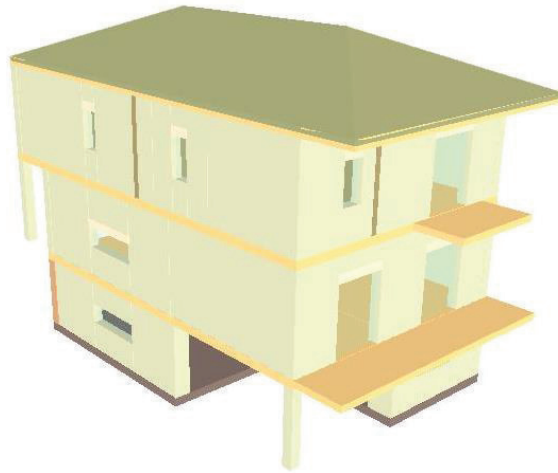




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Civil

ISEL



Projecto de Verificação do Comportamento Térmico de um Edifício de Habitação

**Análise e comparação de resultados obtidos com recurso a
duas ferramentas de Cálculo**

JOÃO CARLOS GODINHO VIEIRA

Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho de Projecto para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de
Especialização de Edificações

Orientador:

Mestre João Manuel Barrento da Costa (Professor Adjunto do I.S.E.L.)

Júri:

Presidente: Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos (Prof. Coordenador do I.S.E.L.)

Vogal: Eng.º Jorge Manuel Grandão Lopes (Investigador Principal do L.N.E.C.)

Janeiro de 2011

Agradecimentos

Mesmo considerando que este projecto é um trabalho individual, este não teria sido possível sem o apoio de algumas pessoas. Como tal, gostaria de reiterar os meus mais sinceros agradecimentos às várias pessoas que contribuíram para a realização deste projecto, entre as quais:

Ao Professor João Manuel Barrento da Costa, Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, orientador deste trabalho, por todo o apoio técnico prestado.

Ao Atelier da Benedita, pela cedência dos projectos objecto deste trabalho.

À OPS Engenharia, local onde trabalho, pela compreensão e apoio prestado durante o desenvolvimento deste projecto.

À TOP Informática pelo apoio prestado na utilização do programa de cálculo utilizado.

Aos meus colegas e amigos, por todo o apoio dado, pela contribuição directa e indirecta que tiveram neste trabalho.

Finalmente, um agradecimento especial à minha família, pelo apoio incondicional, pela sua amizade, conforto, incentivo e sobretudo compreensão nas horas dispendidas na realização deste trabalho.

Resumo

O trabalho de projecto desenvolvido tem por objectivo a análise dos resultados obtidos na verificação térmica de edifícios aquando da utilização de programas de cálculo automático.

Para o efeito, foram escolhidos dois edifícios unifamiliares com características distintas, tentando que fossem abrangidas o máximo de situações diferentes.

Neste projecto foram avaliados sobretudo dois aspectos: quantificação das áreas e desenvolvimentos dos elementos da envolvente dos edifícios em estudo e cálculo dos coeficientes de transmissão térmica superficial e linear dos elementos construtivos.

Com base neste trabalho, pode-se promover uma melhoria dos programas de cálculo automático no mercado, de modo a assegurar uma maior qualidade dos projectos de edifícios e conseqüente reflexo na qualidade da construção civil futura.

Por último, apresentam-se as conclusões e possibilidades de desenvolvimento de trabalhos futuros.

Palavras-Chave: RCCTE; Energia; Térmica; Construção.

Abstract

The main propose of this project is to analyze the results obtained in the thermal verification of buildings when using automatic calculation software.

To this end, we choose two single family buildings with different characteristics, trying to cover as much different situations as possible.

In this project, there were evaluated manly two aspects: measurement of the areas and developments of the buildings envelope and calculation of the surface and linear heat transfer coefficients.

Based on this work, we can promote an improvement of automatic calculation software in the market, in order to assure a higher quality of building projects and the consequent reflection in quality of the future construction.

Finally, we present the conclusions and opportunities for future work.

Keywords: RCCTE; Energie; Thermal; Construction.

Índice de Texto

1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO DO TRABALHO.....	1
1.1. <i>ENQUADRAMENTO</i>	1
1.2. <i>OBJECTIVOS E METODOLOGIA</i>	2
1.3. <i>ORGANIZAÇÃO</i>	3
2. BREVES NOÇÕES SOBRE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM EDIFÍCIOS	5
2.1. <i>GENERALIDADES</i>	5
2.2. <i>PROCESSOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR EM EDIFÍCIOS</i>	5
3. DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS	9
3.1. <i>CASO A</i>	9
3.1.1. <i>Generalidades</i>	9
3.1.2. <i>Soluções Construtivas</i>	10
3.1.2.1. <i>Paredes da Envolvente Exterior</i>	10
3.1.2.2. <i>Paredes da Envolvente Interior</i>	11
3.1.2.3. <i>Cobertura da Envolvente Interior</i>	12
3.1.2.4. <i>Pavimento Térreo</i>	13
3.1.2.5. <i>Envidraçados</i>	13
3.1.2.6. <i>Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga da Envolvente Exterior</i>	14
3.1.2.7. <i>Caixas de Estores</i>	15
3.2. <i>CASO B</i>	16
3.2.1. <i>Generalidades</i>	16
3.2.2. <i>Soluções Construtivas</i>	17
3.2.2.1. <i>Paredes da Envolvente Exterior (Solução Geral)</i>	17
3.2.2.2. <i>Paredes da Envolvente Exterior (Escadas)</i>	18
3.2.2.3. <i>Pavimento sobre o Exterior</i>	19
3.2.2.4. <i>Paredes da Envolvente Interior</i>	20
3.2.2.5. <i>Cobertura da Envolvente Interior</i>	21
3.2.2.6. <i>Pavimento da Envolvente Interior (Solução Geral)</i>	22
3.2.2.7. <i>Pavimento Interior (Cozinha e Instalações Sanitárias)</i>	23
3.2.2.8. <i>Pavimento Térreo</i>	24
3.2.2.9. <i>Envidraçados</i>	24
3.2.2.10. <i>Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga da Envolvente Exterior</i>	25
3.2.2.11. <i>Caixas de Estores</i>	26
3.2.2.12. <i>Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga da Envolvente Interior</i>	27
4. APLICAÇÃO DO RCCTE AOS EDIFÍCIOS	29
4.1. <i>CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DO LOCAL</i>	29
4.1.1. <i>Zonamento Climático</i>	29

