
	50	0,57	50	0,71	50	0,57
	60	0,49	60	0,63	60	0,49
	-	-	80	0,51	-	-
N1	80	0,39	120	0,39	80	0,38
N2	110	0,29	180	0,29	110	0,29
N3	140	0,24	-	-	140	0,24
N4	170	0,20	-	-	170	0,20

(*) – Estas soluções referem-se à situação inicial da cobertura de cada caso.

Nota: Como se pode observar no Quadro 5.10, para a solução construtiva de cobertura relativa ao caso 2, não foram consideradas as espessuras de isolamento necessárias para satisfazer os níveis mais elevados de qualidade (N3 e N4). Pois sendo o isolamento colocado de forma descontínua entre as vigas de madeira existentes na esteira, as espessuras destes teriam de ser muito elevadas para igualar os coeficientes de transmissão térmica impostos por estes níveis. Desta forma, será apenas feita uma análise para as espessuras levando ao coeficiente relativo ao nível de qualidade N2.

5.6. ESTUDO TÉCNICO DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS

5.6.1. ALTERAÇÕES NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS HABITAÇÕES

Chegando a este ponto do trabalho, já se tem dado a entender a importância representada pela colocação de uma camada de material termicamente isolante no que se refere à melhoria da eficiência energética numa solução de reabilitação de edifícios. E de uma forma que apelaria ao sentido comum baseada no cálculo efectuado para os níveis de qualidade, dir-se-ia que quanto mais espessa a camada de isolamento usada, melhor vão ser os consequentes resultados obtidos de um ponto de vista térmico. No entanto, esta análise serve para demonstrar até que ponto existem benefícios na colocação de camadas de isolamento com mais espessura tendo em conta a situação em que se encontram as habitações.

Procedeu-se então a uma análise baseada na simulação da colocação de uma camada de isolamento com espessuras sucessivamente diferentes e superiores nas várias coberturas, observando por um lado quais os níveis de melhoria a nível energético que se verificam e por outro se a classe energética se encontra alterada.

5.6.2. NECESSIDADES DE ENERGIA NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

Em primeiro lugar, sabendo que, para o estudo energético destas coberturas, as perdas térmicas existentes na estação de aquecimento são o factor fundamental de um gasto de energia excessivo nos três casos, foi efectuada a simulação da aplicação do isolamento térmico, observando-se as melhorias consequentes apenas no gasto de energia para a estação de aquecimento.

Os Quadros 5.11 e 5.12 fornecem a variação do rácio entre as necessidades de energias para a estação de aquecimento e o valor máximo admissível de consumo de energia para essa finalidade segundo a solução de reabilitação adoptada para os casos 1 e 2, respectivamente. Essa evolução é representada de forma gráfica nas Figuras 5.12 e 5.13.

Quadro 5.11: Necessidades de energia na estação de aquecimento do caso 1

Espessura de isolamento térmico (mm)	Nível de qualidade	N_{ic} (kWh/m ² .ano)	N_i (kWh/m ² .ano)	N_{ic}/N_i
0		415,64		2,58
30		328,64		2,04
40	N0	322,20		2,00
50		317,37		1,97
60		314,15	161,1	1,95
80	N1	309,31		1,92
110	N2	304,48		1,89
140	N3	301,26		1,87
170	N4	299,65		1,86

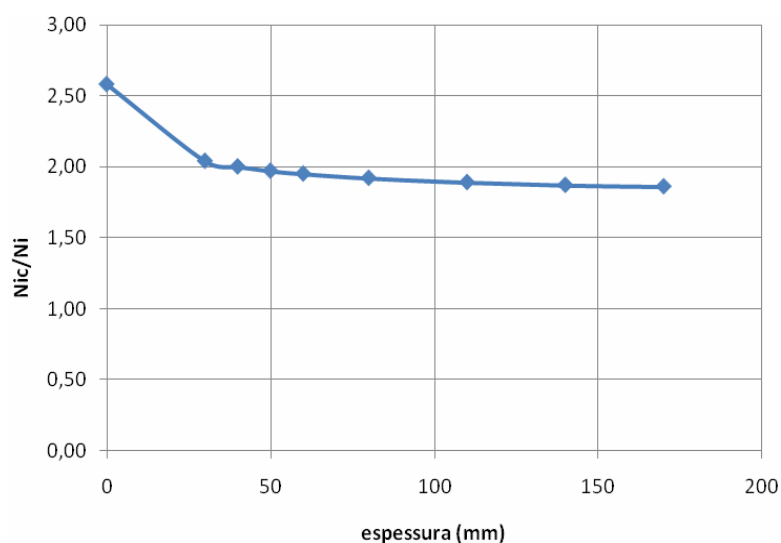


Fig. 5.12: Evolução das necessidades de aquecimento com o aumento da espessura de isolamento térmico para o caso 1

Quadro 5.12: Necessidades de energia na estação de aquecimento do caso 2

Espessura de isolamento térmico (mm)	Nível de qualidade	N_{ic} (kWh/m ² .ano)	N_i (kWh/m ² .ano)	N_{ic}/N_i
0		441,45		2,84
30		339,20		2,18
40	N0	331,37	155,44	2,13
50		325,85		2,10
60		322,17		2,07
80		316,65		2,04
120	N1	311,59		2,00
180	N2	306,98		1,97

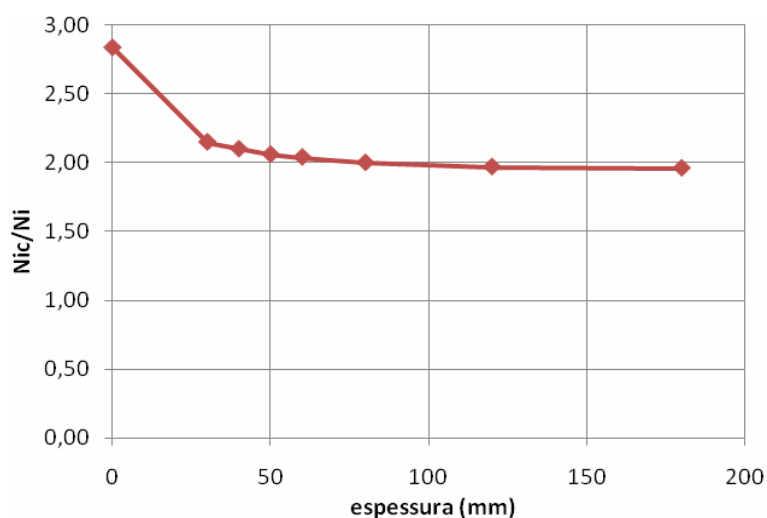


Fig. 5.13: Evolução das necessidades de aquecimento com o aumento da espessura de isolamento térmico para o caso 2

Analisando os gráficos que representam a evolução das necessidades de aquecimento com a solução de isolamento numa comparação dos valores necessários de energia para o aquecimento (N_{ic}) com os valores máximos (N_i), observa-se que para as soluções construtivas iniciais dos casos 1 e 2 que envolviam a existência de uma cobertura sem qualquer tipo de isolamento térmico, as necessidades, e consequentemente os gastos, descem rapidamente com a introdução de uma camada de isolamento, mesmo que essa não satisfaça o primeiro nível de qualidade térmica N1.

Seguindo o mesmo princípio de estudo para o caso 3, obtêm-se os valores referidos nos Quadro 5.13 e Figura 5.14.

Quadro 5.13: Necessidades de energia na estação de aquecimento do caso 3

Espessura de isolamento térmico (mm)	Nível de qualidade	N_{ic} (kWh/m ² .ano)	N_i (kWh/m ² .ano)	N_{ic}/N_i
0		-		-
30		290,63		2,12
40	N0	283,78		2,07
50		279,66		2,04
60		275,55	137,09	2,01
80	N1	271,44		1,98
110	N2	268,70		1,96
140	N3	265,95		1,94
170	N4	264,58		1,93

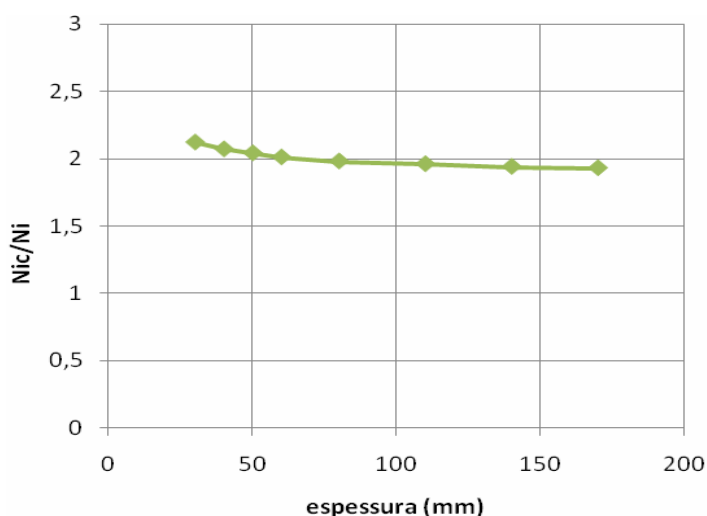


Fig. 5.14: Evolução das necessidades de aquecimento com o aumento da espessura de isolamento térmico para o caso 3

Para a situação referente ao caso 3, verifica-se uma diminuição não tão substancial como a existente nos outros dois casos de estudos referidos anteriormente. Isto deve-se essencialmente ao facto de existir logo à partida uma camada de isolamento térmico a partir da qual se notam diminuições de consumo de energia mas não tão acentuados como numa situação em que não existiria qualquer tipo de isolamento à partida.

No entanto, e de uma forma generalizada para os três casos, averigua-se que quanto maior a espessura de isolamento térmico introduzido na solução construtiva da cobertura, menor vai ser o acréscimo de

benefício energético trazido por esta. Pois através dos valores apresentados observa-se que a diminuição das necessidades de aquecimento é mais notória entre uma solução de isolamento de 30 para 40 milímetros do que por exemplo entre 140 e 170 milímetros. Gráficamente, este fenómeno pode ser observado com uma tendência das curvas a reduzirem o seu declive ficando cada vez mais horizontais.

5.6.3. NECESSIDADES DE ENERGIA NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

As necessidades de energia que se dão no âmbito da estação de arrefecimento não foram consideradas preponderantes nos casos em estudo.

Este facto pode ser justificado pelos seguintes motivos:

- A verificação das necessidades para o arrefecimento é, nos três casos, largamente cumprida;
- Ao se considerarem coberturas interiores para os casos 1 e 2, as necessidades de energia para a estação de arrefecimento não vão apresentar qualquer melhoria a esse nível relativamente à solução inicial;
- Por outro lado, sendo que existe o caso 3 em que a alteração da solução de isolamento intervém a nível energético num sentido de melhoria das necessidades de arrefecimento, os valores das necessidades dos três casos apresentam-se de tal forma baixos relativamente às necessidades de aquecimento que não serão tidos em conta nas soluções reabilitativas.

5.6.4. NECESSIDADES PARA A PREPARAÇÃO DAS ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

O consumo de energia relativo às necessidades de preparação das águas quentes sanitárias não vai ser abordado directamente nesta análise de uma forma técnico-económica como o são as necessidades de energia para o aquecimento ou as energias primárias. No entanto, no âmbito deste trabalho, é conveniente justificar essa opção.

Em primeiro lugar, foi estabelecido que o objectivo deste trabalho seria a quantificação e qualificação das melhorias a nível de eficiência energéticas notadas numa habitação em que seria implantada um solução de reabilitação da cobertura e conseqüentemente, da diminuição das quantidades de energia necessária.

No entanto, uma solução reabilitativa da cobertura não interfere de algum modo nas necessidades de energia para a preparação das águas quentes sanitárias, o que leva a deduzir que qualquer que seja a melhoria energética observada a partir da solução implantada, estas necessidades manter-se-ão inalteradas, pois só dependem do número de habitantes da fracção, do tipo de utilização da habitação, da eficiência do equipamento e da área útil de pavimento (ver 3.6.4.).

Por outro lado, é vantajoso guardar-se uma perspectiva teórica das necessidades de energia neste campo, pois por mais independentes que elas sejam da solução reabilitativa energética aplicada na cobertura, elas têm um peso considerável quando chega a altura de calcular as necessidades nominais de energia primária da habitação (ver 3.6.5.). Isto pode assim de forma directa, repercutir-se nas necessidades de energia global, prejudicando estes valores numa habitação com melhor solução construtiva de cobertura quando comparada com outra que esteja numa pior situação. Do mesmo modo poder-se-á observar a situação inversa.

Um exemplo do modo como as necessidades de energia para as águas quentes se repercutem nas necessidades de energia primária é o já referido caso 3, que possui necessidades de energia primária

semelhantes às do caso 2, tendo no entanto, menor necessidades de aquecimento mas maiores necessidades de preparação das águas quentes.

5.6.5. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Por outra parte, é também importante verificar em que nível uma alteração da solução construtiva das coberturas existentes toma proporções na eficiência energética global das habitações. Nos seguintes quadros são apresentados os valores das melhorias energéticas que se dão em cada caso para as suas respectivas soluções, sendo possível observar qual a variação do rácio entre as necessidades nominais de energia primária comparativamente ao valor pressuposto máximo, para cada habitação, dessas necessidades.

É importante referir que esta análise está aqui exposta, para cada caso, em dois quadros diferentes que pretendem definir a mesma situação. No entanto, o objectivo desta distinção de análise reside no facto de que apesar da existência de uma melhoria da eficiência energética de uma habitação devido a uma obra de reabilitação nessa, a classificação energética pode não se alterar. Assim sendo, a análise encontra-se dividida sobre duas perspectivas que são basicamente uma análise ao nível da classificação energética (que atinge directamente o cliente da obra de reabilitação) e de um ponto de vista de melhoria térmica (eficiência energética que reflecte o valor real da melhoria devido à reabilitação).

Em termos de eficiência energética, obtêm-se, para os 3 casos, a evolução de valores apresentada nos Quadros 5.14, 5.15 e 5.16. Por outro lado, em termos de evolução da classificação energética, os resultados são os apresentados no Quadro 5.17.

Quadro 5.14: Necessidades nominais de energia primária do caso 1

Espessura de isolamento térmico (mm)	Nível de qualidade	N_{ic} (kgep/m ² .ano)	N_t (kgep/m ² .ano)	N_{ic}/N_t
0		8,99		1,05
30		7,95		0,92
40	N0	7,87		0,91
50		7,82		0,91
60		7,77	8,63	0,90
80	N1	7,72		0,89
110	N2	7,66		0,89
140	N3	7,63		0,88
170	N4	7,60		0,88

Quadro 5.15: Necessidades nominais de energia primária do caso 2

Espessura de isolamento térmico (mm)	Nível de qualidade	N_{tc} (kgep/m ² .ano)	N_t (kgep/m ² .ano)	N_{tc}/N_t
0	N0	16,90	5,32	3,18
30		13,95		2,62
40		13,72		2,58
50		13,56		2,55
60		13,45		2,52
80		13,29		2,50
120	N1	13,15		2,48
180	N2	13,01		2,45

Quadro 5.16: Necessidades nominais de energia primária do caso 3

Espessura de isolamento térmico (mm)	Nível de qualidade	N_{tc} (kgep/m ² .ano)	N_t (kgep/m ² .ano)	N_{tc}/N_t
0		-		-
30	N0	14,38	7,24	1,99
40		14,20		1,96
50		14,08		1,94
60		13,99		1,93
80	N1	13,87		1,92
110	N2	13,77		1,90
140	N3	13,71		1,89
170	N4	13,67		1,88

Quadro 5.17: Classificações energéticas dos três casos segundo a solução reabilitativa adoptada

Nível de qualidade	Espessura de isolamento térmico (mm)	Caso 1	Caso 2	Caso 3
N0	0	C	G	-
	30	B	F	D
	40	B	F	D
	50	B	F	D
	60	B	F	D
N1	80	B	E	D
	120	-	E	-
N2	110	B	-	D
	180	-	E	-
N3	140	B	-	D
N4	170	B	-	D

Graficamente, estão representadas na Figura 5.15 as evoluções conjuntas da eficiência e da classificação energética das várias habitações.

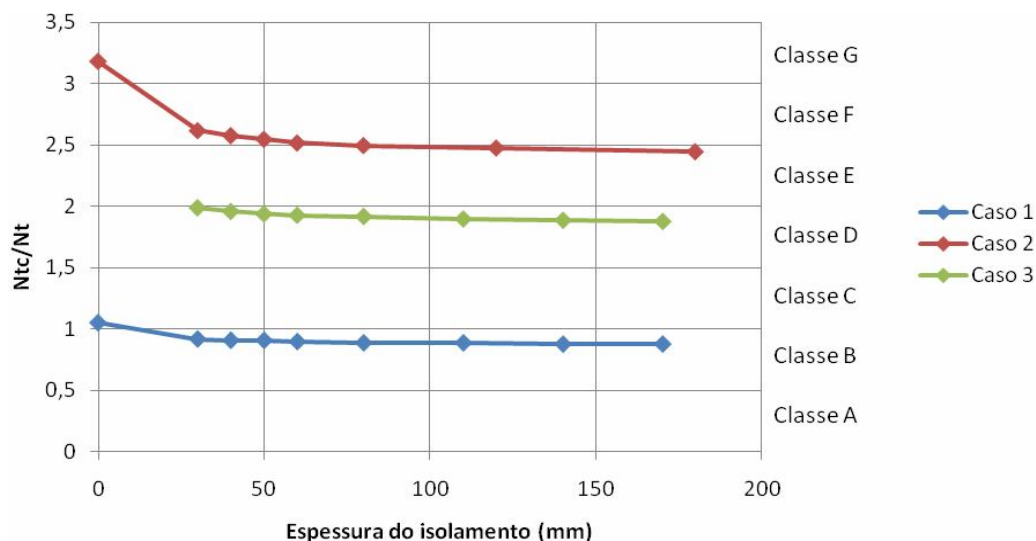


Fig. 5.15: Evolução das necessidades nominais de energia primária e das classes energéticas dos três casos segundo a solução reabilitativa adoptada

Analisando agora a vertente da evolução das necessidades nominais de energia primária, observa-se uma evolução tendencial semelhante à referida para a situação das necessidades de energia para a estação de aquecimento. Pois quanto maior a espessura de isolamento térmico introduzido, menor é o benefício térmico que o acréscimo de espessura vem introduzir na solução global. Isto repercute-se directamente na melhoria da classificação energética.

5.6.6. ANÁLISE DOS CASOS EM ESTUDO

Tendo em conta os resultados atrás referidos relativos às necessidades de energia das três habitações, é possível estabelecer alguns juízos de valor sobre estes.

5.6.6.1. Caso 1

- A melhoria da classificação térmica neste primeiro caso ocorre aquando da introdução de uma camada de isolamento térmico, mesmo de pequena espessura (C para B). Com o aumento dessa camada, as melhorias de eficiência térmica poderão ser observadas (Quadro 5.14 e Fig. 5.15) mas de forma tendencialmente menor.
- Numericamente, isto é, em termos de eficiência energética, a diminuição de necessidades nominais de energia primária ressentida entre a solução inicial sem isolamento térmico (8,99 kgep/m².ano) e a solução mais exigente N4 com espessura de 170 mm (7,60 kgep/m².ano) representa uma diminuição em 15% das necessidades globais de energia primária (Fig. 5.16 e 5.17).
- Como já referido anteriormente, as melhorias observadas em termos energéticos vão apenas ressentir-se nas necessidades de energia para a estação de aquecimento. Mas tendo em conta o peso de importância de cada uma das variantes de necessidades energéticas no valor das necessidades de energia primária, obtém-se a seguinte evolução gráfica:

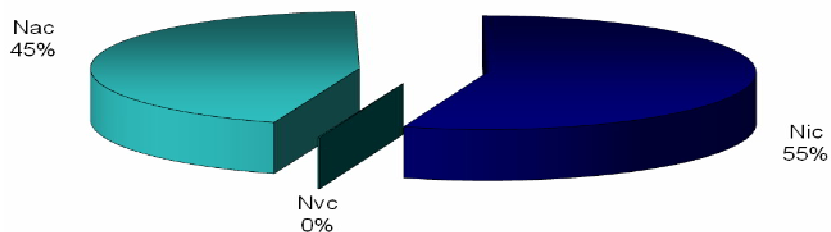


Fig. 5.16: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura inicial

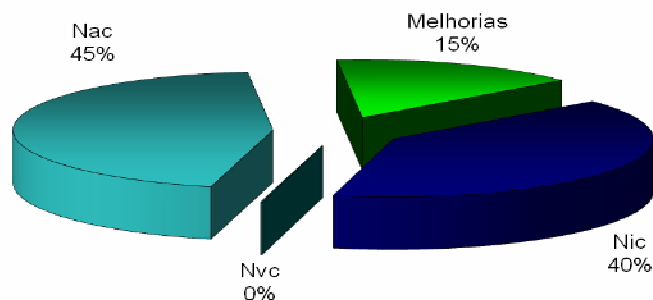


Fig. 5.17: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura mais exigente (nível de qualidade N4) e melhorias observadas

5.6.6.2. Caso 2

- Para o segundo caso de análise, é possível observar uma melhoria de duas classes energéticas (G para E). A primeira mudança manifesta-se, tal como no caso anterior, com a primeira solução de isolamento térmico proposta. A segunda mudança de classe (F para E) ocorre quando a solução de isolamento térmico é o suficiente para satisfazer o nível de qualidade N1 (Fig. 5.15)
- No entanto, apesar de esta habitação ter por um lado a pior classificação energética e por outro a solução de cobertura que proporciona mais perdas, o ganho obtido com a implementação de soluções reabilitativas revela ser de maior importância. Pois com a introdução de um nível de conforto N2 (180 mm), pode observar-se uma diminuição de 23% das necessidades nominais de energia primária (Fig. 5.18 e 5.19).
- Como já referido anteriormente, as melhorias observadas em termos energéticos vão apenas ressentir-se nas necessidades de energia para a estação de aquecimento. Mas tendo em conta o peso de importância de cada uma das variantes de necessidades energéticas no valor das necessidades de energia primária, obtém-se a seguinte evolução gráfica:

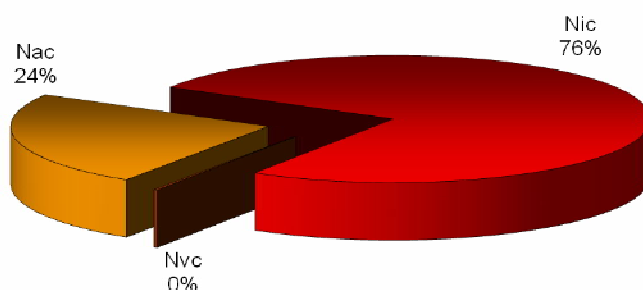


Fig. 5.18: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura inicial

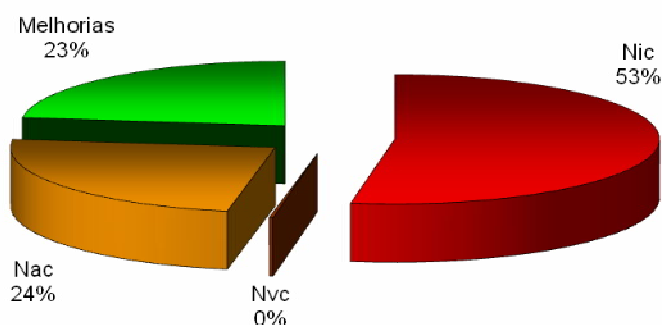


Fig. 5.19: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura mais exigente (nível de qualidade N2) e melhorias observadas

5.6.6.3. Caso 3

- Neste último caso, pode verifica-se que a classificação térmica não se altera qualquer que seja a solução de reabilitação proposta. Apesar de existirem melhorias ao nível das necessidades de energia para aquecimento que se reflecte em melhorias nas necessidades nominais de energia primária, o resultado na classificação mantém-se inalterado. Isso deve-se essencialmente ao facto de existir uma solução construtiva prévia que já prevê a existência de uma camada de

isolamento de 30 mm. E como se referiu, as melhorias energéticas são mais expressivas para aumentos de espessuras ainda baixos do que para os mais elevados. Por outro lado, esta habitação possui uma classificação energética D mas que adopta valores baixos dentro desta classe limitada por valores de N_{tc}/N_t de 2,0 e 1,5. Não se encontrando no limiar de outra classe energética, e com o aumento de eficiência trazido pela reabilitação, esta habitação não teria possibilidade de mudar de classe através de uma intervenção na cobertura.