4.1.2.	Dados Climáticos	29
4.1.2.1.	<i>Inverno</i>	29
4.1.2.2.	<i>Verão</i>	29
4.2.	CASO A	30
4.2.1.	Levantamento Dimensional	30
4.2.2.	Características Térmicas dos Elementos Construtivos	31
4.2.2.1.	<i>Coefficientes de transmissão térmica superficial (U)</i>	31
4.2.2.2.	<i>Coefficientes de transmissão térmica linear (ψ)</i>	31
4.2.3.	Outras Características Térmicas	32
4.2.3.1.	<i>Factores de Obstrução (F_s)</i>	32
4.2.3.2.	<i>Factor solar dos vãos envidraçados (g_{\perp})</i>	33
4.2.3.3.	<i>Renovação do Ar</i>	33
4.2.3.4.	<i>Área Útil de Pavimento</i>	34
4.2.3.5.	<i>Pé direito médio</i>	34
4.2.3.6.	<i>Inércia Térmica</i>	34
4.2.3.7.	<i>Factor de Forma</i>	35
4.2.3.8.	<i>Ganhos internos médios (Q_i)</i>	35
4.2.4.	Verificação Regulamentar	36
4.2.4.1.	<i>Verificação dos requisitos mínimos</i>	36
4.2.4.2.	<i>Necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic})</i>	36
4.2.4.3.	<i>Necessidades nominais de energia útil máximas para aquecimento (N_i)</i>	37
4.2.4.4.	<i>Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_{vc})</i>	37
4.2.4.5.	<i>Necessidades nominais de energia útil máximas para arrefecimento (N_v)</i>	37
4.2.4.6.	<i>Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias (N_{ac})</i>	38
4.2.4.7.	<i>Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias máximas (N_a)</i>	39
4.2.4.8.	<i>Necessidades anuais globais nominais específicas de energia primária (N_{tc})</i>	40
4.2.4.9.	<i>Valor máximo admissível para energia primária (N_i)</i>	41
4.2.5.	Classe Energética	42
4.3.	CASO B	43
4.3.1.	Levantamento Dimensional	43
4.3.2.	Características Térmicas dos Elementos Construtivos	44
4.3.2.1.	<i>Coefficientes de transmissão térmica superficial (U)</i>	44
4.3.2.2.	<i>Coefficientes de transmissão térmica linear (ψ)</i>	44
4.3.3.	Outras Características Térmicas	45
4.3.3.1.	<i>Factores de Obstrução (F_s)</i>	45
4.3.3.2.	<i>Factor solar dos vãos envidraçados (g_{\perp})</i>	46
4.3.3.3.	<i>Renovação do Ar</i>	46
4.3.3.4.	<i>Área Útil de Pavimento</i>	46
4.3.3.5.	<i>Pé direito médio</i>	46

4.3.3.6.	<i>Inércia Térmica</i>	47
4.3.3.7.	<i>Factor de Forma</i>	48
4.3.3.8.	<i>Ganhos internos médios (Q_i)</i>	48
4.3.4.	Verificação Regulamentar	48
4.3.4.1.	<i>Verificação dos requisitos mínimos</i>	48
4.3.4.2.	<i>Necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic})</i>	49
4.3.4.3.	<i>Necessidades nominais de energia útil máximas para aquecimento (N_i)</i>	49
4.3.4.4.	<i>Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_{vc})</i>	49
4.3.4.5.	<i>Necessidades nominais de energia útil máximas para arrefecimento (N_v)</i>	49
4.3.4.6.	<i>Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias (N_{ac})</i>	50
4.3.4.7.	<i>Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias máximas (N_a)</i>	51
4.3.4.8.	<i>Necessidades anuais globais nominais específicas de energia primária (N_{tc})</i>	51
4.3.4.9.	<i>Valor máximo admissível para energia primária (N_t)</i>	52
4.3.5.	Classe Energética	52
5.	APLICAÇÃO DO RCCTE COM PROGRAMA DE CÁLCULO AUTOMÁTICO	53
5.1.	GENERALIDADES	53
5.2.	INTRODUÇÃO DE DADOS	53
5.2.1.	<i>Tipo de Edifício</i>	53
5.2.2.	<i>Tipo de Projecto</i>	54
5.2.3.	<i>Dados do Projecto</i>	55
5.2.4.	<i>Localização da Obra</i>	56
5.2.5.	<i>Plantas/Grupos</i>	57
5.2.6.	<i>Rugosidade e Certificação Energética</i>	57
5.2.7.	<i>Carregamento de Máscaras</i>	58
5.2.8.	<i>Definir a Orientação</i>	58
5.2.9.	<i>Definição das Soluções Construtivas</i>	59
5.2.10.	<i>Introdução das Paredes</i>	60
5.2.11.	<i>Introdução das Lajes</i>	62
5.2.12.	<i>Introdução dos Vãos Envidraçados e das Portas</i>	62
5.2.13.	<i>Introdução da Cobertura Inclinada</i>	64
5.2.14.	<i>Introdução dos Compartimentos</i>	66
5.2.15.	<i>Definição da Fração Autónoma</i>	67
5.3.	CÁLCULO E EXPORTAÇÃO DE RESULTADOS	68
6.	COMPARAÇÃO DE RESULTADOS	69
6.1.	CASO A	69
6.2.	CASO B	72

7. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE ESTUDOS FUTUROS.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXO A – PROJECTOS DE ARQUITECTURA DOS CASOS DE ESTUDO	
ANEXO B – FICHAS DE RCCTE DO CASO A (FOLHA DE CÁLCULO)	
ANEXO C – FICHAS DE RCCTE DO CASO B (FOLHA DE CÁLCULO)	
ANEXO D – FICHAS DE RCCTE DO CASO A (CYPE 2010)	
ANEXO E – FICHAS DE RCCTE DO CASO B (CYPE 2010)	