- Tal como esperado, uma solução reabilitativa da cobertura não aporta uma grande diminuição das necessidades nominais de energia primária, anotando-se um valor de cerca de 5% menos que o da solução correspondente à inicial (Fig. 5.20 e 5.21). Pois este caso possui também um valor elevado de necessidades de energia para a preparação de águas quentes sanitárias, cujo valor se mantém inalterado com a aplicação de uma reabilitação energética na cobertura.
- Como já referido anteriormente, as melhorias observadas em termos energéticos vão apenas ressentir-se nas necessidades de energia para a estação de aquecimento. Mas tendo em conta o peso de importância de cada uma das variantes de necessidades energéticas no valor das necessidades de energia primária, obtém-se a seguinte evolução gráfica:

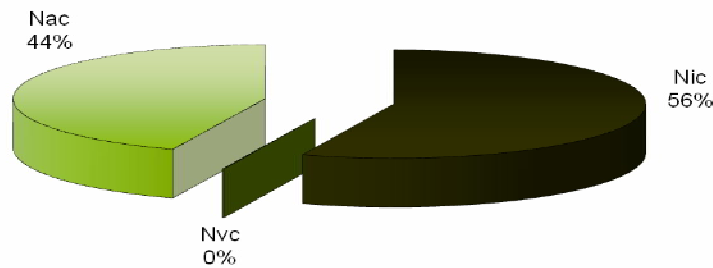


Fig. 5.20: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura inicial

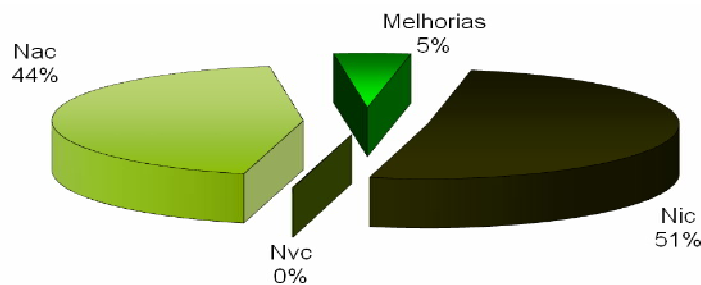


Fig. 5.21: Peso das necessidades energéticas nas necessidades nominais de energia primária na solução construtiva de cobertura mais exigente (nível de qualidade N4) e melhorias observadas

5.6.7. ANÁLISE GLOBAL

Analisando o Quadro 5.18 que apresenta os valores obtidos entre a solução inicial e a mais exigente (N4 para os casos 1 e 3 e N2 para o caso 2) para os vários tipos de necessidades energéticas da habitação, pode observar-se à primeira vista que em termos de eficiência energética global, o caso em estudo que se encontra melhor qualificado é o caso 1. No entanto, a habitação que possui a melhor evolução em termos de melhoria energética é o caso 2.

Quadro 5.18: Quadro resumo da evolução dos valores de necessidades energéticas dos três casos e melhorias ressentidas

		Caso 1	Caso 2	Caso 3
N_{ic} (kWh/m ² .ano)	Inicial	415,64	441,45	290,63
	Mais exigente	299,65	306,98	283,78
N_i (kWh/m ² .ano)		161,1	155,44	137,09
N_{vc} (kWh/m ² .ano)	Inicial	0,84	3,86	1,43
	Mais exigente	0,84	3,86	0,93
N_v (kWh/m ² .ano)		18	18	18
N_{ac} (kWh/m ² .ano)	Inicial	46,69	47,35	73,66
	Mais exigente	46,69	47,35	73,66
N_a (kWh/m ² .ano)		52,02	27,85	43,32
N_{tc} (kWh/m ² .ano)	Inicial	8,99	16,90	14,38
	Mais exigente	7,60	13,01	13,67
N_t (kWh/m ² .ano)		8,63	5,32	7,24
N_{tc} / N_t	Inicial	1,05	3,18	1,99
	Mais exigente	0,88	2,45	1,88
Classe energética	Inicial	C	G	D
	Mais exigente	B	E	D
Diminuição das necessidades nominais de energia primária		15%	23%	5%

No primeiro caso, a melhor classificação energética deve-se essencialmente ao facto desta habitação possuir sistemas de climatização e de aquecimento das águas sanitárias mais eficientes do que nos outros casos (ver 5.6.8.1.). Pois analisando os valores apresentados na tabela, observa-se que as necessidades de aquecimento, arrefecimento e de águas quentes são semelhantes às do caso 2, apresentando no entanto uma classificação energética substancialmente melhor.

A melhoria da eficiência energética ressentida pela habitação referente ao caso 2, deve-se em parte a cobertura inicialmente existente proporcionar perdas muito elevadas, pois para além de um coeficiente de transmissão térmica significativo, a elevada área de cobertura, proporcionava ainda mais perdas. Com a introdução da primeira solução reabilitativa, o coeficiente de transmissão térmica, e consequentemente, as perdas ocorridas, são reduzidas.

No caso 3, por sua vez, existe uma melhoria pouco significativa das necessidades nominais de energia primária. Pois tendo em conta que esta habitação já estava provida de uma solução construtiva inicial em que se encontrava colocada uma camada de isolamento térmico, a diminuição das necessidades de aquecimento, sendo inicialmente relativamente mais baixas que nos outros dois casos, não será muito

notória. No entanto esta habitação, estando provida de um sistema de aquecimento das águas de mais baixa eficiência relativamente ao caso 1 e de uma área de pavimento útil muito inferior à habitação do caso 2, possui valores de necessidades de águas quentes elevados, o que se repercute directamente na classificação térmica.

5.6.8. ANÁLISES COMPLEMENTARES DA EFICIÊNCIA MELHORIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

5.6.8.1. Importância do sistema de aquecimento utilizado

Tendo em conta a importância dos gastos proporcionados na estação de aquecimento, a escolha do sistema de climatização a ser considerado na habitação vai ter um peso considerável na classificação energética final. Numa situação de análise como a apresentada até agora de habitações apoiada no RCCTE [2], o perito qualificado, na ausência de sistema de climatização, deveria ter em consideração um sistema abastecido à electricidade.

Tendo em conta os factores de conversão de energia útil para energia primária dos sistemas eléctricos e dos sistemas a combustíveis líquidos, sólidos ou gasosos e que, hipoteticamente, segundo as mesmas soluções reabilitativas propostas anteriormente, fossem considerados sistemas de aquecimento a combustível para os casos 2 e 3, seriam obtidos os resultados apresentados nos Quadros 5.19 e 5.20.

Quadro 5.19: Influência do tipo de sistema de climatização escolhido para a estação de aquecimento na eficiência global da habitação do caso 2

	Sistema eléctrico		Sistema a combustível	
Eficiência do equipamento	1,0	1,0	0,8	0,8
Solução construtiva da cobertura	Inicial	N2	Inicial	N2
Factor de conversão de energia útil para energia primária [kgep/kWh]	0,29	0,29	0,086	0,086
Necessidade de energia primária [kgep/m ² .ano]	16,90	13,01	8,85	7,36
N_{tc} / N_t	3,18	2,45	1,66	1,38
Classe energética	G	E	D	C
Diminuição das necessidades globais de energia primária entre a solução inicial e a solução N2	23%		17%	
Diminuição média das necessidades globais de energia primária entre a solução com sistema eléctrico e sistema a combustível	45%			

Quadro 5.20: Influência do tipo de sistema de climatização escolhido para a estação de aquecimento na eficiência global da habitação do caso 3

	Sistema eléctrico		Sistema a combustível	
Eficiência do equipamento	1,0	1,0	0,8	0,8
Solução construtiva da cobertura	Inicial	N4	Inicial	N4
Factor de conversão de energia útil para energia primária [kgep/kWh]	0,29	0,29	0,086	0,086
Necessidade de energia primária [kgep/m ² .ano]	14,38	13,67	9,33	9,06
N_{tc} / N_t	1,99	1,88	1,28	1,25
Classe energética	D	D	C	C
Diminuição das necessidades globais de energia primária entre a solução inicial e a solução N4	5%		3%	
Diminuição média das necessidades globais de energia primária entre a solução com sistema eléctrico e sistema a combustível			34%	

Os factores de conversão de energia útil para energia primária que determinam qual o tipo de sistema instalado na habitação, interferem apenas no cálculo das necessidades nominais de energia primária.

No entanto, através da análise dos quadros apresentados, é possível observar que apesar de as melhorias em termos de eficiência global das soluções reabilitativas propostas se tornarem ligeiramente menos significativas (17% para o caso 2 e 3% para o caso 3), os respectivos valores de necessidades nominais de energia primária sofrem, por sua vez, uma diminuição bem significativa, levando, no caso 2, a uma diminuição média de 45% destes o que leva a uma melhoria final de duas classes energéticas. No caso 3, a consideração de um sistema de aquecimento a combustível leva a uma diminuição média de 34% das necessidades de energia primária, levando assim a uma melhoria da classe energética, passando de D para C.

Esta análise complementar revela de que forma a escolha de um sistema de aquecimento pode afectar a classificação de uma habitação em termos de eficiência energética.

5.6.8.2. Mudança de classe energética

Como se tem vindo a observar para a totalidade dos casos aqui em estudo, é possível com o aumento gradual da espessura da camada de material isolante reduzir progressivamente o coeficiente de transmissão térmica das soluções de cobertura.

No entanto outra forma dentro da qual poderia ter sido abordado o estudo energético, seria a determinação do isolante necessário para efectivamente se notarem melhorias na classificação apresentada no certificado energético. Isto é, a título de exemplo, qual o isolante necessário numa

solução cuja classificação global da habitação seja a classe C para poder obter um resultado dentro da classe B.

Sendo os valores obtidos de coeficientes de transmissão térmica para os três casos já muito baixos, com a introdução da possibilidade de um nível de qualidade N4 (170 mm) para os casos 1 e 3 e N2 (180 mm) para o caso 2, foi simulada uma solução hipotética óptima em que não ocorreriam nenhuma perda através da cobertura. Pois conhecendo o método de cálculo do coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente, já anteriormente referido (ver 3.4.1), observa-se que este é inversamente proporcional ao valor de espessura de material isolante usado, tendendo este coeficiente para 0 e a espessura para um valor infinito (Fig. 5.22).

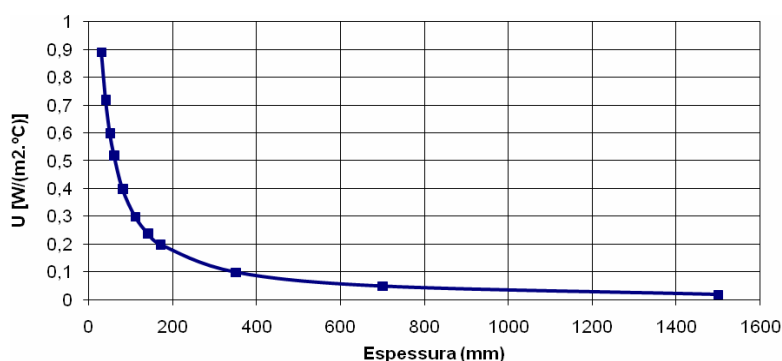


Fig. 5.22: Evolução de um coeficiente de transmissão térmica segundo a espessura de isolamento térmico adoptada na solução reabilitativa

Efectuando então através das folhas de cálculo das necessidades nominais de energia de cada uma das habitações uma simulação de não ocorrência de perdas térmicas através da cobertura, obtêm-se os resultados apresentados no Quadro 5.21.

Quadro 5.21: Evolução das classes energéticas das habitações para uma solução óptima teórica de perdas através da cobertura

	Tipo de solução	Nic/Ni	Ntc/Nt	Classe energética
Caso 1	Inicial	2,58	1,05	C
	Mais exigente (N4)	1,86	0,88	B
	Sem perdas térmicas	1,80	0,87	B
Caso 2	Inicial	2,84	3,18	G
	Mais exigente (N4)	1,97	2,45	E
	Sem perdas térmicas	1,88	2,37	E
Caso 3	Inicial	2,12	1,99	D
	Mais exigente (N4)	1,93	1,88	D
	Sem perdas térmicas	1,87	1,86	D

Dada a análise do quadro apresentado, deduz-se que não é possível uma melhoria na classificação energética do edifício apenas através de uma intervenção energética na cobertura apesar de existirem melhorias contínuas na eficiência energética.

Observa-se então, como já referido, que o aumento da espessura de isolamento térmico numa solução construtiva de reabilitação de cobertura, apesar de aportar sempre um benefício térmico na solução global, vai reflectir-se em melhorias térmicas sucessivamente menos significativas. Este factor poderá revelar-se determinante quando aliado ao termo económico que cada solução exige.

5.7. ESTUDO ECONÓMICO DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS

Até ao momento, este trabalho tinha envergado numa análise que se virava apenas para a vertente energética trazida pela reabilitação térmica de edifícios existentes. Essa análise, não deixando de ser indispensável, tem no entanto de ser ligada ao factor económico. Pois o custo de uma obra é um elemento decisivo no momento da intervenção, essencialmente no papel do financiador. É importante, no momento da escolha da solução de reabilitação, que este conheça a relação existente entre o dinheiro que pretende investir e o benefício que vai tirar dessa intervenção.

Esta parte de estudo económico pretende exactamente definir esta vertente e associá-la ao anteriormente estudado (melhorias na eficiência energética) para se fazer, dentro das possibilidades propostas, a melhor escolha reabilitativa para cada um dos casos. Desta forma, para além dos valores de melhoria energética já definidos, torna-se possível efectuar uma análise económica dos resultados esclarecendo o rendimento obtido por cada solução.

Tratando este trabalho de obras de reabilitação, é necessário ter em conta que estes são objecto de investimentos que envolvem não só a aplicação do material térmico como todos os processos envolventes à sua colocação. Estes vão representar um custo acrescido para a obra que se reflecte na mão-de-obra e trabalhos efectuados, meios auxiliares e custos indirectos. Para a determinação destes custos (excepto o do isolamento térmico), e como mais à frente se refere com mais pormenor, recorreu-se à utilização de um programa que permite fazer a simulação de orçamentos (CYPE).

No entanto, e tratando-se justamente de reabilitação, os custos poder-se-ão muitas vezes ainda se ver acentuados dos custos correntes devido à necessidade de tratamentos prévios ao início da obra (como são por exemplo trabalhos de limpeza, nivelamento de superfícies para colocação de um isolamento ou remoção parcial ou total da solução construtiva existente). Neste sentido torna-se ainda mais preponderante uma reflexão económica do investimento que uma obra deste tipo pode proporcionar.

Dados os valores de custos obtidos, propõe-se então, através de uma projecção estatística de consumo tendencial de energia, efectuar a verificação do benefício económico existente por unidade de área de cobertura, para cada uma das possibilidades de reabilitação energética. Essa análise, tal como para a parte técnica do estudo, para além de se dar para os vários níveis de qualidade, tem em conta a existência das espessuras comerciais das placas de isolamento térmico [14] (Anexo IV), usadas como referências de custo neste trabalho mas também dando um contributo complementar. Pois o leque de possibilidades de uma intervenção energética fica assim alargado sendo também sugerida e estudada a possibilidade de implementar soluções economicamente inferiores aos níveis de qualidade estabelecidos.

Para satisfazer as espessuras necessárias aos níveis de qualidade mais exigentes, sabe-se que é possível, através da sobreposição de camadas, obter espessuras maiores do que as referidas nas tabelas de preço. Este será o procedimento usado para a obtenção de camadas mais espessas.

5.7.1. BASE DE DADOS

Seguindo as propostas indicadas para a reabilitação térmica das coberturas dos três casos em estudo, é necessário conhecer qual o custo inerente à intervenção para estes. Pois, tratando-se de reabilitações diferentes em edifícios diferentes, os custos também serão diferentes. Na ausência de melhores meios para uma determinação exacta desses custos, foi usado um programa que permite efectuar a simulação de orçamentos, dando uma apreciação sobre o custo dos materiais se bem como o custo da mão-de-obra envolvida. Estes custos inerentes à intervenção proposta para cada um dos casos (excepto o custo dos painéis de isolamento que irão ser quantificados mais à frente) encontram-se discriminados nos Quadros 5.22, 5.23 e 5.24.

Para tornar a análise mais metódica, é estabelecida uma base de dados em que os valores de custos parciais ou totais são considerados por unidade de área, pois o objectivo é uma análise do benefício técnico-económico de cada solução.

5.7.1.1. Caso 1

Quadro 5.22: Especificação das características e dos preços relativos aos materiais e trabalhos associados a uma obra de reabilitação de cobertura (excepto isolamento térmico)

Material (Camada)	Unidades (Ud)	Composição	Rendimento (Ud/m ²)	Preço da unidade (€)	Preço artigo (€/m ²)
Isolamento térmico	-	Painel rígido de poliestireno extrudido, de espessura variável (segundo solução adoptada).	-	-	-
Revestimentos	m ³	Argamassa de cimento confeccionada em obra.	0,05	56,69	2,83
Mão-de-Obra	h	Oficial de 1ª construção	0,714	10,77	7,69
		Ajudante construção	0,714	10,39	7,42
		Operário não qualificado construção	0,357	9,94	3,55
	%	Meios auxiliares	2	40,85	0,82
		Custos indirectos	3	41,67	1,25
				Total:	23,56

5.7.1.2. Caso 2

Quadro 5.23: Especificação das características e dos preços relativos aos materiais e trabalhos associados a uma obra de reabilitação de cobertura (excepto isolamento térmico)

Material (Camada)	Unidades (Ud)	Composição	Rendimento (Ud/m ²)	Preço da unidade (€)	Preço artigo (€/m ²)
Isolamento térmico	Ud	Painel rígido de poliestireno extrudido, de espessura variável (segundo solução adoptada).	-	-	-
Mão-de-Obra	h	Oficial de 1 ^a construção	0,714	10,77	7,69
		Ajudante construção	0,714	10,39	7,42
		Operário não qualificado construção	0,357	9,94	3,55
	%	Meios auxiliares	2	40,85	0,82
		Custos indirectos	3	41,67	1,25
				Total:	20,70

5.7.1.3. Caso 3

Quadro 5.24: Especificação das características e dos preços relativos aos materiais e trabalhos associados a uma obra de reabilitação de cobertura (excepto isolamento térmico)

Material (Camada)	Unidades (Ud)	Composição	Rendimento (Ud/m ²)	Preço da unidade (€)	Preço artigo (€/m ²)
Camada de forma	m ³	Betão cavernoso de inertes de argila expandida.	0,1	104,49	10,45
Primário	kg	Primário asfáltico	0,3	1,28	0,38
Impermeabilizante	m ²	Tela Betuminosa	1,1	5,75	6,33
Geotêxtil	m ²	Geotêxtil termosoldado	1,1	0,99	1,09
Isolamento térmico	m ²	Painel rígido de poliestireno extrudido, de espessura variável (segundo solução adoptada).	-	-	-
Geotêxtil	m ²	Geotêxtil termosoldado	1,1	0,99	1,09
Argamassas	m ³	Argamassa de cimento confeccionada em obra.	0,02	59,97	1,2
Argamassa para juntas	kg	Argamassa de juntas cimentosas.	0,3	0,74	0,22
Revestimento do piso	m ²	Mosaico cerâmico de grés esmaltado, 40x40 cm.	1,05	8	8,4
Mão-de-obra	H	Oficial de 1 ^a impermeabilizador.	1,03	10,77	11,09
		Ajudante impermeabilizador.	1,03	10,39	10,7
	%	Meios auxiliares	2	68,01	1,36
		Custos indirectos	3	69,37	2,08
				Total:	55,92

“Os valores de preços atribuídos aos elementos desta solução pretendem incluir o transporte e movimento vertical e horizontal dos materiais em obra, inclusive carga e descarga dos camiões, os trabalhos de limpeza da superfície superior da laje” (CYPE).

5.7.1.4. Isolamento térmico

Segundo os dados obtidos para as placas de isolamento térmico em poliestireno extrudido [14] (Anexo IV), já é possível determinar os custos das placas segundo as espessuras vendidas comercialmente. As soluções de espessuras de isolamento e alterações dos respectivos coeficientes de transmissão térmica do elemento para os casos 1 e 2 de coberturas inclinadas sem existência prévia de

isolamento e com a aplicação deste na esteira horizontal encontram-se resumidas nos Quadros 5.25 e 5.26.

Quadro 5.25: Custo do isolamento por unidade de área para as diversas soluções reabilitativas do caso 1

Espessura (mm)	Tipo de solução	Custo (€/m ²)	U [W/(m ² .°C)]	
0	Existente	-	2,61	3,21
30	Reabilitação	3,84	0,81	0,89
40		5,12	0,67	0,71
50		6,4	0,57	0,60
60		7,68	0,49	0,52
80		10,8	0,40	0,40
110		14,93	0,30	0,30
140		19,13	0,24	0,24
170		22,25	0,20	0,20

Quadro 5.26: Custo do isolamento por unidade de área para as diversas soluções reabilitativas do caso 2

Espessura (mm)	Tipo de solução	Custo (€/m ²)	U [W/(m ² .°C)]	
0	Existente	-	2,61	3,21
30	Reabilitação	3,84	0,81	1,00
40		5,12	0,67	0,84
50		6,4	0,57	0,71
60		7,68	0,49	0,63
80		10,8	0,40	0,51
120		15,36		0,39
180		23,60	0,20	0,29

Por outro lado, a solução remetente para a alteração da camada de isolamento no caso da cobertura plana do caso 3 encontra-se referida da mesma forma no Quadro 5.27.

Quadro 5.27: Custo do isolamento por unidade de área para as diversas soluções reabilitativas do caso 3

Espessura (mm)	Tipo de solução	Custo (€/m ²)	U [W/(m ² .°C)]
30	Existente	-	0,91
40	Reabilitação	5,12	0,73
50		6,4	0,61
60		7,68	0,52
80		10,8	0,40
110		14,93	0,30
140		19,13	0,24
170		23,34	0,20

Como se pode observar, não foi considerada a hipótese de uma reabilitação da cobertura para a espessura de 30 milímetros de isolamento sendo que essa é a solução já existente na cobertura, o que não levaria à melhoria da eficiência energética da habitação.

O primeiro ponto para se efectuar este estudo é então reunir a informação económica juntada até este ponto e determinar os custos de uma intervenção no ano 0, isto é, o custo da obra de reabilitação em si por unidade de área de cobertura. Tendo em conta os valores referenciados, obtém-se o Quadro 5.28 que fornece uma ideia aproximada dos custos de reabilitação tendo em conta a espessura de isolamento usada para tal.

Quadro 5.28: Custo total por unidade de área das possíveis intervenções reabilitativas da para as três habitações

Espessura de isolamento térmico (mm)	Estimativa do custo da obra (€/m ²)		
	Caso 1	Caso 2	Caso 3
30	27,4	24,57	-
40	28,68	25,85	61,04
50	29,96	27,13	62,32
60	31,24	28,41	63,6
80	34,36	31,53	66,72
110	38,49	-	70,84
120	-	36,13	-
140	42,69	-	75,05
170	46,9	-	79,25
180	-	44,37	-

5.7.2. MÉTODO DE CÁLCULO

Os cálculos que permitem a determinação dos custos acumulados ao longo dos anos que a solução inicial ou cada solução de reabilitação proporcionam em termos monetários por unidade de área apoiam-se nas equações a seguir indicadas. A equação (5.1) proveniente do RCCTE [2], permite determinar qual a energia necessária para compensar as perdas originadas por um elemento construtivo por unidade de área da envolvente na estação de aquecimento. No entanto, tendo em conta que as coberturas referentes aos casos 1 e 2 são coberturas fazendo parte da envolvente mas que foram consideradas como sendo interiores, dever-se-á recorrer à equação (5.2) ambas já referidas no capítulo de metodologias e conceitos do presente trabalho (ver 3.5.1.1).

$$Q_{ext} = 0,024 * U * GD \quad (KWh / m^2) \quad (5.1)$$

$$Q_{int} = 0,024 * U * GD * \tau \quad (KWh / m^2) \quad (5.2)$$

O valor da área será neste momento não preponderante na análise pois esta vai-se efectuar por metro quadrado de cobertura. Estes valores serão então confrontados com os custos de energia a seguir indicados através das seguintes expressões.

$$Custo = Q_{ext} * Custo_{energia} \quad (€m^2) \quad (5.3)$$

$$Custo = Q_{int} * Custo_{energia} \quad (€m^2) \quad (5.4)$$

Segundo os dados obtidos [15], estabeleceu-se um custo de energia eléctrica de 0,1134 €/kWh. No entanto é de referenciar que para os casos 2 e 3 não existe qualquer tipo de sistema de climatização nas habitações, e para o caso 1 existe de facto um sistema de climatização mas abastecido, como já anteriormente referido, a combustível líquido. É no entanto importante relembrar que esta análise pretende apenas fazer uma apreciação teórica dos benefícios económicos, baseada num princípio metódico e comparativo, que seriam obtidos com a implantação das soluções reabilitativas propostas partindo de uma fonte de energia comum para os três casos (electricidade).

Existirão portanto dois grandes objectivos com esta simulação:

- Verificar a melhoria financeira aportada por cada solução individualmente a cada uma das habitações em estudo ponderando sobre a opção mais benéfica numa relação entre o custo e a eficiência energética;
- Estabelecer uma comparação entre as várias habitações dentro de um conjunto de soluções com a mesma exigência térmica.

Seguindo as equações acima referenciadas, obtêm-se então os dados respectivos ao cálculo da projecção dos custos para uma melhoria energética das coberturas existentes (Quadro 5.29).

Quadro 5.29: Características das três habitações a ter em conta para a solução reabilitativa

	U [W/(m ² .°C)]	Graus Dias (°C.dias)	τ	Tipo de energia gasta	Custo da energia (€/kWh)
Caso 1	Variável	2560	0,75	Eléctrica	0,1134
Caso 2	segundo solução			Eléctrica	0,1134
Caso 3			-	Eléctrica	0,1134

No entanto, tratando-se de uma análise que tem por objectivo a projecção dos custos relativos a uma intervenção energética no ano 2009 para o futuro num período de 30 anos, advém que é necessário impor uma taxa de inflação referente a um aumento possível dos custos de energia utilizada para satisfazer as necessidades térmicas das habitações. Segundo esta perspectiva de aumento anual do valor da energia, foi estabelecida uma previsão seguindo uma taxa de inflação de 2,5%. Por outro lado, é também necessário prever que, da mesma forma que o custo de energia aumenta, também existem juros relativos ao capital utilizado para pagar esses custos. Nessa perspectiva, ter-se-á em conta uma taxa de juro anual do capital de 2% (equação 5.5).

A seguinte expressão representa então a projecção dos custos totais para o ano n tendo como ponto de partida o ano 2009.

$$Custo_{total} = Custo_{investimento} + \sum_n^1 \left[\frac{(Q * custo_{energia}) * 1,025^{(n-1)}}{1,02^n} \right] \quad (€m^2) \quad (5.5)$$

5.7.3. MÉTODOS GERAIS DE INTERPRETAÇÃO DOS GRÁFICOS OBTIDOS NA ANÁLISE ECONÓMICA

Os seguintes métodos interpretativos referem-se aos gráficos apresentados no sub capítulo 5.7.4.

De uma forma geral, facilmente se consegue então interpretar os gráficos apresentados como sendo o resultado de uma simulação de custos de energia proporcionados pela solução existente de cobertura ou por uma solução que advém da reabilitação energética desta. As curvas representadas pela situação “N0 (sem isolamento)” nos casos 1 e 2 ou “N0 (inicial - 30 mm)” no caso 3 (Fig. 5.24, 5.25 e 5.26) descrevem a solução inicial da cobertura sem reabilitação. As outras curvas vão representando sucessivamente soluções de reabilitação cada vez com maior espessura da camada de isolamento, usando primeiramente os valores comerciais obtidos [14] e em segundo plano as espessuras tendo em conta os vários níveis de qualidade possíveis.

A acentuação das curvas torna-se notória no sentido em que a solução sem isolamento possui uma curva com maior declive que vai representar um gasto de energia maior ao longo do tempo. Com o aumento da espessura de isolamento, isto é, com o aumento da exigência face aos níveis de qualidade, as curvas apresentam, a longo prazo, declives tendencialmente menores. Isto reflecte exactamente a situação oposta, em que tendencialmente, estas soluções irão proporcionar menores custos a longo prazo.

Fazendo agora uma análise conjunta das várias curvas, repara-se que para além dos custos que se podem obter directamente pela leitura destas, também é possível observar o benefício económico que cada solução de reabilitação proporciona. Pois para um determinado ano em estudo, se ao valor de custo associado à solução existente se subtrair o valor do custo de uma solução reabilitada do mesmo ano, obtém-se então o valor de benefício económico.

Dentro desta análise específica, existem então três soluções possíveis:

- O valor da subtracção é positivo – quando o valor da subtracção entre a curva de solução inicial e de uma determinada solução reabilitada num determinado ano de projecção é positivo, isto indica que se está perante um benefício económico. Pois significa que se no ano 0 do investimento (neste caso 2009), se optar por essa solução de reabilitação energética, no ano de projecção em questão, já existirá um lucro igual a essa diferença entre as curvas que representa no fundo a poupança em termos monetários que se irá verificar por metro quadrado de área de cobertura relativamente ao ano 0;
- O valor da subtracção é negativo – este segundo caso representa a situação inversa do ponto anterior. Pois enquanto uma subtracção positiva representa um lucro, uma subtracção negativa representa um prejuízo. De uma forma genérica, um valor negativo indica que o investimento efectuado na reabilitação ainda não foi recuperado tendo em conta a poupança energética introduzida por essa solução. O prejuízo por metro quadrado de cobertura será igual ao apresentado por essa diferença;
- O valor da subtracção é nulo – graficamente, quando esta situação ocorre, está-se perante a intersecção das curvas de solução inicial e da solução de reabilitação em estudo. Este ponto de intersecção indica o momento da linha de tempo em que a solução de reabilitação adoptada deixa de ter um custo superior à solução inicial passando a oferecer benefícios económicos. O intervalo de tempo que separa o momento da intervenção e a intersecção das curvas é o período de retorno.

5.7.4. RESULTADOS DA ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

Foram então aplicados os referidos dados numa simulação e obtidos os respectivos gráficos e tabelas. No entanto, é necessário referir que os períodos de retorno reais poderiam ver-se ligeiramente alterados devido à introdução dos custos anteriormente referidos como sendo de reabilitação.

Para melhor conhecimento dos resultados obtidos, estão presentes no Anexo IV deste trabalho as tabelas integrais referentes às projecções de custos acumulados simulados para este estudo.

5.7.4.1. Caso 1

É possível neste caso observar os resultados da simulação na Figura 5.23 e no Quadro 5.30.

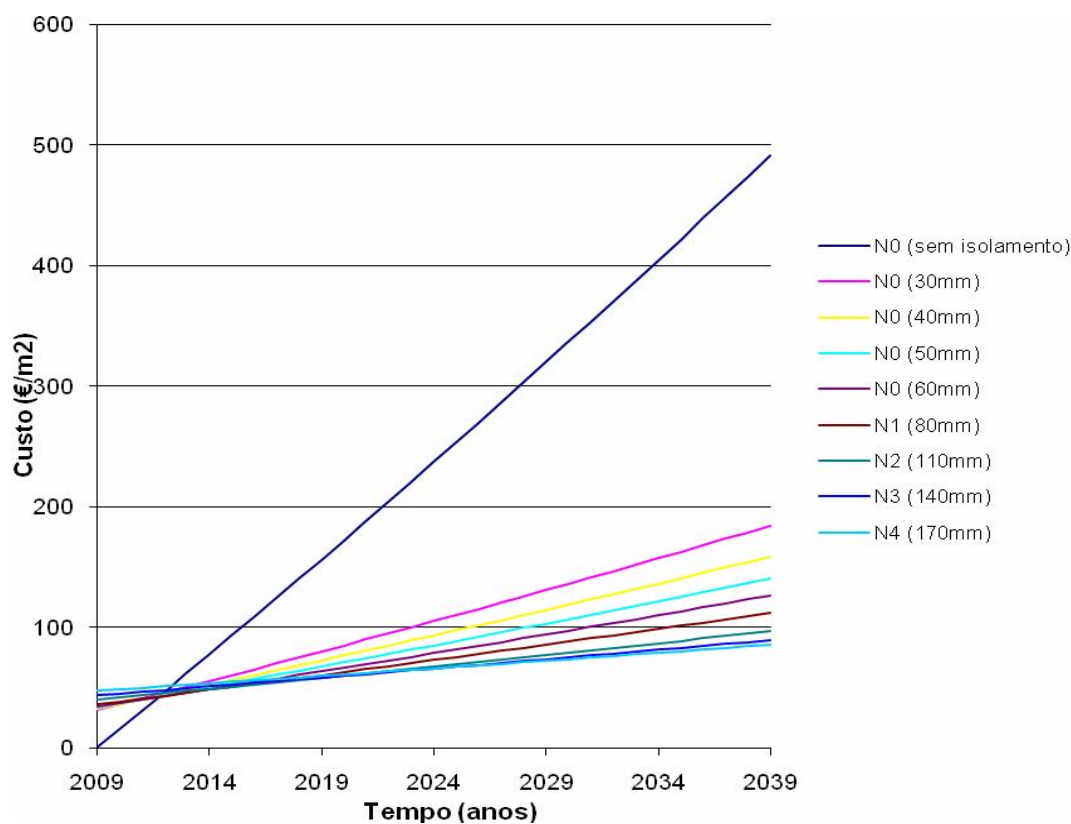


Fig. 5.23: Projecção dos custos de energia associados às possíveis soluções de reabilitação energética da cobertura

Quadro 5.30: Valores dos benefícios obtidos para as diversas soluções de reabilitação possíveis

Nível de Qualidade Térmica	Solução	Benefícios obtidos segundo o período em anos relativamente a N0 (€/m ²)					
		5	10	15	20	25	30
N0	30	36,60	91,05	146,84	204,02	262,61	322,65
	40	39,87	98,55	158,69	220,31	283,46	348,17
	50	42,12	103,83	167,06	231,86	298,27	366,31
	60	43,67	107,80	173,51	240,85	309,86	380,57
N1	80	43,73	110,58	179,08	249,28	321,22	394,93
N2	110	43,14	113,01	184,61	257,99	333,18	410,23
N3	140	41,05	112,74	186,20	261,48	338,63	417,68
N4	170	38,26	111,16	185,86	262,41	340,86	421,25

Através da análise do gráfico apresentado segundo a simulação, é possível estabelecer os seguintes comentários:

- O período de retorno do investimento de reabilitação varia entre 3 anos até cerca de 4 anos para soluções de melhor nível de qualidade como é a solução de 170 milímetros de isolamento térmico para atingir o nível N4. Também é possível observar que para as soluções de espessuras comerciais (referentes as espessuras que representam níveis N0), as trajectórias das curvas que advêm da simulação tornam-se claramente delineadas cerca de 5 anos após o investimento. Isto indica que no conjunto de soluções apresentadas nesse gráfico, as relativas às menores espessuras de isolamento térmico conseguem, num intervalo mais pequeno, compensar economicamente em relação às outras soluções, o que possibilita, por unidade de área de cobertura, uma maior economia de energia, e consequentemente, monetária. No entanto, numa solução em que se pretende um investimento com um retorno a longo prazo, as soluções que satisfaçam melhores níveis de qualidade térmica tornam-se mais compensatórias, porque ao longo dos anos vou propiciando menores custos de energia necessária, logo maiores benefícios económicos.
- No Quadro 5.30 estão também assinaladas, respectivamente para 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos após o início do investimento, quais as soluções de reabilitação térmica mais compensatórias financeiramente. Como era de esperar, de uma forma temporal, as soluções que proporcionam menores custos iniciais (menores níveis de qualidade), são aquelas que têm um retorno do investimento mais rápido. No entanto, numa análise a longo prazo, quanto maior o nível de conforto exigido e consequentemente o custo da solução, maior vai ser o benefício usufruído. Graficamente, isto revela-se claro aquando da análise da evolução das curvas, pois para um período de 20 anos para a frente (a partir de 2029), nota-se que as curvas se encontram dispostas segundo os níveis de qualidade, em que as melhores soluções possibilitam custos mais baixos.
- Reflectindo essa análise para os valores numéricos dos benefícios obtidos, pode observar-se uma economia de cerca de 421,5 €/m² para a solução de nível N4 que é a melhor situação económica possível no prazo de 30 anos estabelecida por esta simulação.

5.7.4.2. Caso 2

Neste caso, é possível observar os resultados da simulação na Figura 5.24 e no Quadro 5.31.

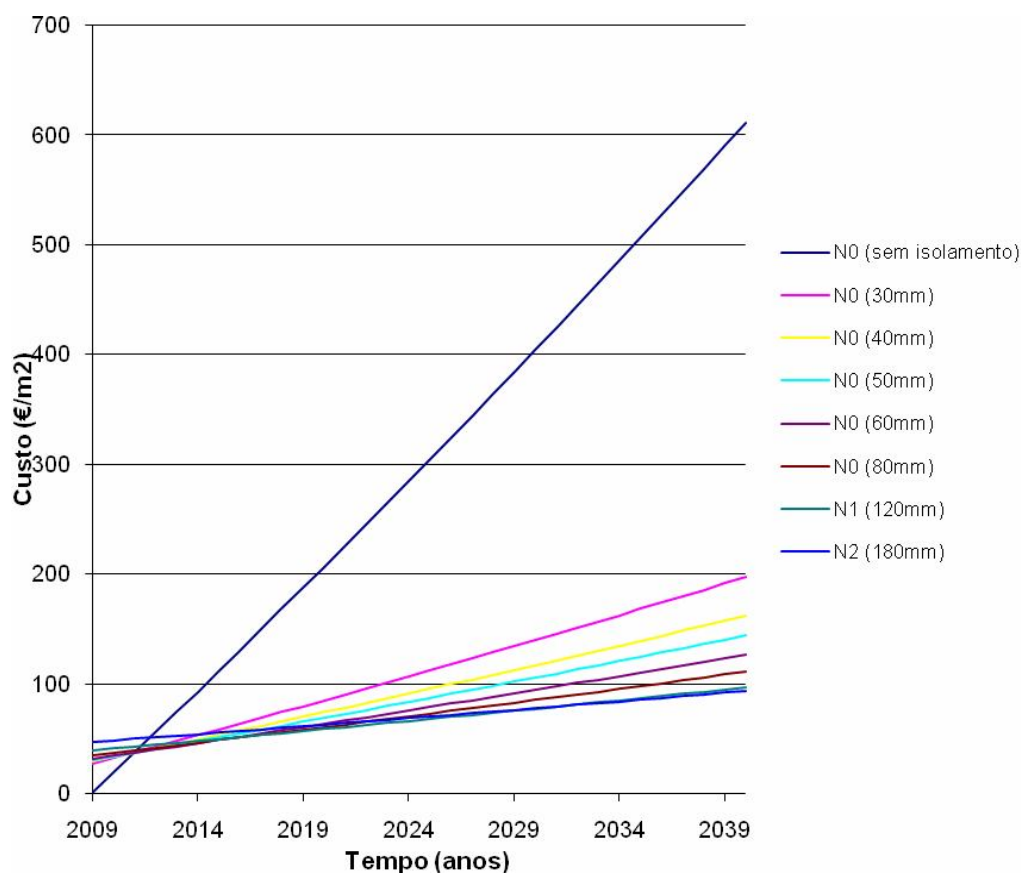


Fig. 5.24: Projecção dos custos de energia associados às possíveis soluções de reabilitação energética da cobertura

Quadro 5.31: Valores dos benefícios obtidos para as diversas soluções de reabilitação possíveis

Nível de Qualidade Térmica	Solução	Benefícios obtidos segundo o período em anos relativamente a N0 (€/m ²)					
		5	10	15	20	25	30
N0	30	52,97	121,77	192,27	264,52	338,56	414,43
	40	58,27	132,71	208,98	287,15	367,25	449,33
	50	60,46	137,86	217,17	298,45	381,74	467,09
	60	62,64	143,01	225,36	309,75	396,24	484,86
	80	62,98	146,32	231,71	319,22	408,89	500,78
N1	120	61,85	148,15	236,58	327,20	420,06	515,23
N2	180	55,69	143,76	234,02	326,51	421,29	518,41

Este segundo caso de estudo é relativamente semelhante ao anterior, pois apresenta custos inerentes à obra semelhantes e os resultados da projecção também são semelhantes. No entanto, é possível destacar algumas diferenças quanto à evolução das curvas de custos ao longo dos anos:

- O período de retorno da aplicação de uma solução de reabilitação para este caso de estudo varia entre os 2 anos para as soluções menos exigentes até cerca de 3 anos para soluções que exigem elevadas espessuras de isolamento como por exemplo N2 (180 mm). Este período de retorno das soluções de reabilitação torna-se assim menor para esta habitação. Este facto pode ser explicado com a existência de uma cobertura inicial com coeficiente de transmissão térmica mais elevado ($U = 3,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$), pois a cobertura sendo considerada como interior, apenas contava com um falso em madeira apoiado numa estruturas de vigas em madeira também. Isto implicava um gasto de energia superior para as necessidades de aquecimento relativamente ao primeiro caso que possuía um valor de coeficiente de transmissão térmica inferior relativamente a este ($U = 2,61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$) mas seguindo a mesma tipologia de cobertura. Logo uma melhoria de solução construtiva através da colocação de um isolamento térmico reduz abruptamente o coeficiente de transmissão térmico, pois para a primeira solução considerada (30 milímetros de placas de isolamento térmico), o coeficiente de transmissão fica alterado para o valor de $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Essa redução traduz-se num maior benefício económico, o que reduz o período de tempo necessário à recuperação do investimento. Por outro lado a intervenção proposta para estes dois casos não apresentam um custo inicial elevado, o que é um factor preponderante no período de retorno.
- De forma semelhante ao observado para o caso 1, a tendência compensatória das soluções de melhores níveis de qualidade a longo prazo está claramente delineada (Quadro 5.31), em que se pode observar no final de 10 anos uma solução óptima relativa à aplicação de uma camada de isolamento com 120 milímetros de espessura ($148,15 \text{ €/m}^2$), convergindo até aos 30 anos para uma solução óptima de 180 milímetros de isolamento, correspondente a um nível de qualidade N2 ($518,41 \text{ €/m}^2$).

5.7.4.3. Caso 3

Para este caso é possível observar os resultados da simulação na Figura 5.25 e no Quadro 5.32.

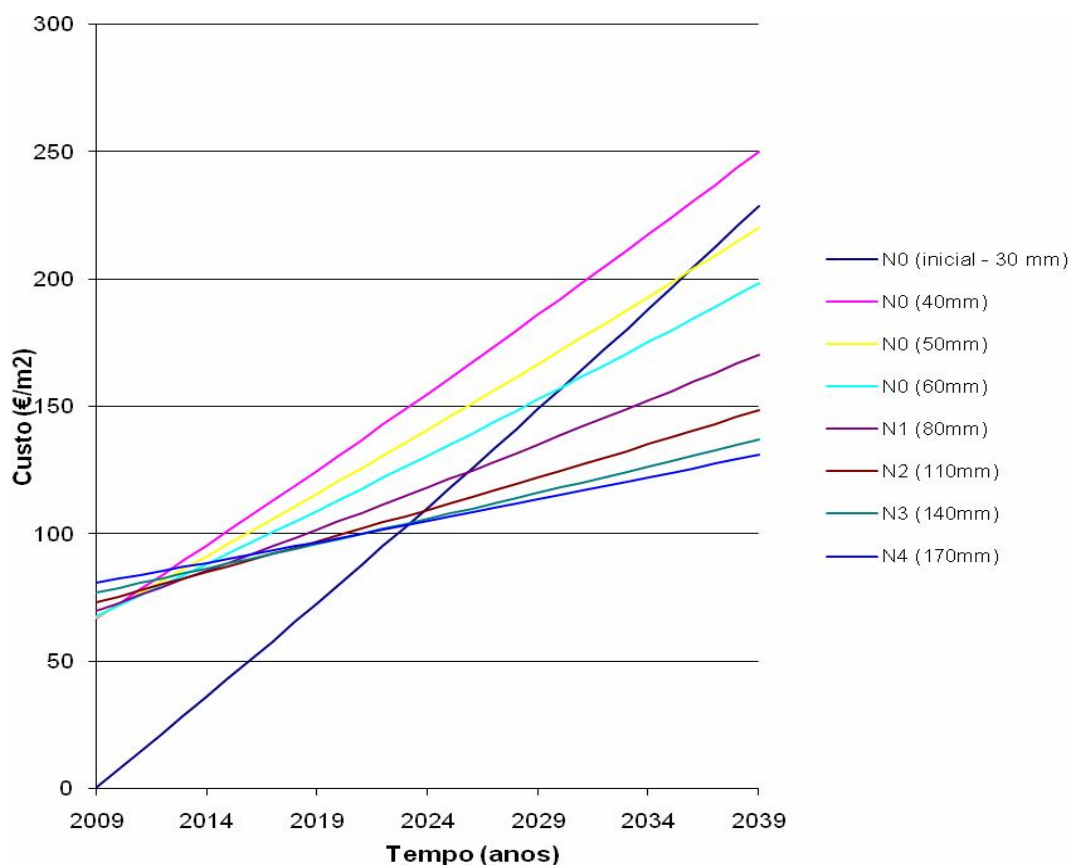


Fig. 5.25: Projecção dos custos de energia associados às possíveis soluções de reabilitação energética da cobertura

Quadro 5.32: Valores dos benefícios obtidos para as diversas soluções de reabilitação possíveis

Nível de Qualidade Térmica	Solução	Benefícios obtidos segundo o período em anos relativamente a N0 (€/m ²)					
		5	10	15	20	25	30
N0	40	-59,62	-52,36	-44,92	-37,30	-29,48	-21,48
	50	-55,24	-43,15	-30,75	-18,04	-5,02	8,32
	60	-52,28	-36,56	-20,44	-3,92	13,01	30,35
N1	80	-49,75	-29,18	-8,10	13,50	35,63	58,31
N2	110	-49,17	-24,56	0,65	26,48	52,96	80,09
N3	140	-50,54	-23,52	4,17	32,54	61,62	91,42
N4	170	-52,87	-24,23	5,11	35,18	66,00	104,63

No caso desta habitação, pode observar-se, através dos resultados obtidos, que o tipo de análise económica a efectuar é distinta dos casos anteriores.

- A evolução dos valores de custos para este caso de estudo processa-se em dois períodos claramente distintos e visivelmente mais notórios do que nos casos anteriores (Fig. 5.26). O primeiro desses períodos processa-se nos 13 anos iniciais do investimento (aproximadamente), em que se pode observar uma constância de prejuízos, qualquer que seja a solução adoptada. Em segundo plano, a partir do ano em questão, repara-se que de forma gradual, as soluções reabilitativas começam a compensar a longo prazo.
- Por outro lado, na medida em que para os dois primeiros casos, o período de retorno era efectivamente inferior para soluções mais económicas (níveis de qualidade mais baixos), neste caso observa-se exactamente o contrário, pois as primeiras soluções a compensar o investimento são as referentes aos níveis N3 e N4, cujos investimentos iniciais são os mais elevados.
- Existe um investimento que ainda não foi compensado no final do período de análise deste estudo (nomeadamente a solução de 40 mm de espessura de isolamento) representado por 30 anos.

Existem vários factores que se podem referir para tentar justificar esta situação:

- A existência de uma camada de isolamento na solução de cobertura inicial faz com que uma intervenção no sentido de colocar uma maior espessura desse isolamento seja custosa relativamente ao benefício energético resultante. De uma forma concreta, tendo em conta que a melhoria de eficiência trazida por soluções relativas a baixos níveis de qualidade face à eficiência existente da cobertura é baixa, e ainda se vê acrescida de mais elevados custos inerentes à intervenção de reabilitação (referidos no seguinte tópico). Estas mesmas soluções terão mais dificuldades em compensar economicamente o investimento, fazendo apenas ressentir-se a longo prazo. Graficamente, isto pode-se observar tendo em conta que no final de 30 anos, uma solução de substituição da solução inicial de 30 mm de isolamento por outra de 40 mm ainda não compensou enquanto que, a solução economicamente e termicamente mais exigente (N4), para além de ter um período de retorno claramente mais baixo, é a que providencia mais e mais rápidos benefícios ao fim de 30 anos (104,63 €/m²).
- Existe também, no entanto um factor que se revela preponderante para a análise destas curvas. A solução de reabilitação proposta para este caso, tratando-se de uma cobertura plana em terraço, incluiria a reestruturação da solução existente, o que implicaria a remoção das camadas da cobertura (revestimentos, isolamento térmico, tela betuminosa) e a colocação das novas camadas sob a forma de cobertura plana invertida (ver 5.4.3). Este processo de reabilitação que envolve não só a construção de uma das soluções propostas, mas também a remoção, manutenção e preparação da existente, leva a custos mais elevados do que nos outros casos de estudo.