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Áreas dos Elementos da Envolvente	30
Tabela 2 - Desenvolvimento dos Elementos	30
Tabela 3 - Coeficientes de Transmissão Térmica Superficial (U)	31
Tabela 4 - Coeficientes de Transmissão Térmica Linear (ψ)	31
Tabela 5 - Factores de Obstrução (Situação de Inverno)	32
Tabela 6 - Factores de Obstrução (Situação de Verão)	32
Tabela 7 - Inércia Térmica	34
Tabela 8 - Verificação dos requisitos mínimos da envolvente opaca	36
Tabela 9 - Áreas dos Elementos da Envolvente	43
Tabela 10 - Desenvolvimento dos Elementos	43
Tabela 11 - Coeficientes de Transmissão Térmica Superficial (U)	44
Tabela 12 - Coeficientes de Transmissão Térmica Linear (ψ)	44
Tabela 13 - Factores de Obstrução (Situação de Inverno)	45
Tabela 14 - Factores de Obstrução (Situação de Verão)	45
Tabela 15 - Inércia Térmica	47
Tabela 16 - Verificação dos requisitos mínimos da envolvente opaca	48
Tabela 17 - Área Útil de Pavimento e Pé Direito Médio	69
Tabela 18 - Elementos Correntes da Envolvente	69
Tabela 19 - Elementos em Contacto com o Solo	70
Tabela 20 - Pontes Térmicas Lineares	70
Tabela 21 - Coeficientes de Transmissão Térmica Superficial (U)	70
Tabela 22 - Coeficientes de Transmissão Térmica Linear (ψ)	71
Tabela 23 - Resumo dos Valores Nominais do Edifício	71
Tabela 24 - Área Útil de Pavimento e Pé Direito Médio	72
Tabela 25 - Elementos Correntes da Envolvente	72
Tabela 26 - Elementos em Contacto com o Solo	72
Tabela 27 - Pontes Térmicas Lineares	73
Tabela 28 - Coeficientes de Transmissão Térmica Superficial (U)	73
Tabela 29 - Coeficientes de Transmissão Térmica Linear (ψ)	74
Tabela 30 - Resumo dos Valores Nominais do Edifício	74

Índice de Figuras

Figura 1 - Processos de Transmissão de Calor em Edifícios [4].....	5
Figura 2 - Planta de Piso (Caso A).....	9
Figura 3 - Parede Exterior	10
Figura 4 - Parede Interior	11
Figura 5 - Cobertura Interior	12
Figura 6 - Pavimento Térreo	13
Figura 7 - Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga	14
Figura 8 - Caixas de Estore.....	15
Figura 9 - Planta de Piso (Caso B).....	16
Figura 10 - Parede Exterior (Solução Geral)	17
Figura 11 - Parede Exterior (Escadas)	18
Figura 12 – Pavimento sobre o Exterior	19
Figura 13 - Parede Interior	20
Figura 14 - Cobertura Interior.....	21
Figura 15 – Pavimento Interior (Solução Geral).....	22
Figura 16 – Pavimento Interior (Cozinha e Instalações Sanitárias).....	23
Figura 17 - Pavimento Térreo	24
Figura 18 - Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga Exterior.....	25
Figura 19 - Caixas de Estore.....	26
Figura 20 - Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga Interior.....	27
Figura 21 - Classes Energéticas	42
Figura 22 - Tipo de Edifício	53
Figura 23 - Tipo de Projecto	54
Figura 24 - Dados do Projecto – Edifício.....	55
Figura 25 - Dados do Projecto – Projectista	55
Figura 26 - Localização – Distrito	56
Figura 27 - Localização – Concelho	56
Figura 28 - Plantas/Grupos	57
Figura 29 - Rugosidade e Certificação Energética	57
Figura 30 - Vista das Máscaras	58
Figura 31 - Definição da Orientação.....	58
Figura 32 - Definição de Soluções.....	59
Figura 33 - Representação Esquemática da Solução	60
Figura 34 - Introdução das Paredes	60
Figura 35 - Vista de Um Piso a Três Dimensões	61
Figura 36 - Introdução de Lajes	62

Figura 37 - Características dos Vãos Envidraçados	63
Figura 38 - Dimensão dos Vãos Envidraçados	63
Figura 39 - Introdução de Cotas na Cobertura Inclinada	64
Figura 40 - Vista da Arquitectura a Três Dimensões.....	65
Figura 41 - Introdução de Compartimentos	66
Figura 42 - Piso com Compartimentos Inseridos	67
Figura 43 - Caracterização da Fracção Autónoma	68

1. Enquadramento e Motivação do Trabalho

1.1. Enquadramento

Hoje em dia, parece claro que o planeta Terra está a sofrer grandes alterações climáticas, sendo que uma delas, e talvez a mais grave, é o aquecimento global não natural, provocado pela crescente emissão de gases de efeito de estufa, principalmente dióxido de carbono, com graves consequências para a vida no planeta. Este aquecimento global provoca, entre outras coisas, o degelo dos pólos, com a conseqüente subida do nível dos oceanos, o que poderá ter graves consequências, tanto ao nível do desaparecimento de espécies animais e vegetais, bem como ao desaparecimento de países, como é o caso, por exemplo, da Holanda. Esta é uma questão muito complexa e de difícil resolução, mas ainda assim é possível retirar algumas conclusões e torna-se necessário corrigir comportamentos futuros.

O consumo de energia é uma das principais preocupações da sociedade actual, pois conduz a um esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, e também porque o consumo destes combustíveis causa grandes impactes ambientais, porque liberta gases com efeito de estufa.

Grande parte do consumo energético é feito nos edifícios, tanto na sua construção como na sua exploração. Nos edifícios de habitação, a maior relevância dos gastos de energia prendem-se com as necessidades de climatização (aquecimento e arrefecimento ambiente) e produção de águas quentes sanitárias, representando cerca de 60% dos gastos totais de uma habitação. Os restantes 40% prendem-se com gastos como a iluminação ou a confecção de alimentos.

Todos estes consumos de energia podem ser reduzidos: a produção de águas quentes sanitárias pela utilização de painéis solares térmicos e a climatização pela melhoria das características construtivas, bem como da promoção da utilização racional da energia.

Desta forma, sendo o sector dos edifícios um dos principais consumidores de energia, é onde se torna mais urgente intervir, visto ser onde se consegue ter um maior impacto a nível global. Neste sentido, têm sido tomadas medidas de

forma a racionalizar estes consumos. No caso português, a legislação tem criado regras no que se refere à utilização racional de energia. Actualmente, já se encontra implementado o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios [1], dos quais fazem parte o Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [2] e o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE) [3].

Sabendo que o projecto de um edifício é algo multidisciplinar, não se pode pensar que determinado técnico possa projectar o mesmo, sem que toda a equipa envolvida trabalhe para o mesmo objectivo. Deste modo, não só o técnico responsável pelo projecto de RCCTE deve tentar projectar um edifício energeticamente eficiente, mas toda a equipa envolvida deve trabalhar com esse objectivo.

1.2. Objectivos e Metodologia

Existem no mercado diversos programas de cálculo automático para a realização de projectos de RCCTE, não se sabendo ao certo, porém, se os resultados obtidos serão de alguma forma fiáveis. Deste modo, o que se propõe é a realização de vários projectos, tentando simular uma grande quantidade de situações práticas, utilizando um dos programas de cálculo automático disponíveis no mercado nacional, e também a realização dos mesmos projectos com recurso a uma folha de cálculo desenvolvida para o efeito. Assim, pretende-se não só verificar a fiabilidade dos resultados obtidos pelo programa, como também analisar a influência das soluções arquitectónicas na eficiência energética do edifício em estudo.