Nota: Neste caso os períodos de retorno das soluções de reabilitação das soluções de reabilitação ainda se veriam agravados devido a um custo remetente para a demolição da cobertura existente.

6

CONCLUSÕES

6.1. APLICAÇÃO DA NOTA TÉCNICA

Com a análise apresentada neste trabalho, que se apoiou especialmente na Nota Técnica da ADENE [3] para a aplicação do método de certificação energética às moradias em estudo, pode concluir-se que esta se torna uma mais-valia em vários níveis.

Pois permite ampliar a avaliação de eficiência energética a habitações não abrangidas até ao momento, facilitando a reflexão sobre o consumo de energia mas também tornando-as alvos mais atractivos. Da mesma forma poderão ser redigidos documentos que tracem a evolução das soluções construtivas bem como os seus resultados de eficiência energética, envergando assim para soluções de reabilitação mais adequadas. Pois uma obra de reabilitação que impacte directamente na eficiência térmica de uma habitação poderá tornar-se um método que apele à poupança de energia. Torna-se então possível, através deste método, propor intervenções e delinear estratégias que permitam aumentar a eficiência global da habitação, levando a uma diminuição dos gastos de energia necessária e uma recuperação progressiva do capital investido nessa intervenção.

No mercado habitacional, a introdução de uma certificação energética que abranja todos os edifícios existentes também poderá ser benéfica. Pois a título de exemplo, em muitos casos profissionais, é necessário prever que a sedentariedade é algo que não pode ser assegurado o que faz com que o aluguer se torne uma prática cada vez mais recorrente, como por exemplo, trabalhadores em início de carreira. Nesses casos, a aplicação deste método de certificação térmica faz com que o processo de selecção de habitação seja mais objectivo e comparativo, permitindo escolher uma habitação com melhores rendimentos energéticos qualquer que tenha sido o ano de construção desta, o que levará a menor gasto de energia e consequentemente a um menor gasto monetário segundo o período de tempo previsto de utilização da fracção.

De igual modo também aumenta o grau de exigência de formação profissional dos técnicos que poderão vir a ser responsáveis pela comprovação dos requisitos dos regulamentos em vigor, de forma a aumentar a sua competência e dar mais credibilidade e probabilidade de sucesso à satisfação dos objectivos pretendidos.

6.2. ANÁLISE CONCLUSIVA DOS CASOS EM ESTUDO

De uma forma geral, e em termos conclusivos, é possível dizer que este trabalho se tornou útil para elaborar uma análise evolutiva do comportamento térmico e da eficiência energética de habitações às quais são propostas soluções reabilitativas ao nível da cobertura.

Pois devido às suas características intrínsecas, diferentes habitações reagem de forma diferente a reabilitações energéticas do mesmo tipo, podendo por vezes reflectir-se em rápidos benefícios ou em longos prejuízos económicos. No entanto, é de salientar que apesar de não se manifestarem com a mesma intensidade em todos os casos, os ganhos energéticos far-se-ão ressentir sempre e uma solução de melhoria trará sempre a longo prazo benefícios energéticos ou económicos. O importante é saber delinear no momento de se investir numa reabilitação energética, qual a intervenção que deve ser considerada prioritária para a habitação.

Expondo resumidamente os casos das habitações estudadas, podem então tirar-se as seguintes conclusões:

No caso da habitação 1, como se referiu anteriormente, uma reabilitação energética ao nível da cobertura pode trazer uma redução das necessidades nominais de energia primária até 15% em condições termicamente mais exigentes (nível de qualidade N4). Este valor de melhoria reflecte-se apenas nas necessidades de aquecimento pois possui uma cobertura interior e uma reabilitação energética não interfere com as necessidades de águas quentes. Tendo em conta que esta habitação de 1982 de uma forma global ainda se encontra em bom estado e não muito envelhecida, sem patologias aparentes que necessitariam uma intervenção prioritária e possui um sistema de aquecimento com boa eficiência, um investimento reabilitativo ao nível da cobertura tal como proposto, para além de não apresentar muitas dificuldades, pode representar uma melhoria considerável em termos globais de eficiência energética e consequentemente um investimento justificável. Adicionalmente, esta intervenção poderá levar a uma melhoria na sua classificação energética (C para B). Relativamente à escolha de uma possível solução, é necessário considerar diversas variantes como são por exemplo o período de retorno e a espessura de isolamento a empregar. Pois a análise teórica apresentada neste trabalho referia-se a soluções reabilitativas com espessuras consideráveis deste material, podendo, com resultados não menos aceitáveis, envergar para soluções mais práticas na realidade.

No caso da habitação referente ao caso 2, observa-se da mesma forma uma melhoria considerável. Pois nesta habitação, cuja solução inicial de cobertura era a pior quando comparada com os outros dois casos, ao se introduzir uma solução reabilitativa da cobertura em termos energéticos, verificou-se uma diminuição das necessidades nominais de energia primária que podia atingir um máximo de 23% segundo as soluções propostas. Este valor, reflectindo-se, tal como no caso anterior, apenas nas necessidades de aquecimento, vem aportar um contributo significativo na eficiência energética da habitação e consequentemente na classificação energética (G para E). Por outro lado, tendo em conta que esta possui uma área de cobertura considerável, o que leva a um volume útil tanto maior com necessidades de aquecimento, uma solução reabilitativa da cobertura seria uma boa forma de melhorar a habitabilidade da casa. No entanto, tendo em conta o desgaste da casa e dos materiais existentes devido ao seu envelhecimento, mas também o desgaste dos sistemas de aquecimento de águas, a implantação de uma solução reabilitativa da cobertura deveria ser pensada em vários níveis. Pois é necessário analisar o período de retorno do investimento escolhido tendo em conta as condições em que a casa se poderá encontrar nessa altura. Por outro lado, não obstante o facto de ser um investimento que aumente a eficiência energética e também tendo em conta as soluções construtivas existentes nos restantes elementos da envolvente, esta deveria ser acompanhada de um estudo mais detalhado para que as soluções construtivas dos restantes elementos e a eficiência dos sistemas acompanhassem de forma equilibrada a melhoria verificada na cobertura.

Na última das habitações estudadas, referente ao caso 3, observou-se uma evolução energética diferente dos outros casos apesar de que em termos energéticos, foi possível observar que a aplicação de uma solução reabilitativa aporta sempre uma diminuição dos gastos de energia primária da habitação. No entanto, é importante destacarem-se dois pontos. Em primeiro lugar, essa melhoria

trazida pela reabilitação energética projecta-se apenas numa diminuição de, no máximo, 5% nas necessidades globais da habitação o que representa um valor notoriamente inferior ao observado para os casos anteriores. Por outro lado, e será possivelmente o ponto mais importante a destacar, foi possível observar dependendo da reabilitação escolhida, esta poderá possuir um período de retorno que irá variar entre 13 anos para soluções mais exigentes ou até mais de 30 anos para as menos exigentes. Este facto pode ser justificado tendo em conta que a solução de cobertura existente à partida já proporciona um melhor nível de conforto do que nas outras habitações e o tipo de obra que a reabilitação implica é mais complexa do que nos casos anteriores, e consequentemente mais dispendiosa. Poder-se-ia então dizer que a melhoria trazida não justifica o investimento proposto a curto prazo.

Pois sendo esta habitação relativamente recente (1990) e possuindo soluções construtivas da envolvente sem desgaste maior aparente, uma reabilitação energética da cobertura, possivelmente garantiria apenas mais durabilidade das suas camadas e facilidade de escoamento das águas alterando a solução tradicional para cobertura invertida. Poder-se-ia, no mesmo contexto analisar os restantes elementos da envolvente da habitação, permitindo-lhes usufruir de soluções termicamente reabilitativas. E analisando por outra parte as restantes necessidades energéticas, observa-se que devido às necessidades ressentidas para a preparação das águas quentes sanitárias, que obtém o valor máximo quando comparado com as restantes habitações, seria um campo a explorar e que poderia proporcionar resultados finais energeticamente mais satisfatórios para a habitação.

Resumidamente, no momento da análise de possíveis soluções de reabilitação energética de coberturas, é necessário salvaguardar uma perspectiva global da situação existente de cada caso, não se focando apenas nos benefícios trazidos singularmente por estas. Pois apesar de a análise teórica das soluções propostas ao longo deste trabalho envergarem essencialmente para uma melhoria energética global apenas devido à alteração da cobertura, uma habitação depende de todos os elementos que a constituem e que proporcionam gastos energéticos. Complementarmente, e qualquer que seja o tipo de obra necessária de efectuar, também será fundamental obter um conhecimento prático das intervenções propostas. Pois este é o que vai permitir uma reflexão sobre a exequibilidade dos trabalhos pretendidos.

6.3. CONCLUSÕES NUMA PERSPECTIVA GLOBAL

Dos resultados que foram apresentados ao longo deste trabalho, deduz-se então que existem habitações para as quais o investimento em reabilitação compensa mais notoriamente que noutros. E torna-se necessário analisar todas as vertentes energéticas de uma habitação apontando, para aquelas que necessitem, uma intervenção prioritária. Poder-se-á assim efectuar uma escolha mais objectiva analisando os prós e contras que cada intervenção pode proporcionar em cada habitação, pois cada caso é um caso. O factor económico também não deixa de ser determinante, pois este vai fixar o nível de melhoria implantado, mas também o período de retorno do investimento.

No entanto é necessário ter em mente que uma melhoria energética é sempre benéfica e por muito pouco que seja o ganho de energia, é sempre recompensado de alguma forma. Sendo assim, será importante, numa situação real, clarificar um possível cliente na distinção entre classificação energética e eficiência energética pois numa situação concreta, uma melhoria de classificação energética não é um perfeito indicador da eficiência trazida por uma solução reabilitativa, podendo, habitações com a mesma classificação, ter eficiências diferentes. Por outro lado, dependendo da situação, a não mudança de classe energética não indica sistematicamente uma falta de eficiência da solução escolhida.

Apesar de este trabalho se orientar para o estudo reabilitativo de coberturas numa condição de melhoria energética, é necessário ter em conta que, de forma prioritária ou complementar, existem outras formas não menos válidas e por vezes mais compensatórias de melhorar a eficiência energética de uma habitação. Pois como foi possível observar num ponto específico deste estudo que a alteração da eficiência do equipamento de aquecimento é um elemento decisivo na eficiência global de uma habitação e que uma situação teoricamente perfeita de cobertura não traz necessariamente uma melhoria significativa. Da mesma forma se poderiam referenciar os sistemas de preparação das águas quentes sanitárias, cuja importância é indiscutível na determinação das necessidades globais de uma habitação. O facto de se estudar de forma aprofundada cada caso e manter uma perspectiva aberta para poder incentivar outro tipo de soluções (painéis solares, sistemas de aquecimentos de águas mais eficientes), levará também a uma escolha mais racional e otimizada da intervenção a efectuar.

Conclusivamente, não existe apenas uma solução reabilitativa, qualquer que seja a sua natureza, passível de ser aplicada numa habitação para melhorar a sua eficiência energética. A melhor intervenção será aquela que poderá tornar a habitação economicamente e termicamente mais rentável aos olhos de quem se predispõe a efectuá-la. Isto leva então a que sendo aplicados os cálculos de certificação energéticos, acrescidos de um estudo conciso de melhoria da eficiência energética através de possíveis métodos reabilitativos, uma habitação se torne mais económica, mais eficiente, mas essencialmente um alvo mais atractivo para o utilizador.

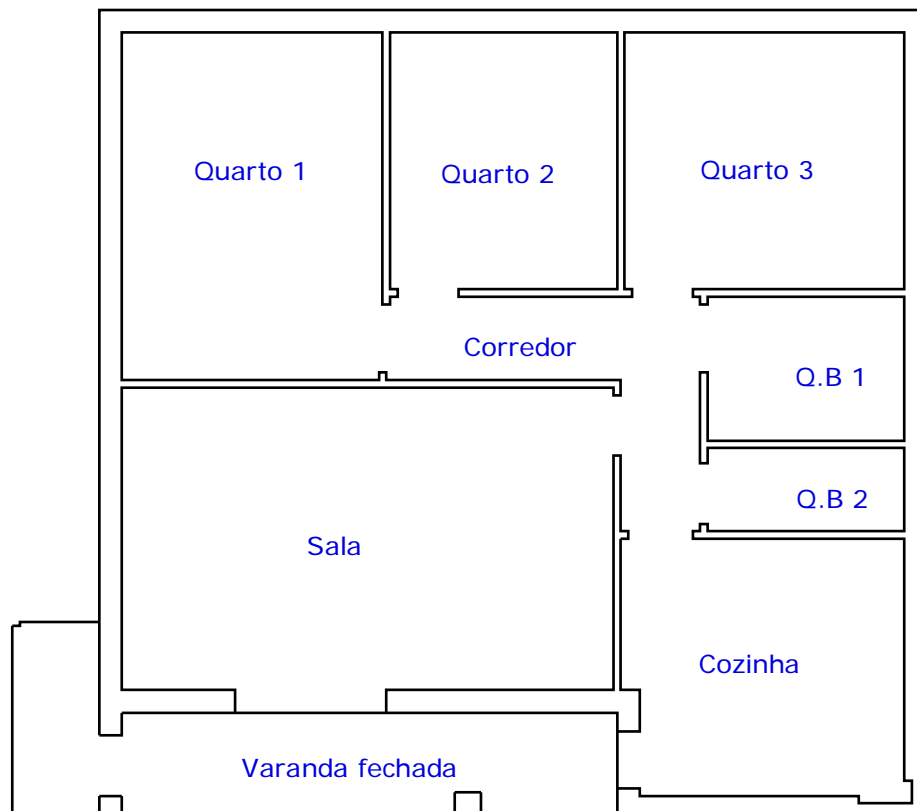
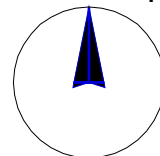
BIBLIOGRAFIA

- [1] Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), Decreto-lei nº40/90 de 6 de Fevereiro.
- [2] Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), Decreto-lei nº80/2006 de 4 de Abril.
- [3] NOTA TÉCNICA, *Método de cálculo para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE*, ADENE, 26 de Junho, 2008.
- [4] Directiva 2002/91/CE do parlamento Europeu do Conselho, 16 de Dezembro, 2002.
- [5] *Perguntas e Respostas sobre o RCCTE*, www.adene.pt, (Outubro 2008).
- [6] Pina dos Santos, C.A., Matias, L., *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*, (ITE 50), versão actualizada, 2006.
- [7] Vasconcelos Paiva, J., Aguiar, J., Pinho, A., *Guia técnico de reabilitação Habitacional*, Instituto Nacional de Habitação – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 1ª edição, 2006.
- [8] *Certificação Energética de Edifícios Existentes no âmbito do RCCTE*, Formação ME2.
- [9] Anselmo, I., Nascimento, C., Maldonado, E., Vasconcelos de Paiva, A., Peixoto de Freitas, V., Pina dos Santos, C. A., Pinto, A., Tirone, N., *Reabilitação energética de edifícios residenciais*, Novembro, 2004 www.adene.pt (Dezembro - 2008).
- [10] *Isolamento Térmico de Coberturas Inclinadas*, www.building.dow.com (Novembro - 2008).
- [11] *Isolamento Térmico de Coberturas Planas Invertidas*, www.building.dow.com (Novembro - 2008).
- [12] Apontamentos da cadeira de “*Térmica de Edifícios*”, FEUP, 2007.
- [13] www.adene.com (Novembro - 2008).
- [14] www.iberfibran.pt (Dezembro - 2008).
- [15] www.edp.pt (Dezembro - 2008).
- [16] www.acepe.pt (Dezembro - 2008).
- [17] www.pintpor.com (Dezembro - 2008).
- [18] www.certiene.pt (Dezembro - 2008).
- [19] www.tecreab.pt (Janeiro - 2009).
- [20] www.editec.pt (Janeiro - 2009).
- [21] www.redifi.pt (Janeiro - 2009).

ANEXO I

PEÇAS DESENHADAS

N



CASO 1 - Estudo térmico de habitações existentes

LOCAL: Vilarelho da Raia (Concelho de Chaves)

DESCRIÇÃO: Planta da habitação

ANO DE CONSTRUÇÃO : 1982

ALUNO:
João Miguel Gonçalves Luzio

DESENHO:

1.1

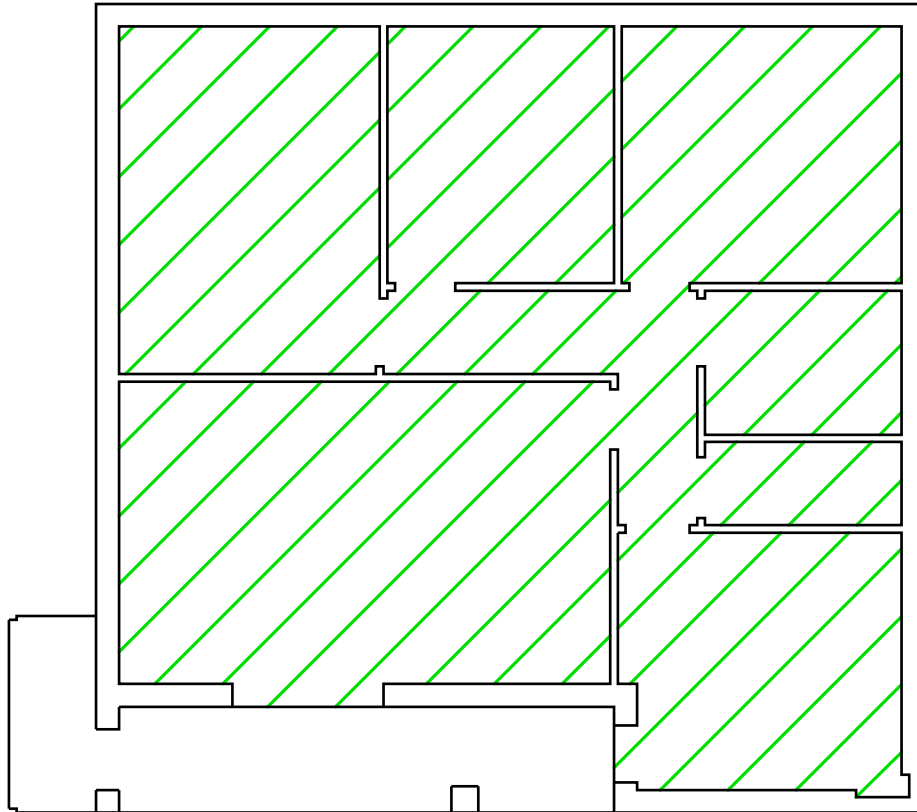
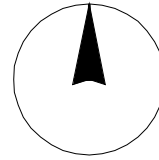
DATA:

02/2009

ESCALA:

1/100

N



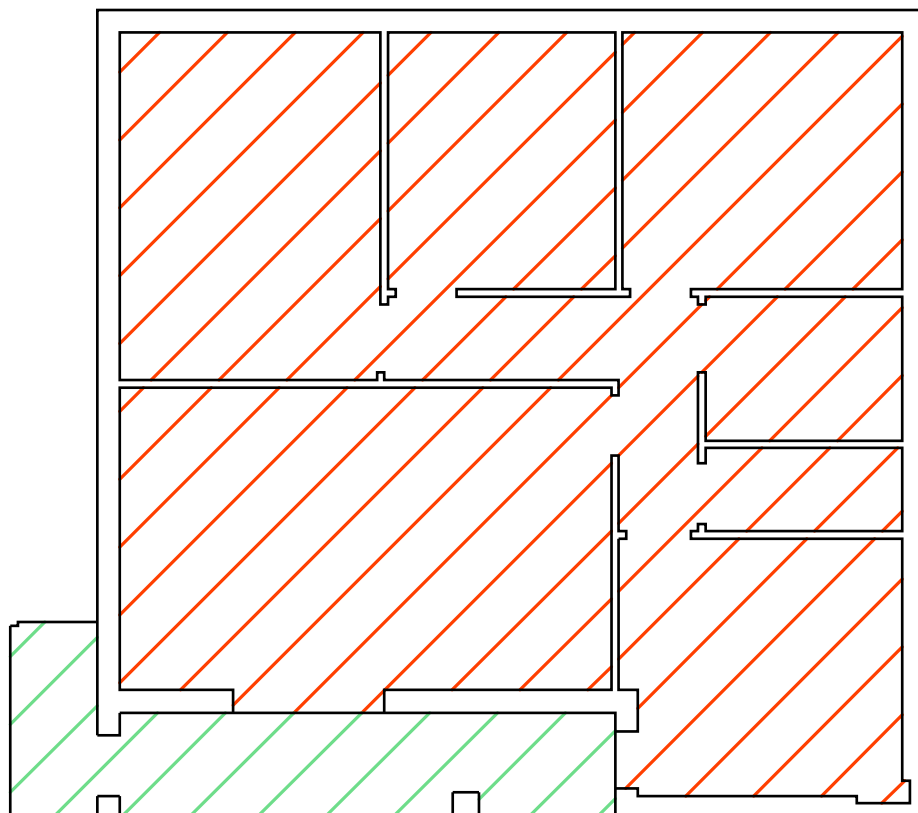
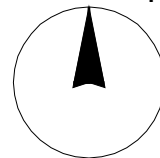
Legenda:



Cobertura interior

CASO 1 - Estudo térmico de habitações existentes LOCAL: Vilarelho da Raia (Concelho de Chaves) DESCRIÇÃO: Cobertura ANO DE CONSTRUÇÃO: 1982	DESENHO:
	DATA:
	ESCALA:
ALUNO: João Miguel Gonçalves Luzio	1.2 02/2009 1/100

N



Legenda:



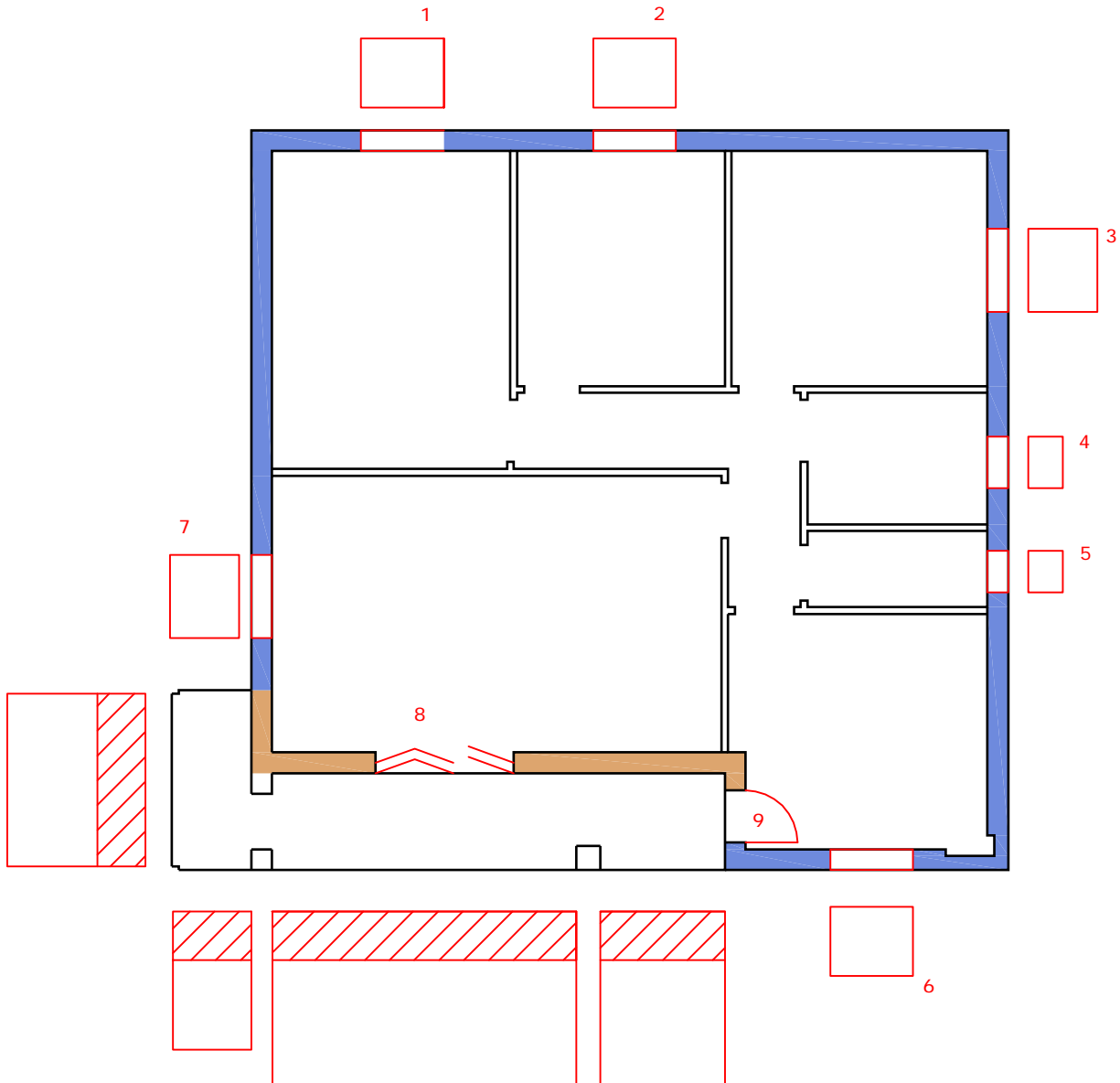
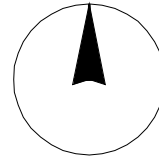
Pavimento útil interior



Pavimento não útil

CASO 1 - Estudo térmico de habitações existentes LOCAL: Vilarelho da Raia (Concelho de Chaves) DESCRIÇÃO: Pavimentos ANO DE CONSTRUÇÃO : 1982	DESENHO:
	1.3
	DATA: 02/2009
ALUNO: João Miguel Gonçalves Luzio	ESCALA: 1/100

N

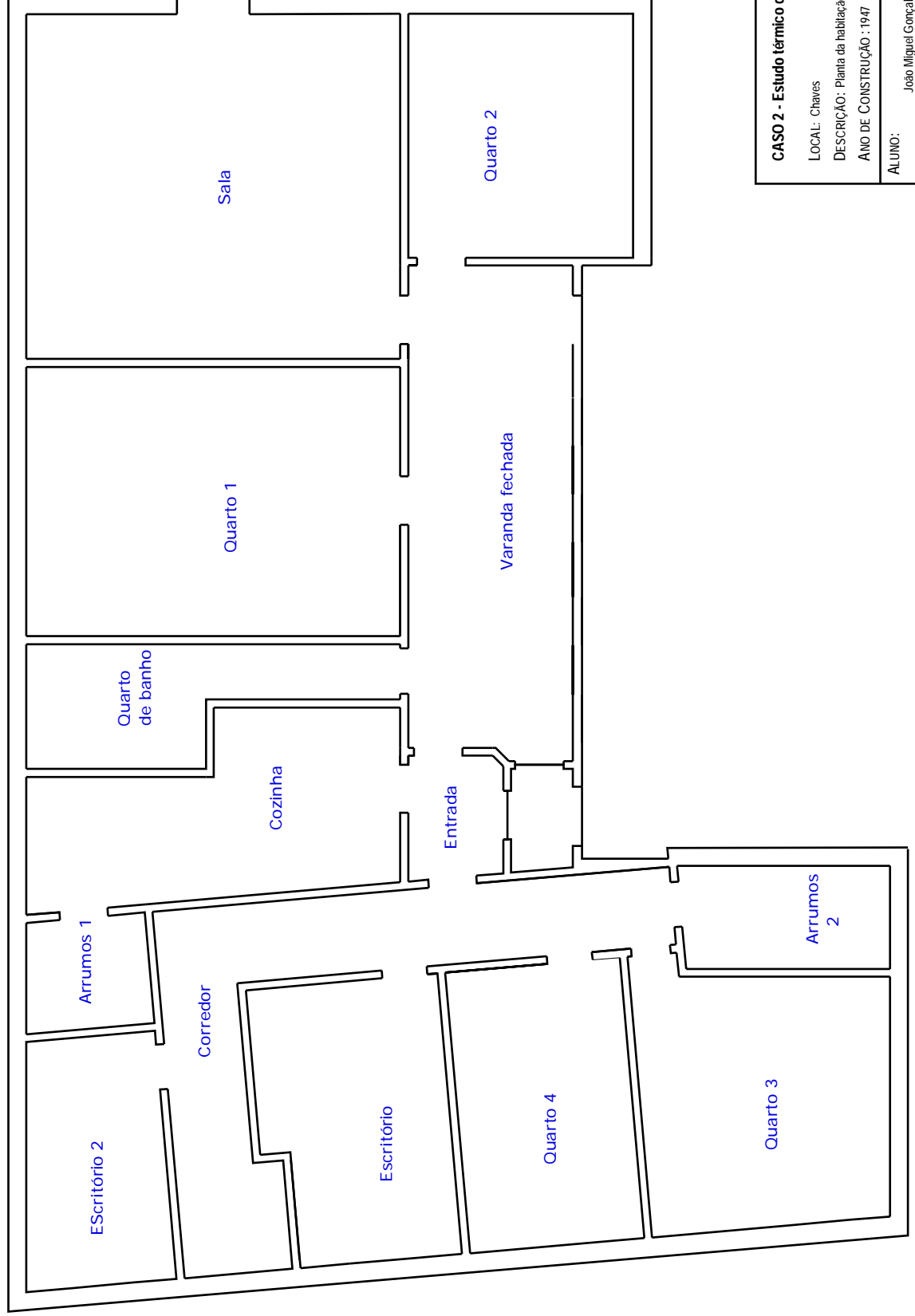
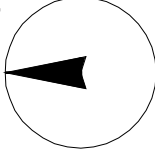


Legenda:

-  Envidraçados
-  Envolvente interior
-  Envolvente exterior

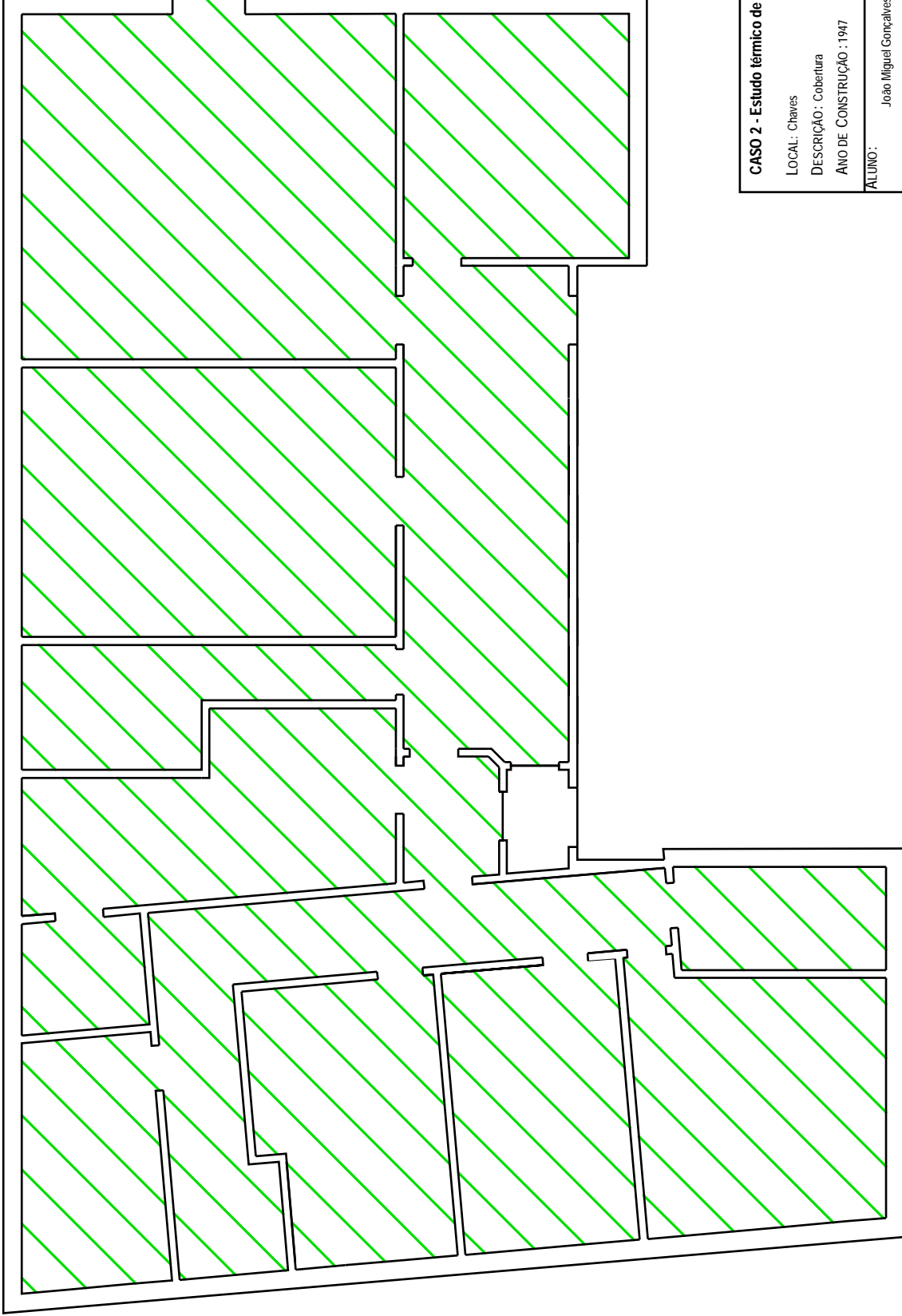
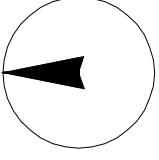
CASO 1 - Estudo térmico de habitações existentes LOCAL: Vilarelho da Raia (Concelho de Chaves) DESCRIÇÃO: Envolvente ANO DE CONSTRUÇÃO: 1982	DESENHO: 1.4
	DATA: 02/2009
	ESCALA: 1/100
ALUNO: João Miguel Gonçalves Luzio	

N



CASO 2 - Estudo térmico de habitações existentes	DESENHO:	2.1
LOCAL: Chaves	DATA:	02/2009
DESCRIÇÃO: Planta da habitação	ALUNO:	João Miguel Gonçalves Luzio
ANO DE CONSTRUÇÃO : 1947	ESCALA:	1/100

N



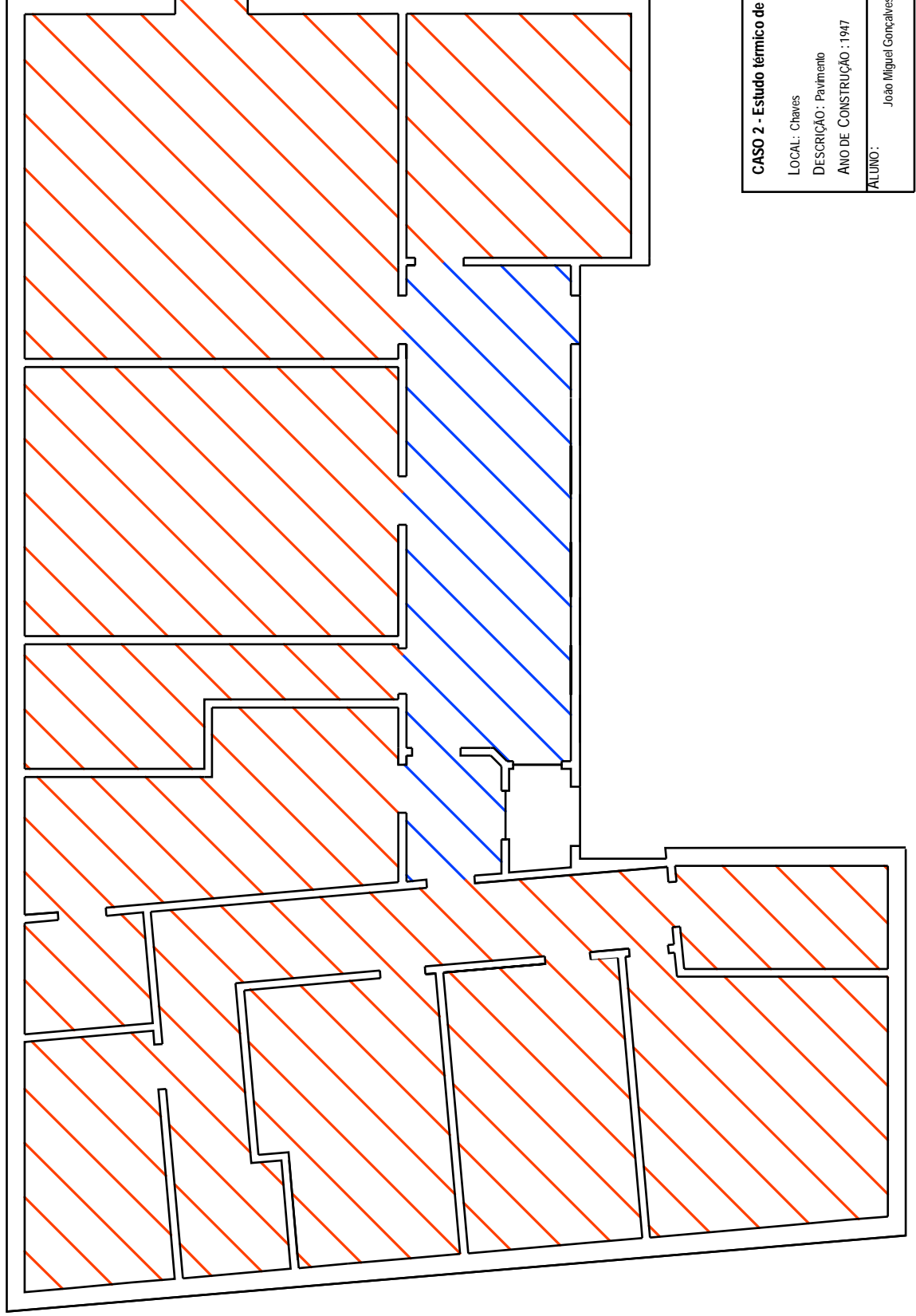
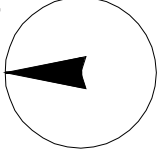
Legenda:



Cobertura interior

CASO 2 - Estudo térmico de habitações existentes LOCAL: Chaves DESCRIÇÃO: Cobertura ANO DE CONSTRUÇÃO: 1947 ALUNO: João Miguel Gonçalves Luzio	DESENHO:	2.2
	DATA:	02/2009
	ESCALA:	1/100

N



Legenda:

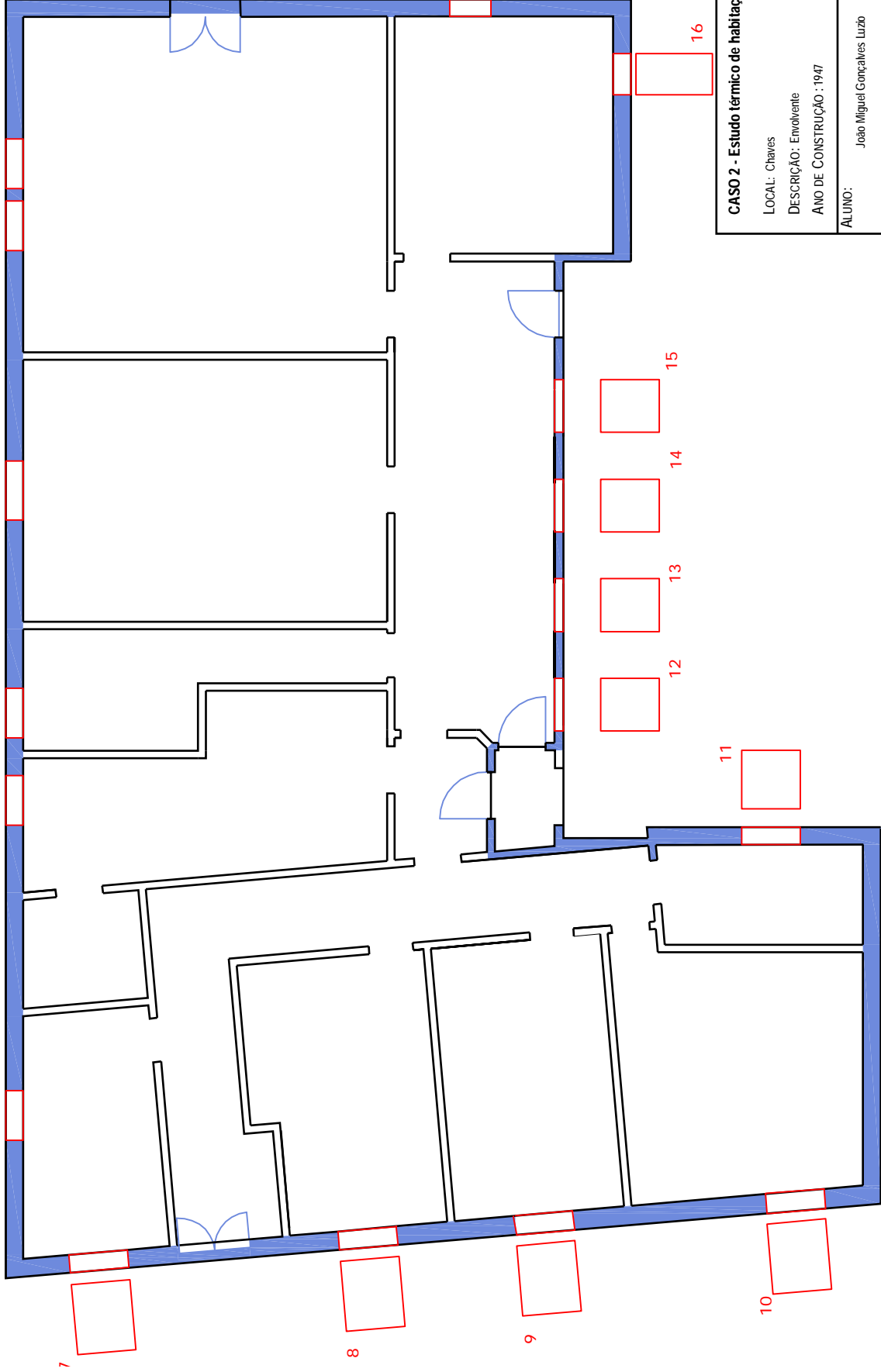
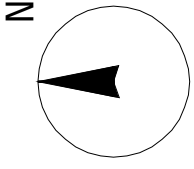


Pavimento útil interior



Pavimento útil exterior

CASO 2 - Estudo térmico de habitações existentes LOCAL: Chaves DESCRIÇÃO: Pavimento ANO DE CONSTRUÇÃO: 1947 ALUNO: João Miguel Gonçalves Luzio	DESENHO:	2.3
	DATA:	02/2009
	ESCALA:	1/100



Legenda:



Envidraçados



Envolvente exterior

DESENHO: **2.4**

LOCAL: Chaves

DESCRIÇÃO: Envolvente

ANO DE CONSTRUÇÃO: 1947

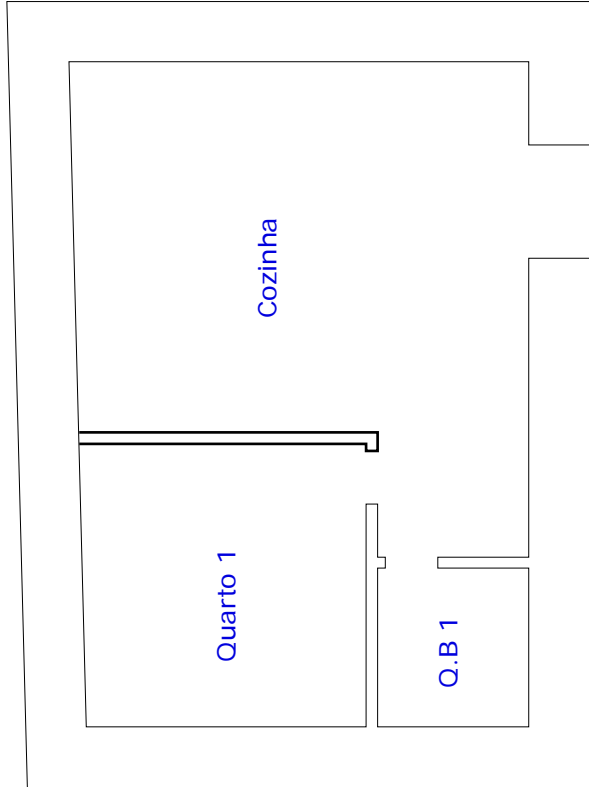
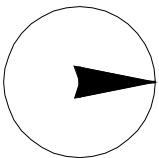
ALUNO:

João Miguel Gonçalves Luzio

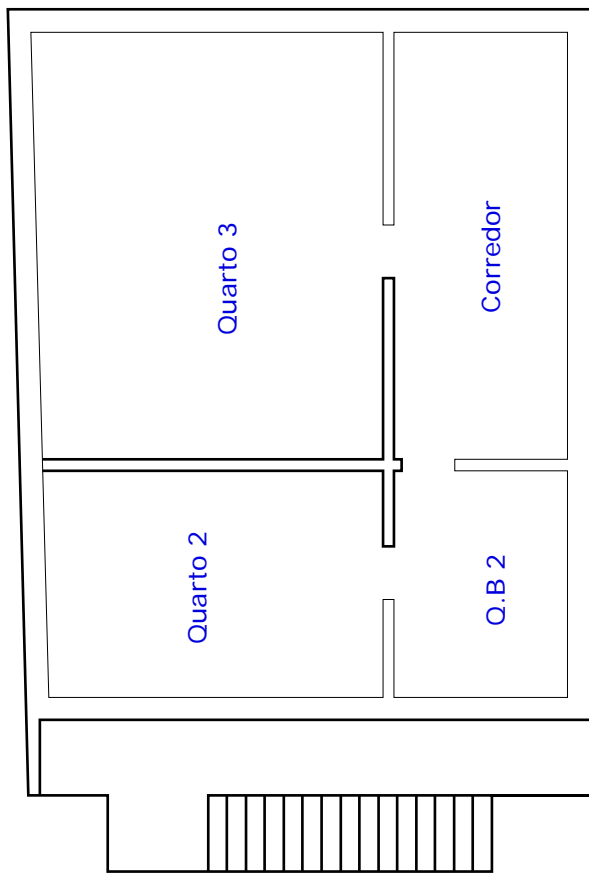
DATA: 02/2009

ESCALA: 1/100

N



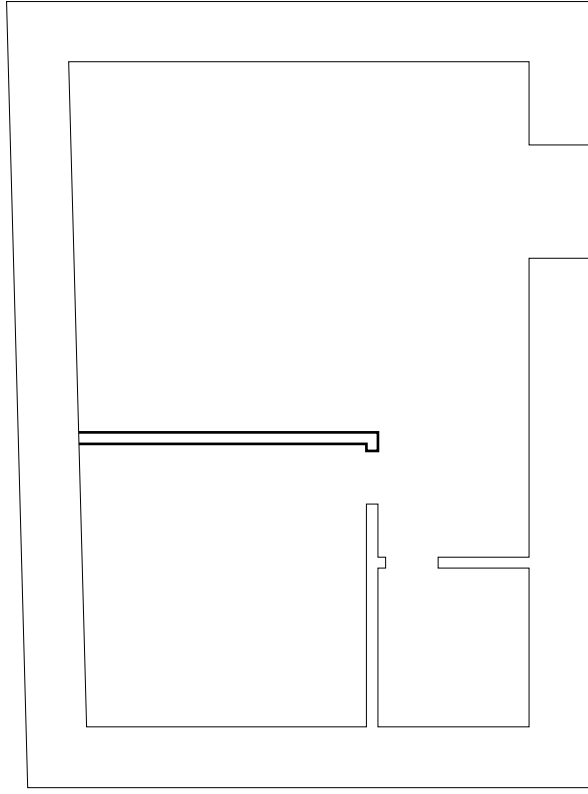
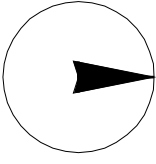
Rés-do-chão