Para a concretização dos objectivos enunciados foram seleccionados dois edifícios unifamiliares, com características arquitectónicas particulares.

Dado o carácter prático deste trabalho final de mestrado, há conceitos teóricos e regulamentares que não serão explicados.

1.3. Organização

O trabalho final de mestrado é iniciado, no primeiro capítulo, com a apresentação da sua motivação e respectivo enquadramento, o paradigma energético nacional e o papel que nele desempenha o sector da construção civil, nomeadamente no que respeita aos edifícios, assim como referência aos objectivos e organização do trabalho proposto.

No segundo capítulo são apresentados alguns conceitos básicos de transferência de calor em edifícios.

No terceiro capítulo é feita uma descrição dos casos de estudo deste trabalho, no que respeita às tipologias, áreas úteis de pavimento e soluções construtivas.

No quarto capítulo descreve-se a aplicação da metodologia de cálculo do RCCTE [2] aos casos em estudo, sendo apresentados os dados climáticos considerados, as características térmicas dos elementos da envolvente e o cálculo dos índices das necessidades nominais de energia útil para os casos em estudo.

No quinto capítulo é feita a descrição da utilização do programa de cálculo automático utilizado na realização deste trabalho.

No sexto capítulo faz-se a comparação e análise dos resultados obtidos com recurso à folha de cálculo desenvolvida e com o programa de cálculo automático, nomeadamente no que se refere a áreas medidas e características térmicas dos elementos da envolvente para os dois casos em estudo, sendo apresentadas as diferenças verificadas em forma de percentagem.

Por último, no sétimo capítulo, tenta-se tirar conclusões sobre a importância do conhecimento profundo da regulamentação, quando se utilizam programas de cálculo automático para se poder fazer uma crítica aos resultados e detectar possíveis erros na introdução de dados. Neste capítulo é também feita referência à possibilidade de realização de outros trabalhos neste âmbito, alargando a escolha dos casos em estudo a outros tipos de edifícios, nomeadamente, edifícios de serviços.

2. Breves Noções Sobre Transferência de Calor em Edifícios

2.1. Generalidades

Nos edifícios devem existir, no seu interior, condições mínimas de conforto e habitabilidade. Deste modo, torna-se necessário garantir as trocas de luz, ar, e energia entre o interior e o exterior, através da sua envolvente, criando, assim, um contraste entre estes dois ambientes, que possibilite a satisfação das condições referidas. Em todos estes processos, a envolvente do edifício desempenha um papel fundamental.

No caso do conforto térmico, para se poder avaliar a quantidade de energia necessária à garantia das condições de habitabilidade, é necessário contabilizar todas as trocas de calor efectuadas através da sua envolvente, devendo sempre haver uma interpretação correcta da forma como o edifício se comporta quando na presença destes fenómenos. Seguidamente, apresenta-se de forma resumida os principais mecanismos de transferência de calor em edifícios.

2.2. Processos de Transmissão de Calor em Edifícios

Desde que ocorra uma diferença de temperatura entre dois pontos, estabelece-se um fluxo de calor entre eles na direcção das menores temperaturas.

O fluxo de calor através da envolvente de um edifício pode ocorrer segundo três processos distintos: condução, convecção e radiação.

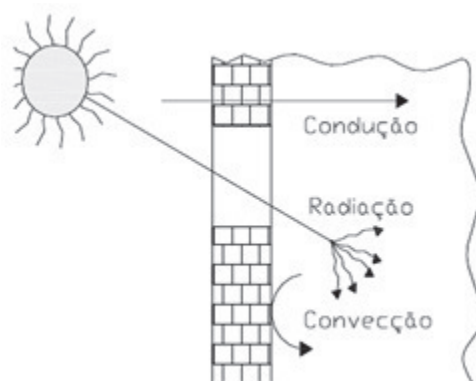


Figura 1 - Processos de Transmissão de Calor em Edifícios [4]

A condução é o processo de transmissão de calor que se dá através da transferência cinética, a nível molecular, nos materiais. Na envolvente a transmissão de calor por condução depende da condutibilidade térmica dos materiais utilizados (λ), bem como da espessura dos elementos que a compõem (e), para além, como foi referido anteriormente, da diferença de temperatura entre as fronteiras dos elementos (ΔT). O parâmetro que representa a condução de calor associada a um elemento de construção, designa-se por condutância térmica (K) e relaciona-se com as grandezas atrás referidas através da Lei de Fourier:

$$K = \lambda/e \quad [W/m^2 \cdot ^\circ C] \quad (1)$$

Vindo o fluxo de calor (em regime permanente) dado por:

$$Q = K \cdot A(\theta_1 - \theta_2) \quad [W] \quad (2)$$

em que A é a área do elemento e θ_1 e θ_2 são as temperaturas das suas faces.

A convecção é o processo de transmissão de calor que ocorre nos fluidos, líquidos e gasosos, e está associado ao movimento destes. Nos edifícios correntes, o fluido onde ocorre este tipo de transferência de calor é o ar, podendo ser divididas em convecção ar-sólido e convecção ar-ar. Nesta última categoria integram-se, por exemplo, as trocas de calor associadas à ventilação dos espaços, e ao aquecimento e arrefecimento do ar. A transmissão de calor por convecção depende de diversos factores, entre os quais a velocidade do fluido e o regime de escoamento. No que se refere à convecção ar-sólido, esta normalmente é quantificada por valores tabelados para as situação correntes – condutâncias térmicas superficiais (h_c) – que multiplicam a área do sólido (s) e a diferença de temperatura entre este e o fluido (f) para obter o fluxo de calor:

$$Q = h_c \cdot A_s(\theta_f - \theta_s) \quad [W] \quad (3)$$

Em relação à convecção ar-ar, as trocas de calor dependem da taxa de ventilação do local (R_{ph}), do seu volume e da diferença de temperatura entre os ambientes em contacto (interior e exterior). Deste modo, a expressão que traduz o fluxo de calor pode ser dada por:

$$Q = \rho \cdot c_p \cdot R_{ph} (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4)$$

em que ρ e c_p são, respectivamente, a massa específica e calor específico do ar.

Apesar de, no que concerne à qualidade do ar interior, a renovação do ar ser um processo benéfico, esta pode ser problemática do ponto de vista térmico, acarretando perdas ou ganhos de calor que podem influenciar as condições de conforto, devendo, deste modo, ser um processo a controlar. Deste modo, o valor recomendado para as taxas de renovação do ar em edifícios decorre de uma relação de compromisso entre as exigências de qualidade do ar interior e as exigências de conforto térmico, não sendo, assim, valores óptimos quando se consideram essas exigências individualmente.

Por último, existe também a transmissão de calor por radiação térmica. Este é um processo que apresenta características particulares, distinguindo-se assim dos anteriores por não necessitar de nenhum suporte físico para se processar. É um fenómeno electromagnético, de natureza ondulatória, que ocorre quando entre duas superfícies se estabelece uma diferença de temperatura. A radiação é um fenómeno que pode, deste modo, ocorrer no vácuo. Num edifício, todas as superfícies dos elementos que o constituem emitem e recebem radiação térmica de outras superfícies que estão no seu campo visual. Neste caso, as trocas de calor entre duas superfícies traduzem-se por:

$$Q = h_{r2-1} \cdot A_1 (\theta_2 - \theta_1) \quad [W] \quad (5)$$

em que h_r traduz a condutância térmica superficial por radiação.

Do ponto de vista teórico, para além das fracções absorvida e reflectida da radiação incidente numa superfície, teria ainda que se considerar a possibilidade de existir uma parcela transmitida. No que se refere a superfícies opacas, compreende-se que essa parcela não exista, no entanto, tal não é verdade para as superfícies envidraçadas. Deste modo, a radiação de curto comprimento de onda, como é o caso da radiação solar, é transmitida através do envidraçado para o interior do edifício, podendo ter, como se compreende, grande importância ao nível do comportamento térmico do edifício.

3. Descrição dos Edifícios

Em relação à sua localização, ambas as moradias se localizam na periferia da cidade de Vila Franca de Xira, a uma altitude de cerca de 21 m e a uma distância de 37 km da costa.

3.1. Caso A

3.1.1. Generalidades

A moradia tem uma área útil de 163,77 m² e está implantada num único piso. É constituída por uma sala de estar, uma sala de refeições, uma cozinha, três quartos, um escritório, zona de tratamento de roupas, despensa, arrecadação, garagem e hall, de acordo com as plantas em anexo. Assim, considera-se que é de tipologia T5, visto que, de acordo com o RCCTE [2], quando existem duas salas, uma destas deve ser considerada como um quarto, o mesmo acontecendoem relação aos escritórios. Deste modo, para o cálculo das Necessidades de Águas Quentes Sanitárias (AQS), representa um consumo de 6 habitantes (Tn+1).

A fracção autónoma possui fachadas nas orientações Norte, Sul, Este e Oeste, estando o alçado principal orientado a Sul.

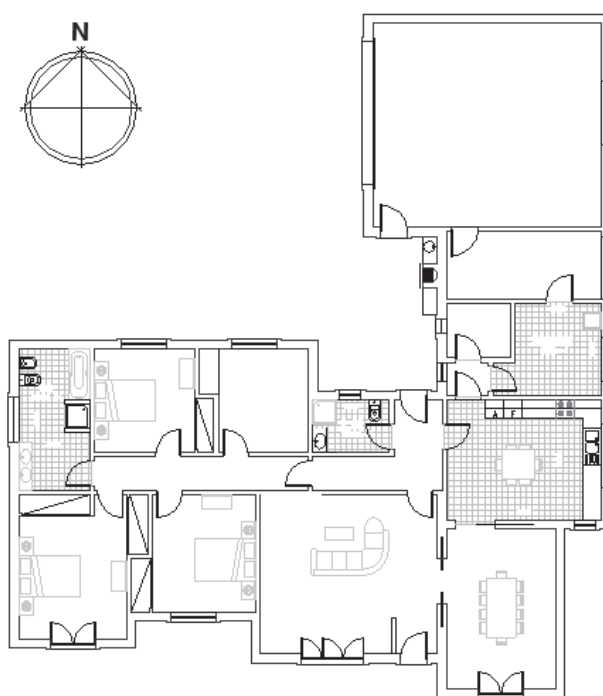


Figura 2 - Planta de Piso (Caso A)

3.1.2. Soluções Construtivas

Trata-se de uma construção com estrutura resistente porticada em betão armado, constituída por sapatas isoladas, pilares, vigas e lajes maciças. A compartimentação é feita em alvenaria de tijolo furado.

3.1.2.1. Paredes da Envolvente Exterior

Parede dupla em alvenaria de tijolo furado com isolamento na caixa-de-ar, com espessura total de 0,3 m, constituída (do interior para o exterior) por: estuque projectado com espessura de 15 mm; tijolo de 11 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 40 mm, fixado na face exterior do pano interior de alvenaria; caixa-de-ar não ventilada com espessura de 10 mm; tijolo de 11 cm; reboco tradicional com espessura de 15 mm pintado de cor clara.

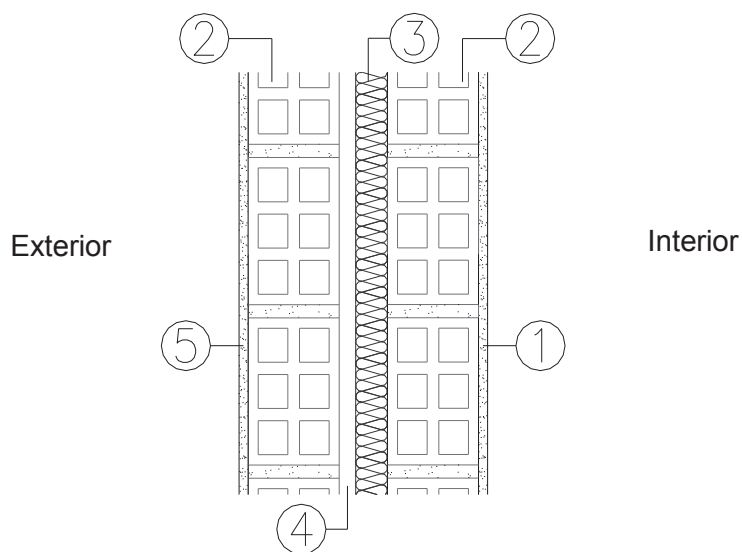


Figura 3 - Parede Exterior

1. Estuque projectado (15 mm)
2. Tijolo de 11 cm
3. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (40 mm)
4. Caixa-de-ar não ventilada (10 mm)
5. Reboco tradicional (15 mm)

3.1.2.2. Paredes da Envolvente Interior

Parede simples em alvenaria de tijolo furado com isolamento pelo exterior, com espessura total de 16 cm, constituída (do interior para o exterior) por: estuque projectado com espessura de 15 mm; tijolo de 11 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 30 mm; reboco armado com fibra de vidro com espessura de 5 mm.