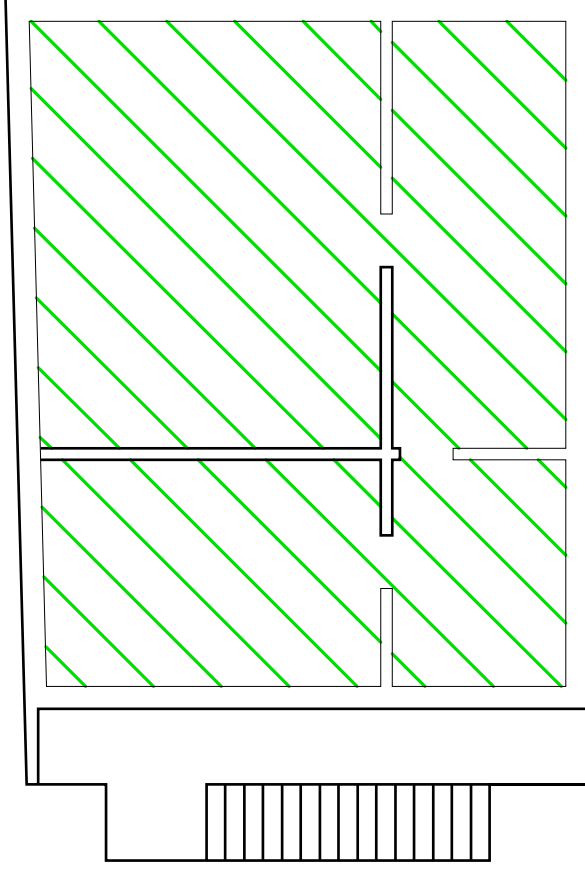
Piso 1

CASO 3 - Estudo térmico de habitações existentes LOCAL: Vilarinho da Raia (Concelho de Chaves) DESCRICÃO: Planta da habitação ANO DE CONSTRUÇÃO: 1990 ALUNO: João Miguel Gonçalves Luzio	DESENHO:	3.1
	DATA:	02/2009
	ESCALA:	1/100

N



Rés-do-chão



Piso 1

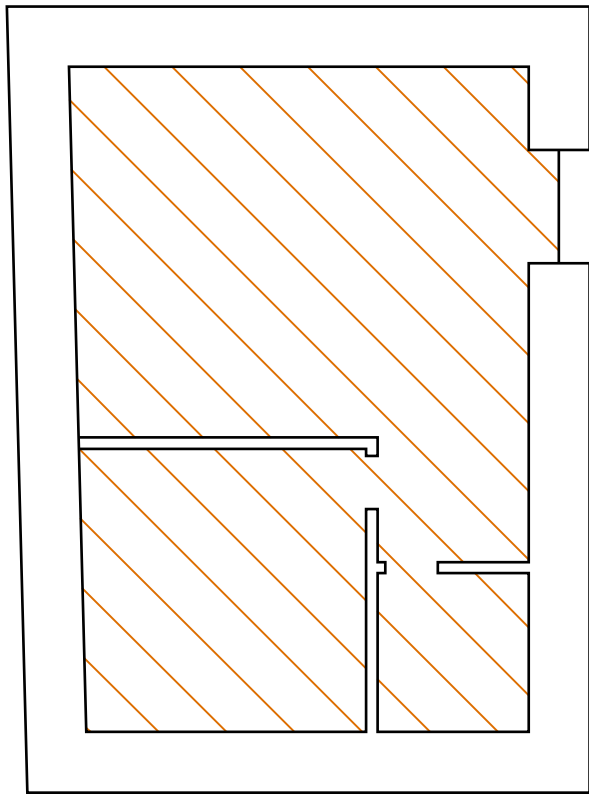
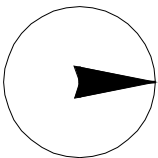
Legenda:



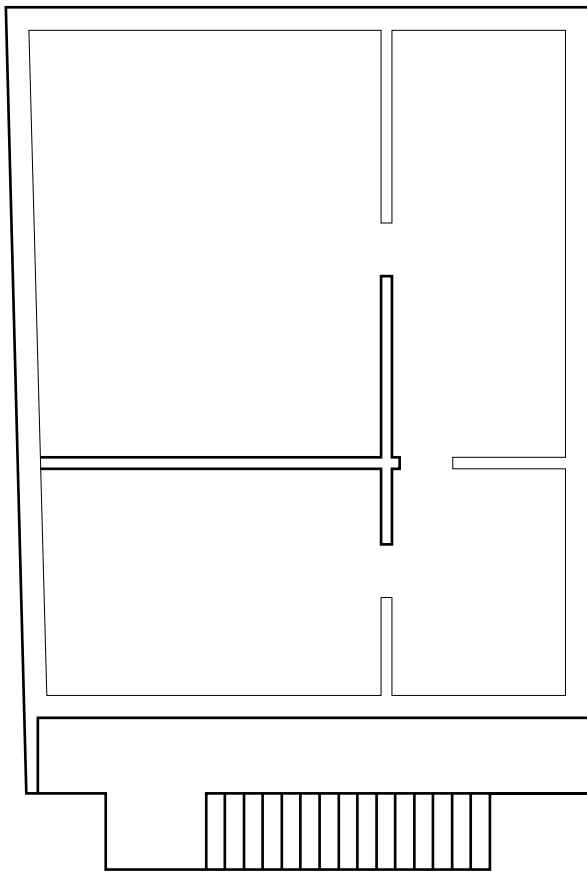
Cobertura exterior

CASO 1 - Estudo térmico de habitações existentes	DESENHO: 3.2
LOCAL: Vilairelho da Raia (Concelho de Chaves)	DATA: 02/2009
DESCRIÇÃO: Cobertura	ESCALA: 1/100
ANO DE CONSTRUÇÃO: 1990	
ALUNO: João Miguel Gonçalves Luzio	

N



Rés-do-chão



Piso 1

Legenda:



Pavimento útil em contacto com o solo

CASO 1 - Estudo térmico de habitações existentes

LOCAL: Vilarinho da Raia (Concelho de Chaves)

DESCRIÇÃO: Planta da habitação

ANO DE CONSTRUÇÃO : 1990

ALUNO: João Miguel Gonçalves Luzio

DESENHO:

3.3

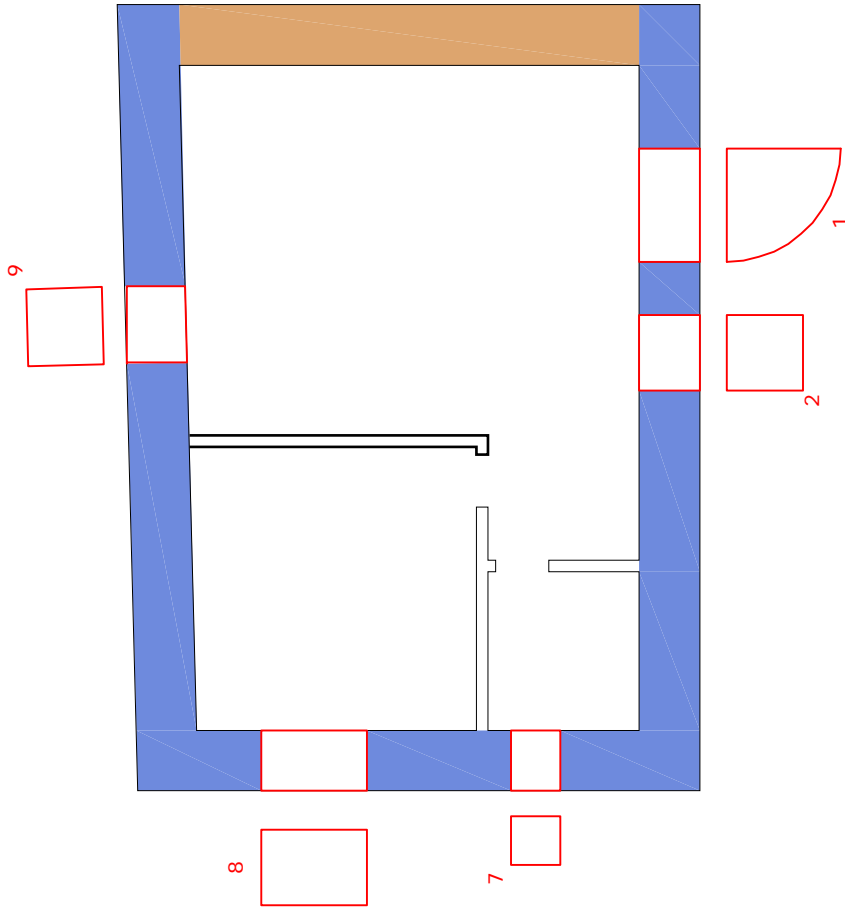
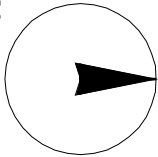
DATA:

02/2009

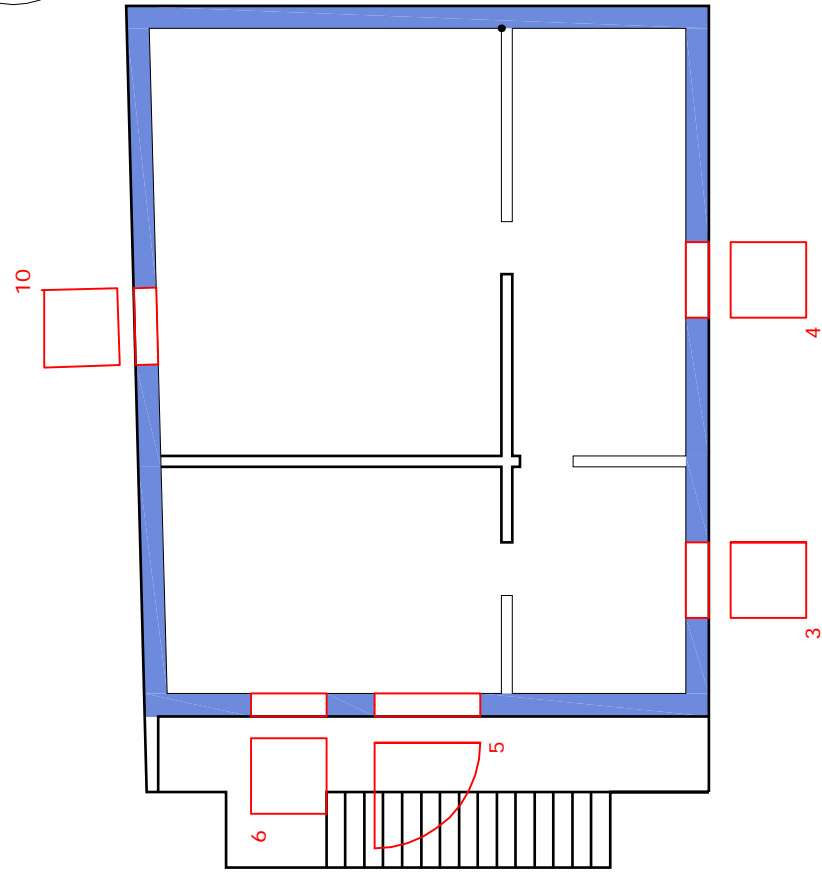
ESCALA:

1/100

N



Rés-do-chão



Piso 1

Legenda:



Envidraçados



Envolvente interior



Envolvente exterior

DESENHO:	3.4
DATA:	02/2009
ESCALA:	1/100
CASO 1 - Estudo térmico de habitações existentes LOCAL: Vilaelho da Raia (Concelho de Chaves) DESCRIÇÃO: Planta da habitação ANO DE CONSTRUÇÃO: 1990 ALUNO: João Miguel Gonçalves Lúzio	

ANEXO II

CÁLCULO DE CERTIFICAÇÃO
TÉRMICA – RCCTE (TABELAS)

**Folhas de cálculo para a certificação térmica da
habitação referente ao caso 1**

Folha de Cálculo FCIV.1a
Perdas associadas à Envoltente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado Principal (Sul)	10,00	1,77	17,70
Alçado Posterior (Norte)	26,02	1,77	46,06
Alçado Esquerdo (Oeste)	20,10	1,77	35,58
Alçado Direito (Este)	25	1,77	44,25
			0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	143,58

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
	0	0	0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	0,00

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
	0	0	0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	0,00

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	U (W/m.°C)	.B (W/°C)
Parede em contacto com o solo	0	0	0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	0,00

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	U (W/m.°C)	.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos			0,00
Fachada com os pavimentos	31,00	0,75	23,25
Fachada com pavimentos intermédios			0,00
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	31,00	0,75	23,25
Fachada com varanda			0,00
Duas paredes verticais			0,00
Fachada com caixa de estore			0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril			0,00
Outras			0,00
		TOTAL	46,50

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C) **TOTAL** 190,08

Folha de Cálculo FCIV.1b
Perdas associadas à Envolvente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edificios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	(-)	.U.A (W/°C)
Parede sala	14,2	2,08	0,75	22,15
Parede cozinha	2,42	2,08	0,75	3,78
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
TOTAL				25,93

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	(-)	.U.A (W/°C)
Quartos (alcatifa)	38,08	1,53	0,75	43,70
Resto do pavimento da casa (ladrilhos cerâmicos)	52,85	2,03	0,75	80,46
				0,00
TOTAL				124,16

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m².°C)	(-)	.U.A (W/°C)
Cobertura	95	2,61	0,75	185,96
				0,00
				0,00
TOTAL				185,96

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	(-)	.U.A (W/°C)
Caixilharia de madeira (cozinha)	1,5	3,50	0,75	3,93
Caixilharia metálica (sala)	4	2,24	0,75	6,71
				0,00
TOTAL				10,64

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com >0,7)	Comp. B (m)	U (W/m.°C)	(-)	.B (W/°C)
Sala - Varanda	11	0,75	0,75	6,19
Cozinha - Varanda	1,45	0,75	0,75	0,82
				0,00
				0,00
				0,00
TOTAL				7,00

Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	353,70
--------------	---------------

Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:

Zonas comuns em edificios com mais de uma Fracção Autónoma;

Edificios anexos;

Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;

Folha de Cálculo FC IV.1d
Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento		90,93	(m ²)
Pé-direito médio		2,8	(m)
		=	
Volume interior	(V)	254,60	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="S/C"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH = <input type="text" value="0,95"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="2"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m³/h)

Caudal Extraído Vev - (m³/h)

Diferença entre Vins e Vev (m³/h) / (volume int) RPH (**)

Infiltrações *(Vent. Natural)* Vx - (h⁻¹)

Recuperador de calor (S ou N)

se SIM, =

se NÃO, =

Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6) (Vf / V + Vx). (1 -)

Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	254,60	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	0,950	
	x	
	0,34	
	=	
TOTAL	82,24	(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 A (m ²)	Factor de 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)
								0,00
Sul (caixilharia madeira)	Simples	1,2	1,00	0,72	0,45	0,7	0,9	0,24
Norte(caixilharia madeira)	Simples	2,4	0,27	0,39	0,9	0,7	0,9	0,14
Este (caixilharia madeira sem cortina no interior)	Simples	0,68	0,56	0,72	0,27	0,7	0,9	0,05
Este (caixilharia madeira)	Simples	1,2	0,56	0,39	0,27	0,7	0,9	0,04
Oeste (caixilharia madeira)	Simples	1,2	0,56	0,39	0,27	0,7	0,9	0,04
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m ²)	0,53
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na zona <input type="text" value="3"/> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m ² .mês)	90
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	7,3
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	345,63

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="7,30"/>	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="90,93"/>	(m ²)
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="1911,71"/>	(kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:

=		Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2257,34"/>
		Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)	<input type="text" value="40063,00"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="3"/>	a =	<input type="text" value="4,2"/>	= <input type="text" value="0,06"/>
<i>(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)</i>			
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos	()		<input type="text" value="1,00"/>
			x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos			<input type="text" value="2257,34"/>
			=
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)			<input type="text" value="2257,33"/>

Folha de Cálculo FC IV.1f
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		81,1
Coberturas exteriores		0
Pavimentos exteriores		0
Envidraçados exteriores		6,68
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .)	
Paredes interiores		13,02
Coberturas interiores		90,93
Pavimentos interiores		90,93
Envidraçados interiores		5,5
Área total:		288,16
		/
Volume (de FCIV.1d):		254,60
		=
FF		1,13

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1)

2560

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	105,62
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	165,464
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	161,102
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	180,306

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

161,10

Folha de Cálculo FC IV.2
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	190,08
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	353,70
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	26,05
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	82,24

Coeficiente Global de Perdas (W/°C) =
652,07

Graus-dias no Local (°C.dia) x
2560,00

x
0,024

Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano) =
40063,00

Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh)) +
0

Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e) -
2257,33

Necessidades de Aquecimento (kWh/ano) =
37805,67

Área Útil de Pavimento (m2) /
90,93

Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano) =
415,77

Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano) =
161,10

Não verifica K.O.

Nic/Ni = 258,08%

Folha de cálculo FCV.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	143,58	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	26,05	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar <i>(o efeito do recuperador de calor, caso exista, não deve ser considerado no Verão)</i>	(valor final da FCIV.1d / (1-))	82,24	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	251,87	(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	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	251,87	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	4424,88	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1b
Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	0,00

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
			0,00
Alçado Principal com caixilharia de madeira (Sul)	1,20	3,9	4,68
Alçado Posterior (Norte)	2,40	3,9	9,36
Alçado Esquerdo (Oeste)	1,20	3,9	4,68
Alçado Direito (Este)	1,20	3,9	4,68
Alçado Direito (Este - sem cortina)	0,68	3,9	2,65
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	26,05

Folha de Cálculo FC V.1c
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui paredes e cobertura*)

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste	
Área, A (m ²)	26,02	10	25	20,08					
	x	x	x	x	x	x	x	x	
U (W/m ² °C)	1,77	1,77	1,77	1,77					
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4					
	=	=	=	=	=	=	=	=	
.U.A (W/°C)	18,42	7,08	17,70	14,22	0,00	0,00	0,00	0,00	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	470	470					
	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	147,38	107,62	332,76	267,27	0,00	0,00	0,00	0,00	TOTAL
									855,03 (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1d
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	Norte	Sul	Oeste	Este	Este (sem cortina)	
Área, A (m ²)	2,4	1,2	1,2	1,2	0,675			
	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado <i>(protecção solar activada a 70%)</i>	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35			
	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	1	1	1	1	1			
	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	1	1	1	1	1			
	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,57	0,5	0,45	0,45	0,45			
	=	=	=	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,48	0,21	0,19	0,19	0,11	0,00	0,00	
	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	380	470	470	470			
	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	95,76	79,80	88,83	88,83	49,97	0,00	0,00	TOTAL 403,19 (KWh)

Folha de cálculo FC V.1e
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	90,93	
	x	
	2,93	
	=	
Ganhos internos Totais	1064,97	(KWh)

Folha de cálculo FC V.1f
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	403,19	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	855,03	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1064,97	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2323,19	(KWh)

Folha de cálculo FCV.1g
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		2323,19	(kWh)
		/	
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)		4424,88	(kWh)
		=	
Relação Ganhos-Perdas		0,53	
Inércia do edifício	<i>(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)</i>	3	
<hr/>			
		1	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, (Gráfico IV.1)		0,97	
		=	
		0,03	
		x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		2323,19	(kWh)
		=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		76,39	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)		0,00	(Ev=Pvx24x0,122(kWh))
		=	
	TOTAL	76,39	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento (m ²)		90,93	
		=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc		0,84	(kWh/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv <i>(Nº2 do Artigo 15º)</i>		18	(kWh/m ² .ano)
	Verifica	O.K.	
	Nvc/Nv =	4,67%	

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) <i>(edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)</i>	160,00	
Aumento de temperatura necessário (T) <i>(considerar igual a 45°C)</i>	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,72	
E_{solar}	0,00	<i>Programa SOL TERM</i>
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	46,69	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	52,02	(kW.h/m ² .ano)

N_{ac} N_a ? Verifica

$N_{ac}/N_a =$ 89,74%

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	161,10	
Nic (kW.h/m ² .ano)	415,77	
Nv (kW.h/m ² .ano)	18,00	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	0,84	
Na (kW.h/m ² .ano)	52,02	
Nac (kW.h/m ² .ano)	46,69	
i	0,72	Art. 18.º - ponto 2
v	3,00	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,290	Art. 18º - ponto 1
F_{puα} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, N_{ic}

8,99 (kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N_t

8,63 (kgep/m².ano)

N_{tc} N_t? Não verifica

N_{tc}/N_t = 104,10%

FICHA 2
 REGULAMENTO DAS CARACTERISTICAS TÉRMICAS
 DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
 LEVANTAMENTO DIMENSIONAL,
 (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)
 (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
 (ou para o corpo de um edifício)

Edifício/FA :

Área útil de pavimento:	90,93	Pé direito médio (ponderado):	2,8
--------------------------------	-------	--------------------------------------	-----

Elementos correntes da envolvente		
	A	U
	(m ²)	(W/m ² .°C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior		
sobre área não útil	90,93	1,65
Total	90,93	
PAREDES		
Ext. (total)	81,11	1,4
Interiores	15,78	2,08
Pilares		
Total	96,89	
COBERTURAS		
terraço		
desvão		
não ventilado		
ventilado		
planas		
sob área não útil	90,93	2,61
Total	90,93	

Elementos em Contacto com o Solo		
	comp. (m)	(W/m.°C)
PAVIMENTOS	0	-
PAREDES	contabilizada na envolvente exeterior	0

Pontes Térmicas		
	comp. (m)	(W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo		
intermédios		
sobre locais não aquecidos ou exteriores	31	0,75
FACHADA COM		
cobertura	31	0,75
varanda		
caixa de estore		
peitoril / padieira		
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES		

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO -	
PAREDE	COBERTURA
0,4	-

PAREDES (descrição sumária e valor de U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Parede Exterior - Parede simples de tijolo com aproximadamente 25 cm de espessura rebocada em ambas faces com um valor de transmissão térmica aumentado de 35% de 1,89 m ² .°C/W	26,02		25,01		10		20,08		81,11
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo tipo protecção e valor de Sv)									
Envidraçados constituídos por vidro simples com caixilharia de madeira. Todos os envidraçados exteriores de zonas úteis possuem um sistema de oclusão nocturna com portada metálica de elevada permeabilidade ao ar. Os envidraçados possuem um coeficiente de transmissão térmica de 3,9 m ² .°C/W (ITE)	2,4		1,875		1,2		1,2		6,675
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS (m²)	0								

**Folhas de cálculo para a certificação térmica da
habitação referente ao caso 2**

Folha de Cálculo FCIV.1a
Perdas associadas à Envoltente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Sul (parede fina)	20,65	2,56	52,86
Sul (Parede em pedra)	25,32	2,00	50,64
Norte	44,99	2,00	89,98
Oeste	28,32	2,00	56,65
Este	39,74	2,00	79,48
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			329,61

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Varanda fechada (apenas soalho)	22,1	3,37	74,48
Entrada (soalho revestido com ladrilho)	3,17	3,24	10,27
			0,00
		TOTAL	84,75

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
	0,00	0	0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	0,00

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	(W/m.°C)	.B (W/°C)
-			0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	0,00

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	(W/m.°C)	.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos			0,00
Fachada com os pavimentos	64,93	0,75	48,69
Fachada com pavimentos intermédios (sup)			0,00
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	72,60	0,75	54,45
Fachada com varanda	7,67	0,75	5,75
Duas paredes verticais			0,00
Fachada com caixa de estore			0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril			0,00
Outras			0,00
		TOTAL	114,65

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	529,01
--------------	---------------

Folha de Cálculo FC IV.1d
Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento		212,34	(m ²)
Pé-direito médio		2,64	(m)
		=	
Volume interior	(V)	560,58	(m ³)

(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="S/C"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= <input type="text" value="0,95"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="2"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m³/h)

Caudal Extraído Vev - (m³/h)

Diferença entre Vins e Vev (m³/h) /

Infiltrações *(Vent. Natural)* Vx - (h⁻¹)

Recuperador de calor (S ou N)

se SIM, =

se NÃO, =

Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6) (Vf / V + Vx).(1-)

Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	560,58	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	0,950	
	x	
	0,34	
	=	
TOTAL	181,07	(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 A (m ²)	Factor de 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)
Norte (Portadas ext + cortina muito transparente)	simples	8,1	0,27	0,72	0,9	0,7	0,9	0,88
Sul (persianas - obstr > 45°)	simples	1,8	1,00	0,72	0,27	0,7	0,9	0,22
Sul (persianas - obstr < 45°)	simples	1,8	1,00	0,72	0,45	0,7	0,9	0,37
Sul (portadas interiores)	simples	0,91	0,56	0,72	0,45	0,7	0,9	0,10
Este (Portadas int.)	simples	0,91	0,56	0,72	0,27	0,7	0,9	0,06
Este (Portada ext.)	simples	1	0,56	0,72	0,27	0,7	0,9	0,07
Oeste (com obstrucao < 45)	simples	2,4	0,56	0,72	0,45	0,7	0,9	0,27
Oeste (com obstrucao > 45)	simples	2,4	0,56	0,72	0,27	0,7	0,9	0,16

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m ²)	2,10
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sol}) na zona <input type="text" value="3"/> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m ² .mês)	90
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	7,3
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	1377,78

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="7,30"/>	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="212,34"/>	(m ²)
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="4464,24"/>	(kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:

=	Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="5842,02"/>
	Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)	<input type="text" value="99440,49"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="1"/>	a = <input type="text" value="1,8"/>	= <input type="text" value="0,06"/>
<i>(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)</i>		
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ()		<input type="text" value="0,99"/>
		x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		<input type="text" value="5842,02"/>
		=
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)		<input type="text" value="5808,55"/>

Folha de Cálculo FC IV.1f
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		166,72
Coberturas exteriores		0
Pavimentos exteriores		25,27
Envidraçados exteriores		18,42
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .)	
Paredes interiores		0
Coberturas interiores		212,34
Pavimentos interiores		159,6
Envidraçados interiores		0
Área total:		582,35
		/
Volume (de FCIV.1d):		560,58
		=
FF		1,04

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1)

2560

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 105,62
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	156,659
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	155,442
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	180,306

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

155,44

Folha de Cálculo FC IV.2
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	529,01
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	838,38
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	70,04
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	181,07

	=	1618,50
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	x	
Graus-dias no Local (°C.dia)	x	2560,00
	x	0,024
	=	
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	+	99440,49
	+	
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))	-	0
	-	
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	=	5808,55
	=	
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	/	93631,94
	/	
Área Útil de Pavimento (m2)	=	212,34
	=	
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)		440,95
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)		155,44

Não verifica

K.O.