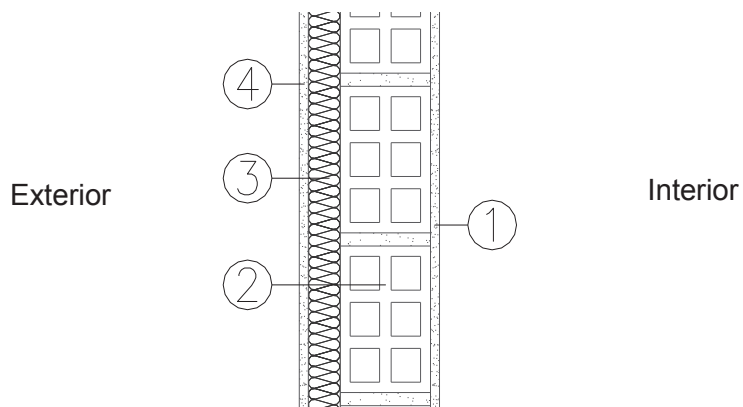


Figura 4 - Parede Interior

1. Estuque projectado (15 mm)
2. Tijolo de 11 cm
3. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (30 mm)
4. Reboco armado com fibra de vidro (5 mm)

3.1.2.3. Cobertura da Envolvente Interior

Cobertura em laje de betão armado, sob desvão não ventilado, com espessura total de 28 cm, constituída (da face superior para a inferior) por: grés cerâmico com espessura de 15 mm; argamassa de regularização, com fibras de polipropileno com espessura de 10 mm; filme de polietileno; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 80 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; betão armado com espessura de 15 cm; estuque projectado com espessura de 15 mm.

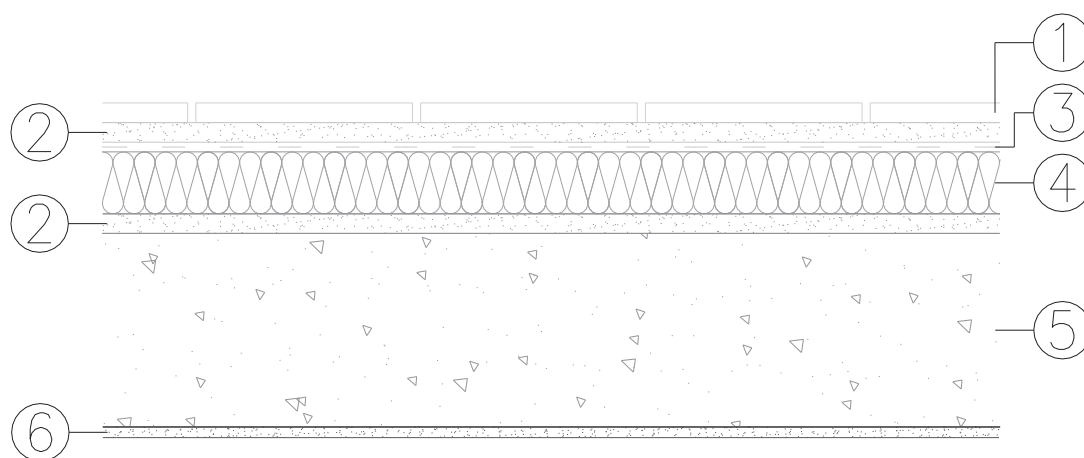


Figura 5 - Cobertura Interior

1. Revestimento superior a grés cerâmico (15 mm)
2. Argamassa de regularização (10 mm)
3. Filme de Polietileno
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (80 mm)
5. Laje maciça em betão armado (15 cm)
6. Estuque projectado (15 mm)

3.1.2.4. Pavimento Térreo

Pavimento com espessura total de 27 cm, constituída (da face superior para a inferior) por: grés cerâmico/pavimento em madeira com espessura de 15 mm; betonilha de regularização com espessura de 40 mm; sistema de impermeabilização; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 40 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; massame de betão armado com espessura de 15 cm; terreno bem compactado.

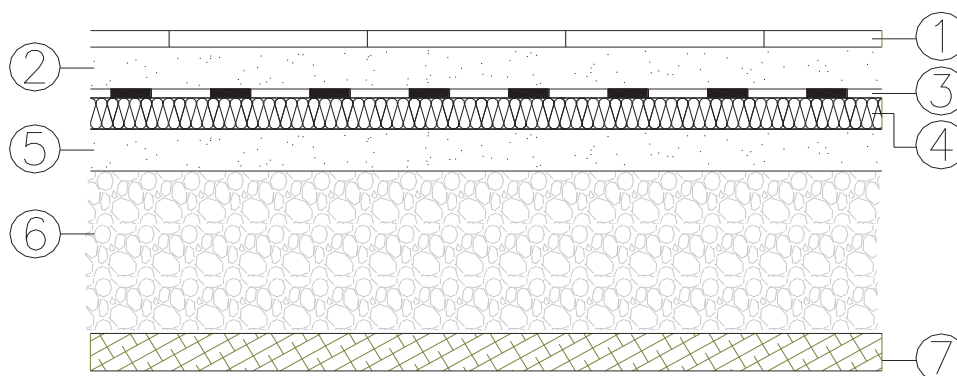


Figura 6 - Pavimento Térreo

1. Revestimento superior a grés cerâmico/pavimento em madeira (15 mm)
2. Betonilha de Regularização (40 mm)
3. Sistema de Impermeabilização
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (40 mm)
5. Argamassa de regularização (10 mm)
6. Massame em betão armado (15 cm)
7. Terreno bem compactado

3.1.2.5. Envidraçados

Os vãos envidraçados são vãos simples, em caixilharia metálica de correr, com corte térmico, de classe 3 de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor (4 + 5 mm) com lâmina de ar de 6 mm, protecção solar exterior com persianas de réguas plásticas de cor clara.

3.1.2.6. Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga da Envolvente Exterior

As zonas das pontes térmicas planas pilares e vigas, com espessura total de 30 cm, são constituídas (do interior para o exterior) por: estuque projectado com espessura de 15 mm; betão armado com espessura de 20 cm; reboco de regularização com espessura de 10 mm; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 40 mm; tijolo de 4 cm; reboco armado com fibra de vidro com espessura de 5 mm.