Nic/Ni =

283,68%

Folha de cálculo FCV.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	329,61	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	84,75	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	70,04	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar (valor final da FCIV.1d / (1-)) <i>(o efeito do recuperador de calor, caso exista, não deve ser considerado no Verão)</i>		181,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	665,46	(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	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	665,46	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	11690,83	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1b
Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	0,00

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
			0,00
Alçd pr.(persianas)	3,6	3,4	12,24
janelas com portada de madeira interior	1,82	3,9	7,10
janelas com portada de madeira exterior	13	3,9	50,70
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	70,04

Folha de Cálculo FC V.1c
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui paredes e cobertura*)

Orientação	Norte	Sul	Este	Oeste	Sul (parede fina)
Área, A (m ²)	48,91	24,46	32,46	32,94	17,13		
	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,56		
	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, (Quadro V.5)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,4		
	=	=	=	=	=	=	=
.U.A (W/°C)	39,13	19,57	25,97	26,35	17,55	0,00	0,00
	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	420	450	450	420		
	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	313,01	328,78	467,48	474,34	294,77	0,00	0,00
							TOTAL
							1878,37

(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1d
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	Norte (Portadas ext)	Sul (persianas - obstr > 45°)	Sul (persianas - obstr < 45°)	Sul (portadas interiores)	Este (Portadas int.)	Este (Portada ext.)	Oeste (obstrucao < 45°)	Oeste (obstrucao > 45°)	
Área, A (m ²)	6,3	1,8	1,8	0,91	0,91	1	2,4	2,4	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado <i>(protecção solar activada a 70%)</i>	0,313	0,313	0,313	0,544	0,544	0,313	0,313	0,313	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	1	1	1	1	1	1	1	1	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	1	1	1	1	1	1	1	1	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,57	0,45	0,5	0,5	0,45	0,45	0,5	0,45	
	=	=	=	=	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	1,12	0,25	0,28	0,25	0,22	0,14	0,38	0,34	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	200	420	420	420	450	450	450	450	
	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	224,80	106,48	118,31	103,96	100,25	63,38	169,02	152,12	TOTAL 1038,32 (kWh)

Folha de cálculo FC V.1e
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	212,34	
	x	
	2,93	
	=	
Ganhos internos Totais	2486,93	(KWh)

Folha de cálculo FC V.1f
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1038,32	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	1878,37	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	2486,93	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	5403,62	(KWh)

Folha de cálculo FCV.1g
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	5403,62	(kWh)
	/	
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	11690,83	(kWh)
	=	
Relação Ganhos-Perdas	0,46	
Inércia do edifício	<i>(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)</i>	1

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, (Gráfico IV.1)	0,85	
	=	
	0,15	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	5403,62	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	818,80	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	0,00	(Ev=Pvx24x0,122(kWh))
	=	
TOTAL	818,80	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	212,34	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	3,86	(kWh/m².ano)
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv <i>(Nº2 do Artigo 15º)</i>	18	(kWh/m².ano)

Verifica
Nvc/Nv =

O.K.
21,42%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	
Aumento de temperatura necessário (T) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,38	
E_{solar}	0,00	Programa SOL TERM
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	47,35	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	27,85	(kW.h/m ² .ano)

Nac Na? Não verifica

$Nac/Na =$ 170,04%

Necessidades Globais de Energia Primária

N_i (kW.h/m ² .ano)	155,44	
N_{ic} (kW.h/m ² .ano)	440,95	
N_v (kW.h/m ² .ano)	18,00	
N_{vc} (kW.h/m ² .ano)	3,86	
N_a (kW.h/m ² .ano)	27,85	
N_{ac} (kW.h/m ² .ano)	47,35	
i	1,00	Art. 18.º - ponto 2
v	3,00	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,290	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,290	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, N_{tc}

16,90 (kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N_t

5,32 (kgep/m².ano)

N_{tc} N_t? Não verifica

N_{tc}/N_t = 317,60%

FICHA 2
 REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS
 DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
 LEVANTAMENTO DIMENSIONAL,
 (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)
 (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
 (ou para o corpo de um edifício)

Edifício/FA :

Área útil de pavimento:	Pé direito médio (ponderado):
--------------------------------	--------------------------------------

Elementos correntes da envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² .°C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	3,17	1,9
	22,1	1,94
sobre área não útil	25,08	1,52
	161,99	1,55
Total	212,34	
PAREDES		
Ext. (total)	9,39	1,58
	157,53	3,04
Interiores		
Pilares		
Total		
COBERTURAS		
terraço		
desvão		
	não ventilado	
	ventilado	
planas		
sob área não útil	230	0,2
Total		

Elementos em Contacto com o Solo		
	comp. (m)	(W/m.°C)
PAVIMENTOS	0	
PAREDES	0	

Pontes Térmicas		
	comp. (m)	(W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo		
intermédios sobre locais não aquecidos ou exteriores	72,6	0,75
FACHADA COM COBERTURA:		
cobertura	72,6	0,75
varanda	7,67	0,75
caixa de estore		
peitoril / padieira		
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES		

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO -	
PAREDE	COBERTURA
0,4	

PAREDES (descrição sumária e valor de U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Parede exterior em pedra com uma espessura de 30 cm revestida e pintada em ambas faces gujo coeficiente de transmissão tér mica aumentado de 35% é 3,04 m ² .°C/W.	44,99		39,74		25,32		28,32		138,37
Parede exterior mais fina (construída após as de pedra existente apenas no alçado principal (Sul) em estuque (estrutura de madeira revestida com estuque). O coeficiente de transmissão térmica aumentado em 35% é 1,58 m ² .°C/W.					20,65				20,65
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo tipo protecção e valor de Sv)									
Envidrçados constituídos por vidro simples com protecção exterior (portada de madeira) e caixilharia em madeira.	6,3		1				4,8		12,1
Envidrçados constituídos por vidro simples com protecção exterior (persianas) e caixilharia em madeira.					3,6				3,6
Envidrçados constituídos por vidro simples com protecção interior (portada de madeira) e caixilharia em madeira.			0,91		0,91				1,82
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS (m²)									

**Folhas de cálculo para a certificação térmica da
habitação referente ao caso 3**

Folha de Cálculo FCIV.1a
Perdas associadas à Envoltente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Alçado norte (piso1)	22,49	1,39	31,26
Alçado sul (piso1)	22,88	1,39	31,80
Alçado este (piso1)	13,96	1,39	19,41
Alçado oeste (piso1)	16,10	1,39	22,38
Alçado norte (piso 0)	20,30	2,06	41,82
Alçado sul (piso 0)	21,88	2,06	45,07
Alçado este (piso 0)	13,00	2,06	26,77
		TOTAL	218,52

Pavimentos Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
-	0		0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	0,00

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	61,2	0,91	55,69
			0,00
			0,00
		TOTAL	55,69

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	U (W/m.°C)	.B (W/°C)
Pavimento em contacto com o solo	23,50	2,50	58,75
			0,00
			0,00
		TOTAL	73,75

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	U (W/m.°C)	.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	23,50	0,75	17,63
Fachada com os pavimentos			0,00
Fachada com pavimentos intermédios	47,00	0,75	32,25
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	29,50	0,75	22,13
Fachada com varanda	6,00	0,75	4,50
Duas paredes verticais			0,00
Fachada com caixa de estore			0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril			0,00
Outras			0,00
		TOTAL	66,38

**Perdas pela envoltente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	414,33
--------------	---------------

Folha de Cálculo FC IV.1d
Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento		109,2	(m ²)
Pé-direito médio		2,6	(m)
		=	
Volume interior (V)		283,92	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="S/C"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= <input type="text" value="0,95"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="2"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m³/h) Vf = || Caudal Extraído Vev - (m³/h) | |
Diferença entre Vins e Vev (m³/h)	/	V = RPH (**) (volume int)
Infiltrações *(Vent. Natural)* Vx - (h⁻¹)		
Recuperador de calor (S ou N)		se SIM, = se NÃO, =
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)		(Vf / V + Vx).(1 -)
Consumo de Electricidade para os ventiladores		(Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	283,92	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	0,950	
	x	
	0,34	
	=	
TOTAL	91,71	(W/°C)

Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de 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)
Norte	Simples	3	0,27	0,72	0,9	0,7	0,9	0,33
Norte	Simples	3	0,27	0,57	0,9	0,7	0,9	0,26
Sul	Simples	1	1,00	0,72	0,27	0,7	0,9	0,12
Sul	Simples	1	1,00	0,72	0,27	0,7	0,9	0,12
Este	Simples	1	0,56	0,72	0,45	0,7	0,9	0,11
Este	Simples	0,43	0,56	0,72	0,45	0,7	0,9	0,05
Este	Simples	1,4	0,56	0,72	0,27	0,7	0,9	0,10
Este	Simples	2,8	0,56	0,72	0,45	0,7	0,9	0,32
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m ²)	1,41
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na zona 3 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m ² .mês)	90
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	7,3
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	867,08

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	7,30	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	109,20	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2295,82	(kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:

	=	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	=	3162,90
Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)	=	36091,37
Inércia do edifício: 3	a =	4,2
<i>(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)</i>	=	0,09
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ()	=	1,00
	x	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	=	3162,90
	=	
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	=	3162,80

Folha de Cálculo FC IV.1f
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		127,8
Coberturas exteriores		80
Pavimentos exteriores		0
Envidraçados exteriores		12,63
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A . .)	
Paredes interiores		15,86
Coberturas interiores		0
Pavimentos interiores		0
Envidraçados interiores		0
Área total:		236,29
		/
Volume (de FCIV.1d):		283,92
		=
FF		0,83

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1)

2560

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 105,62
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	137,090
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	141,690
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	180,306

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

137,09

Folha de Cálculo FC IV.2
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	414,33
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	27,33
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	54,06
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	91,71

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	587,42
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2560,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	36091,37
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	3162,80
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	32928,57
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	109,20
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	301,54
	=
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	137,09

Não verifica

K.O.

Nic/Ni = 219,96%

Folha de cálculo FCV.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	218,52	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	55,69	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	54,06	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar (valor final da FCIV.1d / (1-))		91,71	(W/°C)
<i>(o efeito do recuperador de calor, caso exista, não deve ser considerado no Verão)</i>			
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	419,97	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento		19	(°C)
(Quadro III.9)		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	419,97	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	7378,06	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1b
Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Cobertura em terraço	61,2	0,91	55,69
			0,00
			0,00
TOTAL			55,69

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Envidraçados com caixilharia metálica (sul)	3,00	3,9	11,70
Envidraçados com caixilharia metálica (este)	4,63	3,9	18,06
Envidraçados com caixilharia metálica (norte)	1,00	3,9	3,90
Envidraçados com caixilharia metálica sem oclusão (norte)	4,00	6,2	24,80
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
TOTAL			58,46

Folha de Cálculo FC V.1c
Ganhos Solares pela Envoltente Opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui paredes e cobertura*)

Orientação	Norte (piso 1)	Sul (piso 1)	Este (piso 1)	Oeste (piso 1)	Norte (piso 0)	Sul (piso 0)	Este (piso 0)	Cobertura	
Área, A (m ²)	22,49	22,88	13,96	16,1	20,3	21,88	13	61,2	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
U (W/m ² °C)	1,39	1,39	1,39	1,39	2,06	2,06	2,06	0,91	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, (Quadro V.5)	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	
	=	=	=	=	=	=	=	=	
.U.A (W/°C)	15,63	12,72	7,76	8,95	16,73	18,03	10,71	27,85	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	420	450	450	200	420	450	790	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pela Envoltente Opaca Exterior	125,04	213,72	139,71	161,13	133,82	302,89	192,82	879,93	TOTAL 2149,06 (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1d
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	Norte	Norte	Sul	Sul	Este	Este	Este	Este
Área, A (m ²)	3	3	1	1	1	0,43	1,4	2,8
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,7	0,334	0,334	0,334	0,334	0,334	0,334	0,334
	X	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	1	1	1	1	1	1	1	1
	X	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	1	1	1	1	1	1	1	1
	X	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,57	0,57	0,45	0,45	0,5	0,5	0,5	0,45
	=	=	=	=	= 2	=	=	=
Área Efectiva, Ae	1,19	0,57	0,15	0,15	0,17	0,07	0,23	0,42
	X	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	200	420	420	420	450	450	450
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	238,21	114,23	63,13	63,13	70,14	32,31	105,21	189,38
								TOTAL
								875,73 (KWh)

Folha de cálculo FC V.1e
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	109,2	
	x	
	2,93	
	=	
Ganhos internos Totais	1278,95	(KWh)

Folha de cálculo FC V.1f
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	875,73	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	2149,06	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1278,95	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	4303,74	(KWh)

Folha de cálculo FCV.1g
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	4303,74	(kWh)
	/	
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	7378,06	(kWh)
	=	
Relação Ganhos-Perdas	0,55	
Inércia do edifício	3	

*(In. Fraca=1; In. Média=2;
In. Forte=3)*

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, (Gráfico IV.1)	0,96	
	=	
	0,04	
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	4303,74	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	156,43	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	0,00	(Ev=Pvx24x0,122(kWh))
	=	
	TOTAL	
	156,43	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	109,20	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	1,43	(kWh/m².ano)
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv <i>(Nº do Artigo 15º)</i>	18	(kWh/m².ano)

Verifica
Nvc/Nv =

O.K.
7,96%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
Aumento de temperatura necessário (T) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,38	
E_{solar}	0,00	<i>Programa SOL TERM</i>
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	73,66	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	43,32	(kW.h/m ² .ano)

Nac Na? Não verifica

$$Nac/Na = 170,04\%$$

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	137,09
Nic (kW.h/m ² .ano)	301,54
Nv (kW.h/m ² .ano)	18,00
Nvc (kW.h/m ² .ano)	1,43
Na (kW.h/m ² .ano)	43,32
Nac (kW.h/m ² .ano)	73,66
i	1,00
v	3,00
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,290
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,290
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086

Art. 18.º - ponto 2

Art. 18.º - ponto 2

Art. 18º - ponto 1

Art. 18º - ponto 1

Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, N_{tc}

15,09

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N_t

7,24

(kgep/m².ano)

N_{tc} N_t? Não verifica

N_{tc}/N_t = 208,36%

FICHA 2
 REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS
 DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
 LEVANTAMENTO DIMENSIONAL,
 (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)
 (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
 (ou para o corpo de um edifício)

Edifício/FA :

Área útil de pavimento:	Pé direito médio (ponderado):
--------------------------------	--------------------------------------

Elementos correntes da envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² .°C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	0	
sobre área não útil	0	
Total		
PAREDES		
Ext. (total)	51,91	2,06
Ext. (total)	73,89	1,38
Interiores	15,86	1,73
PONTES TÉRMICAS PLANAS		
Total	141,66	
COBERTURAS		
terraço	80	0,91
desvão		
não ventilado		
ventilado		
planas		
sob área não útil		
Total	80	

Elementos em Contacto com o Solo		
	comp. (m)	(W/m.°C)
PAVIMENTOS	29,5	2,5
PAREDES local não útil	6	0,75

Pontes Térmicas		
	comp. (m)	(W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	23,5	0,75
intermédios	29,5	0,75
sobre locais não aquecidos ou exteriores		
FACHADA COM COBERTURA:		
cobertura	29,5	0,75
varanda	6	0,75
caixa de estore		
peitoril / padieira		
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES		

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO -	
PAREDE	COBERTURA

PAREDES (descrição sumária e valor de U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Parede de Pedra (Granito) com uma espessura de 0,80m revestida em ambas faces com reboco tradicional numa espessura de 2cm. U= 2,06 m ² .°C/W	20,3		13		21,88		15,86		71,04
Parede dupla com caixa de ar de 5cm sem isolamento revestida em ambas faces por reboco tradicional e constituída por dois panos exteriores e interiores de tijolo 15 e 11, respectivamente. O valor do coeficiente de transmissão térmica aumentado em 35% do seu valor devido as pontes térmicas planas é de U=1,38 m ² .°C/W	22,49		14		22,88		16,1		75,43
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo tipo protecção e valor de Sv) Os vãos envidraçados desta habitação são constituídos por vidro simple de espessura 4mm em caixilharias de alumínio. Relativamente à protecções exteriores, estas estão equioadas com portas de alumínio com aberturas permanentes.	6		5,6		2		0		13,63
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS (m²)									

ANEXO III

INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR
PARA O CÁLCULO DE
CERTIFICAÇÃO TÉRMICA
(INÉRCIA E ENVIDRAÇADOS)

Análise da Inércia Térmica do caso 1.

Inércia Térmica Forte	Sim	Não
Pavimento e tecto de betão armado ou Pré esforçado	X	
Revestimento do 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 revestimento de estuque ou reboco	X	
Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores em estuque ou reboco	X	
Paredes da envolvente interior em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco	X	
Inércia Térmica Fraca	Sim	Não
Tecto Falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura)		X
Revestimento do piso flutuante ou de madeira		X
Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação		X
TIPO DE INERCIA	FORTE	

Análise dos envidraçados do caso 1. (a))

	Orientação	e (mm)	Área (m ²)	Caixilharia	Tipo de protecção			
					Interior	(Cor)	Exterior	(Cor)
1	Norte	4	1,2	Madeira	Cortina transparente	Clara	Portadas metálicas	Escura
2	Norte	4	1,2	Madeira	Cortina transparente	Clara	Portadas metálicas	Escura
3	Este	4	1,2	Madeira	Cortina transparente	Clara	Portadas metálicas	Escura
4	Este	4	0,38	Madeira	Cortina muito transparente (*)	Clara	Portadas metálicas	Escura
5	Este	4	0,3	Madeira	Cortina muito transparente (*)	Clara	Portadas metálicas	Escura
6	Sul	4	1,2	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Portadas metálicas	Escura
7	Oeste	4	1,2	Madeira	Cortina transparente	Clara	Portadas metálicas	Escura
8	(interior)	4	4	Janela Dupla (Metálica + Madeira)	-	-	-	-
9	(interior)	4	1,5	Madeira	-	-	-	-

(*) Nota: estes envidraçados não possuem cortinados interiores no entanto foram considerados como tendo-os pelas razões especificadas no presente trabalho (ver 4.3.2.4)

Análise dos envidraçados do caso 1. (b))

	Palas			F _s ,F _g ,F _w (AQ)	F _s ,F _g ,F _w (AR)	Factor Solar (aquecimento)	Factor Solar (arrefecimento)	U [W/(m ² .°C)]	ITE 50
	Não	Sim < 45°	Sim > 45°						
1			X	0,57	0,45	0,39	0,35	3,9	Quadro III.1
2			X	0,57	0,45	0,39	0,35	3,9	Quadro III.1
3			X	0,17	0,45	0,39	0,35	3,9	Quadro III.1
4			X	0,17	0,45	0,72	0,35	3,9	Quadro III.1
5			X	0,17	0,45	0,72	0,35	3,9	Quadro III.1
6	X			0,28	0,5	0,72	0,35	3,9	Quadro III.1
7			X	0,17	0,45	0,39	0,35	3,9	Quadro III.1
8				-	-	-	-	2,8	Quadros III.1 e III.2
9				-	-	-	-	3,5	Quadro III.1

Coefficientes de transmissão térmica da cobertura do caso1.

- 0 mm (solução inicial)

Cobertura (Fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	0,15	-	0,13
Gesso	0,015	0,57	0,03
Espaço não-útil	-	-	0,10
U [W/(m ² .°C)]			2,61

- 30 mm

Cobertura (Fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	0,15	-	0,13
Gesso	0,015	0,57	0,03
Isolamento (XPS)	0,03	0,037	0,81
Camada protectora de revestimento	0,020	0,57	0,04
Espaço não-útil	-	-	0,10
U [W/(m ² .°C)]			0,81

- 40 mm

Cobertura (Fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m ² .°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	0,15	-	0,13
Gesso	0,015	0,57	0,03
Isolamento (XPS)	0,04	0,037	1,08
Camada protectora de revestimento	0,020	0,57	0,04
Espaço não-útil	-	-	0,10
		U [W/(m ² .°C)]	0,67

- 50 mm

Cobertura (Fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m ² .°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	0,15	-	0,13
Gesso	0,015	0,57	0,03
Isolamento (XPS)	0,05	0,037	1,35
Camada protectora de revestimento	0,020	0,57	0,04
Espaço não-útil	-	-	0,10
		U [W/(m ² .°C)]	0,57

- 60 mm

Cobertura (Fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m ² .°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	0,15	-	0,13
Gesso	0,015	0,57	0,03
Isolamento (XPS)	0,06	0,037	1,62
Camada protectora de revestimento	0,020	0,57	0,04
Espaço não-útil	-	-	0,10
U [W/(m ² .°C)]			0,49

- 80 mm

Cobertura (Fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m ² .°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	0,15	-	0,13
Gesso	0,015	0,57	0,03
Isolamento (XPS)	0,08	0,037	2,16
Camada protectora de revestimento	0,020	0,57	0,04
Espaço não-útil	-	-	0,10
U [W/(m ² .°C)]			0,39

- 110 mm

Cobertura (Fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m ² .°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	0,15	-	0,13
Gesso	0,015	0,57	0,03
Isolamento (XPS)	0,11	0,037	2,97
Camada protectora de revestimento	0,020	0,57	0,04
Espaço não-útil	-	-	0,10
U [W/(m ² .°C)]			0,29

- 140 mm

Cobertura (Fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m ² .°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	0,15	-	0,13
Gesso	0,015	0,57	0,03
Isolamento (XPS)	0,14	0,037	3,78
Camada protectora de revestimento	0,020	0,57	0,04
Espaço não-útil	-	-	0,10
U [W/(m ² .°C)]			0,24

- 170 mm

Cobertura (Fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m ² .°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	0,57	0,03
Laje aligeirada	0,15	-	0,13
Gesso	0,015	0,57	0,03
Isolamento (XPS)	0,17	0,037	4,59
Camada protectora de revestimento	0,020	0,57	0,04
Espaço não-útil	-	-	0,10
		U [W/(m ² .°C)]	0,20

Análise da Inércia Térmica do caso 2.