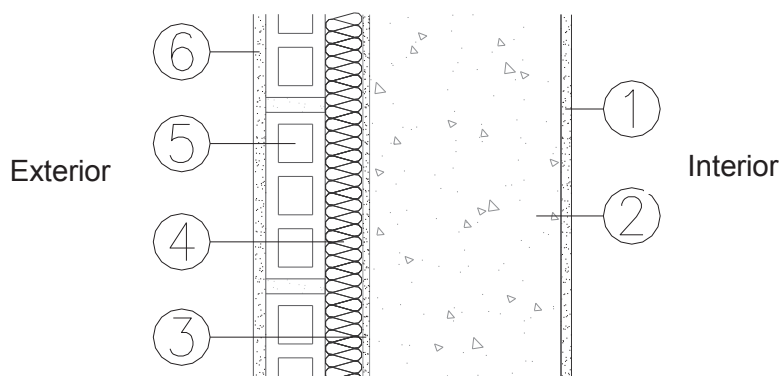


Figura 7 - Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga

1. Estuque projectado (15 mm)
2. Pilar/Viga em betão armado (20 cm)
3. Reboco de regularização (10 mm)
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (40 mm)
5. Tijolo de 4 cm
6. Reboco armado com fibra de vidro (5 mm)

3.1.2.7. Caixas de Estores

As caixas de estore são pré-fabricadas com secção em U. O seu corpo é constituído por poliestireno expandido, reforçado com uma armação em aço de 4 mm. É coberta lateralmente com aglomerado de fibras de madeira e cimento com 6 mm de espessura.

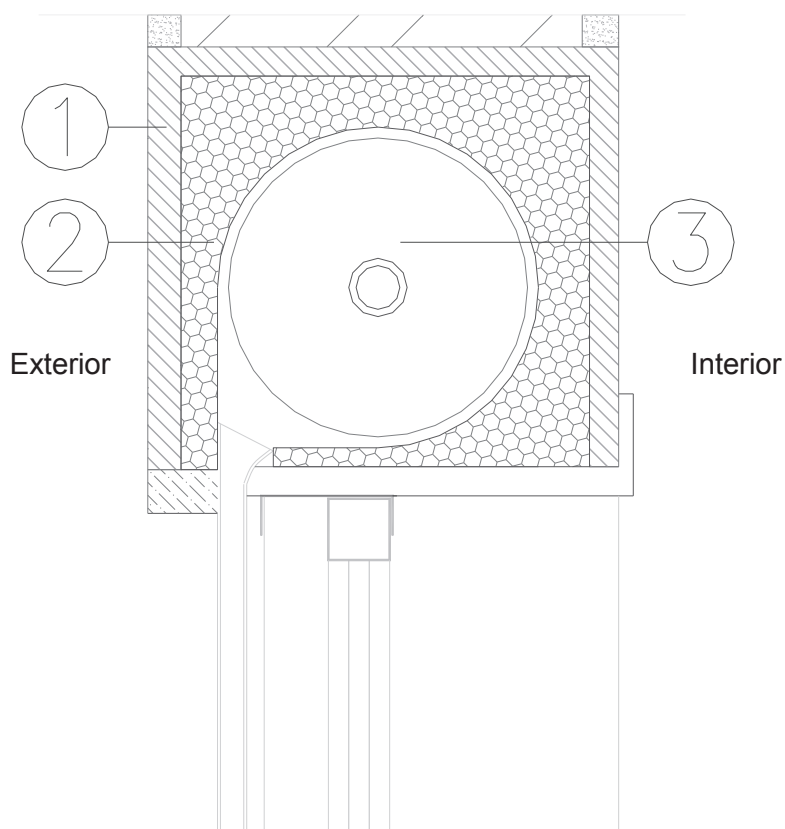


Figura 8 – Secção de Caixa de Estore

1. Aglomerado de fibras de madeira e cimento
2. Isolamento em poliestireno expandido (EPS)
3. Estore de lâminas metálicas ou plásticas

3.2. Caso B

3.2.1. Generalidades

A moradia tem uma área útil de 152,25 m² e desenvolve-se em três pisos, dois destinados a habitação e uma cave não habitável. É constituída por uma sala, uma cozinha, três quartos, despensa, arrecadação, garagem e zonas de circulação (ver Figura 9). Considera-se que é de tipologia T3.

A fracção autónoma possui fachadas nas orientações Nordeste, Noroeste, Sudeste e Sudoeste, estando o alçado principal orientado a Noroeste.

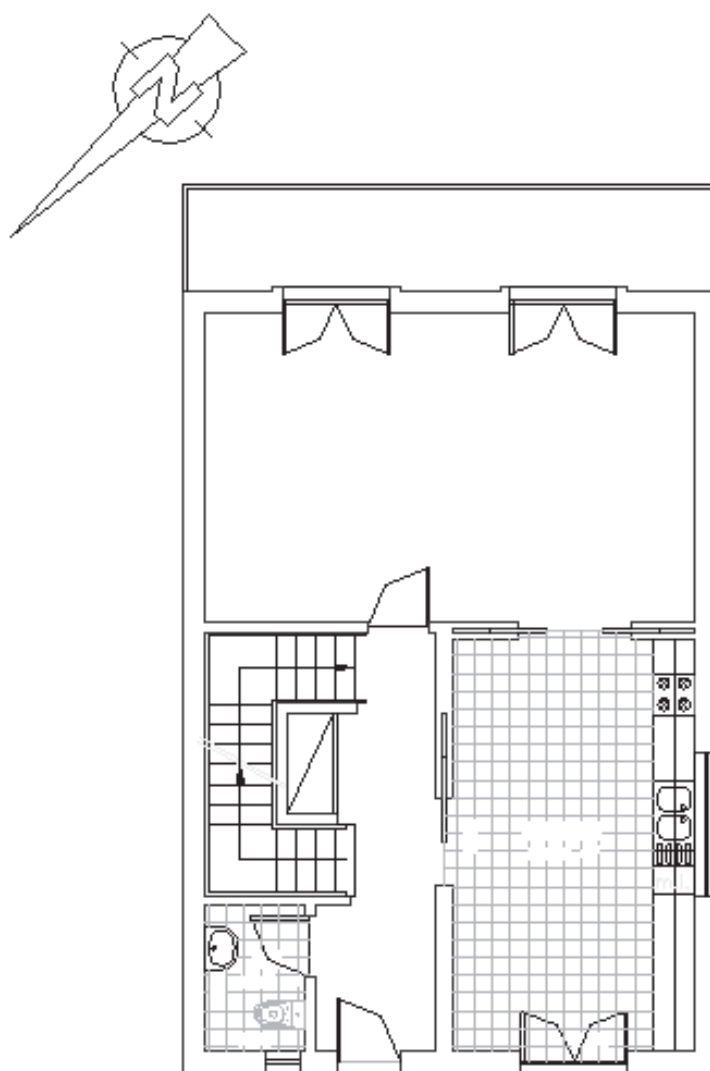


Figura 9 - Planta do Rés-do-Chão (Caso B)

3.2.2. Soluções Construtivas

Trata-se de uma construção com estrutura resistente porticada em betão armado, constituída por sapatas isoladas, pilares, vigas e lajes maciças. A compartimentação é feita em alvenaria de tijolo furado.