Inércia Térmica Forte	Sim	Não
Pavimento e tecto de betão armado ou Pré esforçado		X
Revestimento do 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 revestimento de estuque ou reboco		X
Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores em estuque ou reboco		X
Paredes da envolvente interior em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco		X
Inércia Térmica Fraca	Sim	Não
Tecto Falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura)	X	
Revestimento do piso flutuante ou de madeira	X	
Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação	X	
TIPO DE INERCIA	FRACA	

Análise dos envidraçados do caso 2. (a))

	Orientação	e (mm)	Área (m ²)	Caixilharia	Tipo de protecção			
					Interior	(Cor)	Exterior	(Cor)
1	Norte	4	1,02	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Portada de madeira	Média
2	Norte	4	1,02	Madeira	Cortina muito transparente (*)	Clara	Portada de madeira	Média
3	Norte	4	1,02	Madeira	Cortina muito transparente (*)	Clara	Portada de madeira	Média
4	Norte	4	1,2	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Portada de madeira	Média
5	Norte	4	1,02	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Portada de madeira	Média
6	Norte	4	1,02	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Portada de madeira	Média
7	Oeste	4	1,2	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Portada de madeira	Média
8	Oeste	4	1,2	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Portada de madeira	Média
9	Oeste	4	1,2	Madeira	Cortina muito transparente (*)	Clara	Portada de madeira	Média
10	Oeste	4	1,2	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Portada de madeira	Média
11	Este	4	1	Madeira	Cortina muito transparente (*)	Clara	Portada de madeira	Média
12	Sul	4	0,9	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Persiana (PVC)	Clara
13	Sul	4	0,9	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Persiana (PVC)	Clara
14	Sul	4	0,9	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Persiana (PVC)	Clara
15	Sul	4	0,9	Madeira	Cortina muito transparente	Clara	Persiana (PVC)	Clara
16	Sul	4	0,91	Madeira	Cortina muito transparente + portada de madeira	Clara	-	
17	Este	4	0,91	Madeira	Cortina muito transparente + portada de madeira	Clara	-	

(*) Nota: estes envidraçados não possuem cortinados interiores no entanto foram considerados como tendo-os pelas razões especificadas no presente trabalho (ver 4.4.2.4)

Análise dos envidraçados do caso 2. (b))

	Palas			F _s .F _g .F _w (AQ)	F _s .F _g .F _w (AR)	Factor Solar (aquecimento)	Factor Solar (arrefecimento)	U [W/(m ² .°C)]	ITE 50
	Não	Sim < 45°	Sim > 45°						
1		X		0,57	0,57	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
2		X		0,57	0,57	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
3		X		0,57	0,57	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
4		X		0,57	0,57	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
5		X		0,57	0,57	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
6		X		0,57	0,57	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
7			X	0,17	0,45	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
8			X	0,17	0,45	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
9		X		0,28	0,50	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
10		X		0,28	0,50	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
11			X	0,17	0,45	0,72	0,313	3,9	Quadro III.1
12			X	0,17	0,45	0,72	0,313	3,4	Quadro III.1
13			X	0,17	0,45	0,72	0,313	3,4	Quadro III.1
14		X		0,28	0,50	0,72	0,313	3,4	Quadro III.1
15		X		0,28	0,50	0,72	0,313	3,4	Quadro III.1
16		X		0,28	0,50	0,72	0,544	3,9	Quadro III.1
17			X	0,17	0,45	0,72	0,544	3,9	Quadro III.1

Coeficientes de transmissão térmica da cobertura do caso 2 segundo a espessura de isolamento térmico usado.

e (mm)	U [W/(m ² .°C)]	ITE 50
0	3,21	
30	1,0	
40	0,84	
50	0,71	
60	0,63	Quadro II.19
80	0,51	
120	0,39	
180	0,29	

Análise da Inércia Térmica do caso 3.

Inércia Térmica Forte	Sim	Não
Pavimento e tecto de betão armado ou Pré esforçado	X	
Revestimento do 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 revestimento de estuque ou reboco	X	
Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores em estuque ou reboco	X	
Paredes da envolvente interior em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco	X	
Inércia Térmica Fraca	Sim	Não
Tecto Falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura)		X
Revestimento do piso flutuante ou de madeira		X
Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação		X
TIPO DE INERCIA	FORTE	

Análise dos envidraçados do caso 3. (a))

	Orientação	e (mm)	Área (m ²)	Caixilharia	Tipo de protecção			
					Interior	(Cor)	Exterior	(Cor)
1	Norte	4	3	Metálica	Cortinas muito transparentes	Clara	-	
2	Norte	4	1	Madeira	Cortinas muito transparentes	Clara	Portadas metálicas	Média
3	Norte	4	1	Madeira	Cortinas muito transparentes	Clara	Portadas metálicas	Média
4	Norte	4	1	Madeira	Cortinas muito transparentes	Clara	Portadas metálicas	Média
5	Este	4	2,8	Madeira	Cortinas muito transparentes	Clara	Portadas metálicas	Média
6	Este	4	1	Madeira	Cortinas muito transparentes	Clara	Portadas metálicas	Média
7	Este	4	0,43	Madeira	Cortinas muito transparentes	Clara	Portadas metálicas	Média
8	Este	4	1,4	Madeira	Cortinas muito transparentes	Clara	Portadas metálicas	Média
9	Sul	4	1	Madeira	Cortinas muito transparentes	Clara	Portadas metálicas	Média
10	Sul	4	1	Madeira	Cortinas muito transparentes	Clara	Portadas metálicas	Média

(*) Nota: estes envidraçados não possuem cortinados interiores no entanto foram considerados como tendo-os pelas razões especificadas no presente trabalho (ver 4.5.2.5)

Análise dos envidraçados do caso 3. (b))

	Palas			F _s ,F _g ,F _w (AQ)	F _s ,F _g ,F _w (AR)	Factor Solar (aquecimento)	Factor Solar (arrefecimento)	U [W/(m ² .°C)]	ITE 50
	Não	Sim < 45°	Sim > 45°						
1			X	0,57	0,57	0,57	0,7	6,2	Quadro III.2
2			X	0,57	0,57	0,72	0,334	3,9	Quadro III.2
3		X		0,57	0,57	0,72	0,334	3,9	Quadro III.2
4		X		0,57	0,57	0,72	0,334	3,9	Quadro III.2
5		X		0,28	0,5	0,72	0,334	3,9	Quadro III.2
6		X		0,28	0,5	0,72	0,334	3,9	Quadro III.2
7		X		0,28	0,5	0,72	0,334	3,9	Quadro III.2
8			X	0,17	0,45	0,72	0,334	3,9	Quadro III.2
9			X	0,17	0,45	0,72	0,334	3,9	Quadro III.2
10			X	0,17	0,45	0,72	0,334	3,9	Quadro III.2

Coeficientes de transmissão térmica da cobertura do caso 3.

- 30 mm (solução inicial)

Cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	1,30	0,01
Laje	0,15	2,00	0,08
Isolamento	0,03	0,036	0,83
Tela betuminosa	0,005	0,23	0,02
Recobrimento de argamassa de cimento	0,025	1,30	0,02
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]			0,91

- 40 mm

Cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	1,30	0,01
Laje	0,15	2,00	0,08
Camada de forma (Betão cavernoso)	0,10	0,85	0,12
Isolamento	0,04	0,036	1,11
Tela betuminosa	0,005	0,23	0,02
Ladrilho de grés 40x40	0,015	1,30	0,01
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]			0,67

- 50 mm

Cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	1,30	0,01
Laje	0,15	2,00	0,08
Camada de forma (Betão cavernoso)	0,10	0,85	0,12
Isolamento	0,05	0,036	1,39
Tela betuminosa	0,005	0,23	0,02
Ladrilho de grés 40x40	0,015	1,30	0,01
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]			0,57

- 60 mm

Cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	1,30	0,01
Laje	0,15	2,00	0,08
Camada de forma (Betão cavernoso)	0,10	0,85	0,12
Isolamento	0,06	0,036	1,67
Tela betuminosa	0,005	0,23	0,02
Ladrilho de grés 40x40	0,015	1,30	0,01
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]			0,49

- 80 mm

Cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	1,30	0,01
Laje	0,15	2,00	0,08
Camada de forma (Betão cavernoso)	0,10	0,85	0,12
Isolamento	0,08	0,036	2,22
Tela betuminosa	0,005	0,23	0,02
Ladrilho de grés 40x40	0,015	1,30	0,01
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]			0,38

- 110 mm

Cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	1,30	0,01
Laje	0,15	2,00	0,08
Camada de forma (Betão cavernoso)	0,10	0,85	0,12
Isolamento	0,11	0,036	3,06
Tela betuminosa	0,005	0,23	0,02
Ladrilho de grés 40x40	0,015	1,30	0,01
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]			0,29

- 140 mm

Cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	1,30	0,01
Laje	0,15	2,00	0,08
Camada de forma (Betão cavernoso)	0,10	0,85	0,12
Isolamento	0,14	0,036	3,89
Tela betuminosa	0,005	0,23	0,02
Ladrilho de grés 40x40	0,015	1,30	0,01
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]			0,24

- 170 mm

Cobertura em terraço com isolamento (fluxo ascendente)			
Elemento	e (m)	I [W/(m.°C)]	R [(m ² .°C)/W]
Interior	-	-	0,10
Gesso	0,015	1,30	0,01
Laje	0,15	2,00	0,08
Camada de forma (Betão cavernoso)	0,10	0,85	0,12
Isolamento	0,17	0,036	4,72
Tela betuminosa	0,005	0,23	0,02
Ladrilho de grés 40x40	0,015	1,30	0,01
Exterior	-	-	0,04
U [W/(m ² .°C)]			0,20

ANEXO IV

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

Projecção dos custos acumulados das soluções adoptadas no caso 1.

	Projecção do custo acumulado da solução de espessura (mm) adoptada no ano 2009 (€/m ²)								
	(inicial) 0	30	40	50	60	80	110	140	170
2009	15,18	31,71	32,58	33,28	34,09	36,69	40,23	44,09	48,06
2010	30,44	36,45	36,49	36,61	36,96	39,03	41,99	45,49	49,23
2011	45,77	41,21	40,43	39,96	39,83	41,38	43,75	46,90	50,41
2012	61,18	45,99	44,39	43,32	42,73	43,74	45,52	48,32	51,59
2013	76,67	50,79	48,36	46,70	45,63	46,11	47,30	49,74	52,77
2014	92,22	55,62	52,35	50,10	48,55	48,49	49,09	51,17	53,97
2015	107,86	60,47	56,37	53,52	51,49	50,89	50,88	52,61	55,16
2016	123,57	65,35	60,40	56,95	54,44	53,30	52,69	54,05	56,37
2017	139,36	70,25	64,45	60,40	57,40	55,72	54,50	55,51	57,58
2018	155,23	75,17	68,53	63,86	60,38	58,15	56,33	56,97	58,79
2019	171,17	80,12	72,62	67,34	63,38	60,59	58,16	58,43	60,01
2020	187,20	85,10	76,73	70,84	66,38	63,05	60,00	59,91	61,24
2021	203,30	90,09	80,87	74,36	69,41	65,52	61,85	61,39	62,48
2022	219,48	95,11	85,02	77,89	72,44	68,00	63,71	62,87	63,72
2023	235,74	100,16	89,19	81,44	75,50	70,49	65,58	64,37	64,96
2024	252,07	105,23	93,39	85,01	78,56	72,99	67,46	65,87	66,21
2025	268,49	110,33	97,60	88,60	81,65	75,51	69,35	67,38	67,47
2026	284,99	115,45	101,84	92,20	84,74	78,04	71,24	68,90	68,74
2027	301,57	120,59	106,10	95,82	87,86	80,58	73,15	70,42	70,01
2028	318,24	125,76	110,37	99,46	90,99	83,13	75,06	71,96	71,28
2029	334,98	130,96	114,67	103,12	94,13	85,70	76,99	73,49	72,57
2030	351,80	136,18	118,99	106,79	97,29	88,28	78,92	75,04	73,86
2031	368,71	141,43	123,33	110,48	100,46	90,87	80,87	76,60	75,15
2032	385,70	146,70	127,69	114,19	103,65	93,47	82,82	78,16	76,45
2033	402,78	152,00	132,07	117,92	106,86	96,09	84,78	79,73	77,76
2034	419,94	157,32	136,48	121,67	110,08	98,72	86,75	81,31	79,08
2035	437,18	162,68	140,91	125,44	113,32	101,36	88,74	82,89	80,40
2036	454,50	168,05	145,35	129,22	116,57	104,02	90,73	84,49	81,73
2037	471,92	173,46	149,82	133,02	119,84	106,68	92,73	86,09	83,06
2038	489,41	178,89	154,31	136,84	123,12	109,37	94,74	87,70	84,40
2039	506,99	184,34	158,83	140,68	126,42	112,06	96,76	89,31	85,75

Projeção dos custos acumulados das soluções adoptadas no caso 2.

	Projeção do custo acumulado da solução de espessura (mm) adoptada no ano 2009 (€/m ²)								
	(inicial) 0	30	40	50	60	80	110	140	170
2009	18,67	32,58	32,75	33,45	34,15	36,69	40,23	44,09	48,06
2010	37,44	37,78	36,84	36,96	37,07	39,03	41,99	45,49	49,23
2011	56,30	43,01	40,96	40,48	40,01	41,38	43,75	46,90	50,41
2012	75,25	48,26	45,09	44,02	42,96	43,74	45,52	48,32	51,59
2013	94,29	53,54	49,24	47,58	45,93	46,11	47,30	49,74	52,77
2014	113,43	58,85	53,41	51,16	48,91	48,49	49,09	51,17	53,97
2015	132,66	64,18	57,61	54,76	51,90	50,89	50,88	52,61	55,16
2016	151,98	69,54	61,82	58,37	54,91	53,30	52,69	54,05	56,37
2017	171,40	74,92	66,06	62,00	57,94	55,72	54,50	55,51	57,58
2018	190,91	80,33	70,31	65,64	60,98	58,15	56,33	56,97	58,79
2019	210,52	85,77	74,59	69,31	64,03	60,59	58,16	58,43	60,01
2020	230,23	91,23	78,89	72,99	67,10	63,05	60,00	59,91	61,24
2021	250,03	96,72	83,20	76,69	70,19	65,52	61,85	61,39	62,48
2022	269,93	102,24	87,54	80,41	73,29	68,00	63,71	62,87	63,72
2023	289,93	107,78	91,90	84,15	76,40	70,49	65,58	64,37	64,96
2024	310,02	113,36	96,29	87,91	79,53	72,99	67,46	65,87	66,21
2025	330,22	118,96	100,69	91,68	82,68	75,51	69,35	67,38	67,47
2026	350,51	124,58	105,11	95,48	85,84	78,04	71,24	68,90	68,74
2027	370,90	130,24	109,56	99,29	89,01	80,58	73,15	70,42	70,01
2028	391,39	135,92	114,03	103,12	92,20	83,13	75,06	71,96	71,28
2029	411,99	141,63	118,52	106,97	95,41	85,70	76,99	73,49	72,57
2030	432,68	147,36	123,03	110,83	98,64	88,28	78,92	75,04	73,86
2031	453,47	153,13	127,57	114,72	101,87	90,87	80,87	76,60	75,15
2032	474,37	158,92	132,13	118,63	105,13	93,47	82,82	78,16	76,45
2033	495,37	164,75	136,70	122,55	108,40	96,09	84,78	79,73	77,76
2034	516,47	170,60	141,31	126,50	111,69	98,72	86,75	81,31	79,08
2035	537,68	176,48	145,93	130,46	114,99	101,36	88,74	82,89	80,40
2036	558,99	182,38	150,58	134,44	118,31	104,02	90,73	84,49	81,73
2037	580,40	188,32	155,25	138,45	121,65	106,68	92,73	86,09	83,06
2038	601,92	194,29	159,94	142,47	125,00	109,37	94,74	87,70	84,40
2039	623,55	200,28	164,66	146,51	128,37	112,06	96,76	89,31	85,75

Projeção dos custos acumulados das soluções adoptadas no caso 3.







	Projeção do custo acumulado da solução de espessura (mm) adoptada no ano 2009 (€/m ²)							
	(inicial) 30	40	50	60	80	110	140	170
2009	7,06	66,70	67,05	67,63	69,82	73,17	76,91	80,81
2010	14,15	72,39	71,81	71,69	72,94	75,51	78,78	82,37
2011	21,28	78,11	76,58	75,76	76,07	77,86	80,66	83,93
2012	28,44	83,86	81,39	79,85	79,22	80,22	82,55	85,51
2013	35,64	89,63	86,21	83,97	82,39	82,60	84,45	87,09
2014	42,87	95,43	91,06	88,10	85,57	84,98	86,36	88,68
2015	50,14	101,26	95,93	92,25	88,76	87,38	88,28	90,28
2016	57,45	107,12	100,83	96,43	91,97	89,78	90,20	91,88
2017	64,79	113,01	105,75	100,62	95,20	92,20	92,14	93,50
2018	72,16	118,93	110,69	104,84	98,44	94,64	94,08	95,12
2019	79,57	124,87	115,66	109,07	101,70	97,08	96,04	96,75
2020	87,02	130,85	120,65	113,33	104,97	99,53	98,00	98,38
2021	94,51	136,85	125,67	117,60	108,26	102,00	99,98	100,03
2022	102,03	142,89	130,71	121,90	111,57	104,48	101,96	101,68
2023	109,59	148,95	135,78	126,22	114,89	106,97	103,95	103,34
2024	117,18	155,04	140,87	130,56	118,23	109,48	105,96	105,01
2025	124,82	161,17	145,99	134,92	121,58	111,99	107,97	106,69
2026	132,49	167,32	151,13	139,31	124,96	114,52	109,99	108,38
2027	140,20	173,50	156,30	143,71	128,34	117,06	112,03	110,07
2028	147,94	179,72	161,49	148,14	131,75	119,62	114,07	111,77
2029	155,72	185,96	166,71	152,59	135,17	122,18	116,12	113,48
2030	163,55	192,24	171,95	157,06	138,61	124,76	118,19	115,20
2031	171,41	198,54	177,22	161,55	142,06	127,35	120,26	116,93
2032	179,31	204,88	182,51	166,06	145,54	129,96	122,34	118,67
2033	187,24	211,25	187,83	170,60	149,02	132,57	124,43	120,41
2034	195,22	217,64	193,18	175,15	152,53	135,20	126,54	122,16
2035	203,23	224,07	198,55	179,73	156,05	137,85	128,65	123,92
2036	211,29	230,54	203,95	184,34	159,59	140,50	130,78	125,70
2037	219,38	237,03	209,38	188,96	163,15	143,17	132,91	127,47
2038	227,52	243,55	214,83	193,61	166,73	145,85	135,06	129,26
2039	235,69	250,11	220,31	198,28	170,32	148,55	137,21	131,06

Taxas aplicadas na projecção dos custos para os casos 1, 2 e 3.

Ano	Custo energia (inflação 2,5%)	Juro aplicado ao capital relativo ao ano 0 (%)
2009	0,1134	1,02
2010	0,116235	1,0404
2011	0,119140875	1,061208
2012	0,122119397	1,082432
2013	0,125172382	1,104081
2014	0,128301691	1,126162
2015	0,131509234	1,148686
2016	0,134796964	1,171659
2017	0,138166889	1,195093
2018	0,141621061	1,218994
2019	0,145161587	1,243374
2020	0,148790627	1,268242
2021	0,152510393	1,293607
2022	0,156323152	1,319479
2023	0,160231231	1,345868
2024	0,164237012	1,372786
2025	0,168342937	1,400241
2026	0,172551511	1,428246
2027	0,176865299	1,456811
2028	0,181286931	1,485947
2029	0,185819104	1,515666
2030	0,190464582	1,54598
2031	0,195226196	1,576899
2032	0,200106851	1,608437
2033	0,205109523	1,640606
2034	0,210237261	1,673418
2035	0,215493192	1,706886
2036	0,220880522	1,741024
2037	0,226402535	1,775845
2038	0,232062599	1,811361
2039	0,237864163	1,847589

Preços de Venda ao Público

Julho de 2008

PRODUTO e Espessura	Perfil ES-encalce sobreposto MF-encalce macho-fêmea LISO-encalce liso	Resistência à compressão KPa	Medidas mm	Apresentação		Preço	
				nº placas	m2	€/ m2	€/ m3
Fibran ECO RF Coberturas Planas Invertidas / Pavimentos com Cargas Leves							
30*	ES 	> 300	1250 X 600	14	10,50	3,84 €	128 €
40*				10	7,50	5,12 €	128 €
50*				8	6,00	6,40 €	128 €
60				7	5,25	7,68 €	128 €
70				6	4,50	9,45 €	135 €
80				5	3,75	10,80 €	135 €
Fibran ECO WL Paredes Duplas com caixa de ar							
30	M F 	> 200	2600 X 600	14	21,84	3,72 €	124 €
40				10	15,60	4,96 €	124 €
50				8	12,48	6,20 €	124 €
60				7	10,92	7,44 €	124 €
70				6	9,36	9,17 €	131 €
80				5	7,80	10,48 €	131 €
Fibran ECO TE Coberturas Inclinadas (telhado com ripado em argamassa)							
30*	ES 	> 300	1250 X 600	14	10,50	3,93 €	131 €
35*				12	9,00	4,59 €	131 €
40*				10	7,50	5,24 €	131 €
45*				9	6,75	5,90 €	131 €
50*				8	6,00	6,55 €	131 €
60				7	5,25	7,86 €	131 €
70				6	4,50	9,66 €	138 €
80				5	3,75	11,04 €	138 €
Fibran ECO BT Colagens* ² ou Sistema ETICS* ³							
30* ¹	LISO 	> 300	2500 x 600 (1000 x 600)* ³	14	21,00	4,02 €	134 €
40				10	15,00	5,36 €	134 €
50				8	12,00	6,70 €	134 €
60				7	10,50	8,04 €	134 €
70				6	9,00	9,87 €	141 €
80				5	7,50	11,28 €	141 €
Fibran ECO FL Pavimentos com Cargas Elevadas							
30	LISO 	> 400	1250 X 600	14	10,50	4,20 €	140 €
40				10	7,50	5,60 €	140 €
50				8	6,00	7,00 €	140 €
60				7	5,25	8,40 €	140 €
70				6	4,50	10,29 €	147 €
80				5	3,75	11,76 €	147 €
Fibran ECO BT-v NOVIDADE - Estruturas de Betão (Fachadas Ventiladas e Pontes Térmicas) * ⁴							
55	M F 	> 300	2500 x 600	7	10,50	7,59 €	138 €
65				6	9,00	8,97 €	138 €
75				5	7,50	10,35 €	138 €

* Espessuras não recomendadas no âmbito do novo RCCTE para Portugal Continental - Regulamento das

Características do Compartimento Térmico do Edifícios - Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril.

*¹ Espessuras não recomendadas em obra nova, no âmbito do novo RCCTE, para aplicação em ETICS (isolamento térmico exterior).

*² Fibran ECO BT é um produto **sem pele** em ambas as faces, para poder ser colado

*³ Medidas para o Fibran ECO BT (ETICS) - 1000 x 600mm.

*⁴ Fibran ECO BT-v, é um produto **sem pele** e com uma face ranhurada, para colagem durante as betonagens.

Todos os produtos desta tabela possuem Marcação CE, Reacção ao Fogo EUROCLASS "E", e são certificados segundo a norma EN 13164:2001.

Para correcta aplicação do XPS FibranECO segundo o novo RCCTE (Dec.Lei nº80/2006 de 4 de Abril), consultar o MANUAL TÉCNICO Fibran ECO "Aplicação de poliestireno extrudido na envolvente dos edifícios"

OUTROS PRODUTOS:

Fibran ECO PE - Produtos Especiais para a Indústria - sob especificação do cliente.

(espessuras e medidas disponíveis sob prévia consulta. Prazo de entrega : 1 mês)

PRODUTOS AUXILIARES (Fixação) :

Descrição	Dimensões mm	Apresentação caixa	Preços	
			Caixa	un.
Bucha de Fixação Fibran Eco 75	75 x 10	250 un.	30,90 €	0,124 €
Bucha de Fixação Fibran Eco 90	90 x 10	250 un.	46,50 €	0,186 €
Bucha de Fixação Fibran Eco 120	120 x 10	250 un.	55,50 €	0,222 €

(Outras medidas de buchas sob prévia consulta)



Preços sem IVA e válidos a partir de 1 de Julho de 2008

www.iberfibran.pt

Iberfibran
 POLIESTIRENO EXTRUDIDO, SA

CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA

Os Preços referidos não incluem:

**IVA
Transporte**

A mercadoria deve ser sempre confirmada pelo comprador aquando da sua recepção. Qualquer reclamação, deve ser efectuada para o **Serviço de Apoio ao Cliente** no prazo máximo de 8 dias, à data do fornecimento.

SERVIÇOS DISPONÍVEIS

SAC - Serviço de Apoio ao Cliente

Através do qual poderá realizar as suas encomendas
(Linha Directa - 00.351.256.579 672)
(e mail: sacliente@iberfibran.pt)

SAT - Serviço de Apoio Técnico

Ao qual poderá solicitar todo o apoio técnico necessário
(Linha Directa - 00.351.256.579 675)
(e mail: satecnico@iberfibran.pt)

A IBERFIBRAN, reserva-se no direito de introduzir nesta tabela, qualquer tipo de alteração sobre os produtos, características ou preços, sem informação prévia



Produzido por IberFibran, Poliestireno Extrudido, S.A

Av. 16 de Maio | Z.I. de Ovar | 3880 - 102 OVAR | PORTUGAL
Tel. +351 256 579 670 | Fax. + 351 256 579 674
e-mail : iberfibran@iberfibran.pt