3.2.2.1. Paredes da Envolvente Exterior (Solução Geral)

Parede dupla em alvenaria de tijolo furado com isolamento na caixa-de-ar, com espessura total de 30 cm, constituída (do interior para o exterior) por: estuque projectado com espessura de 15 mm; tijolo de 11 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 40 mm, fixado na face exterior do pano interior de alvenaria; caixa-de-ar não ventilada com espessura de 10 mm; tijolo de 11 cm; reboco tradicional com espessura de 15 mm, pintado de cor clara.

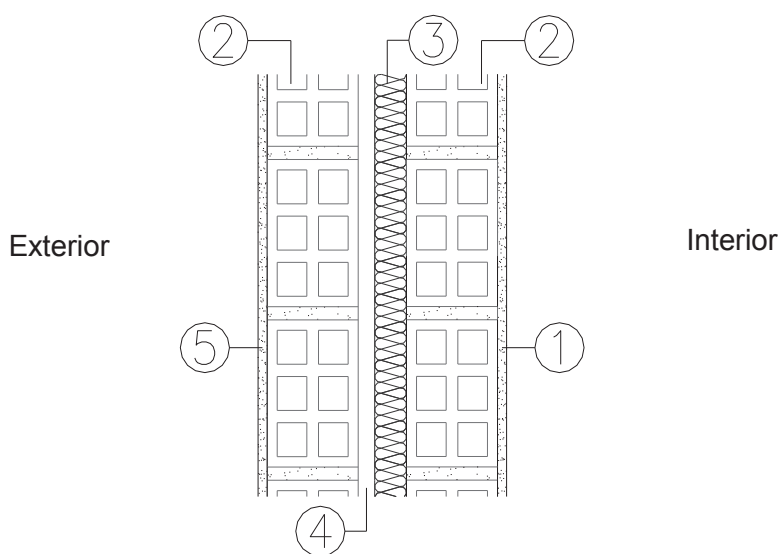


Figura 10 - Parede Exterior (Solução Geral)

1. Estuque projectado (15 mm)
2. Tijolo de 11 cm
3. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (40 mm)
4. Caixa-de-ar não ventilada (10 mm)
5. Reboco tradicional (15 mm)

3.2.2.2. Paredes da Envolvente Exterior (Escadas)

Parede dupla em alvenaria de tijolo furado e betão armado, com isolamento na caixa-de-ar, com espessura total de 31 cm, constituída (do interior para o exterior) por: estuque projectado com espessura de 15 mm; tijolo de 11 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 40 mm; reboco de regularização com espessura de 10 mm; betão armado com espessura de 12 cm; reboco tradicional com espessura de 15 mm.

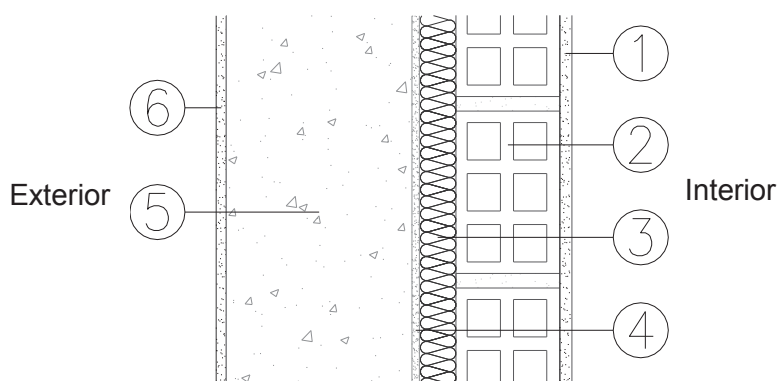


Figura 11 - Parede Exterior (Escadas)

1. Estuque projectado (15 mm)
2. Tijolo de 11 cm
3. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (40 mm)
4. Reboco de regularização (10 mm)
5. Parede em betão armado (12 cm)
6. Reboco tradicional (15 mm)

3.2.2.3. Pavimento sobre o Exterior

Pavimento em laje de betão armado com espessura total de 25 cm, constituído (da face superior para a inferior) por: revestimento em madeira com espessura de 15 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; filme de polipropileno; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 50 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; betão armado com espessura de 15 cm; reboco tradicional com espessura de 15 mm.

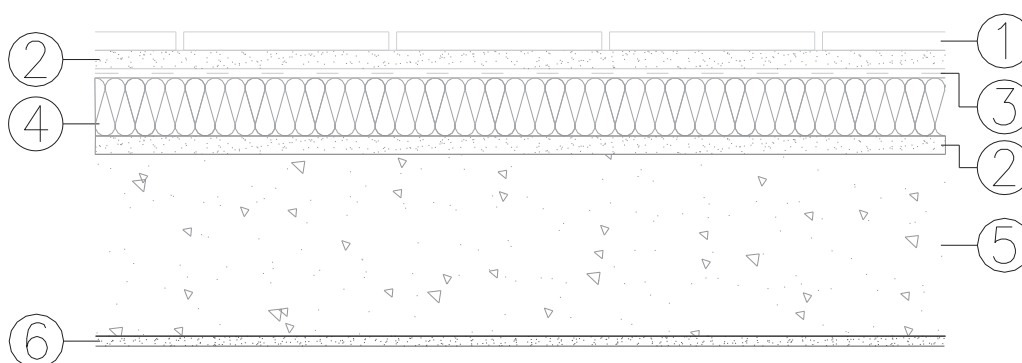


Figura 12 – Pavimento sobre o Exterior

1. Revestimento superior em pavimento de madeira (15 mm)
2. Argamassa de regularização (10 mm)
3. Filme de polipropileno
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (50 mm)
5. Laje maciça em betão armado (15 cm)
6. Reboco tradicional (15 mm)

3.2.2.4. Paredes da Envolvente Interior

Parede simples em alvenaria de tijolo furado com isolamento pelo exterior, com espessura total de 16 cm, constituída (do interior para o exterior) por: estuque projectado com espessura de 15 mm; tijolo de 11 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 30 mm; reboco armado com fibra de vidro com espessura de 5 mm.

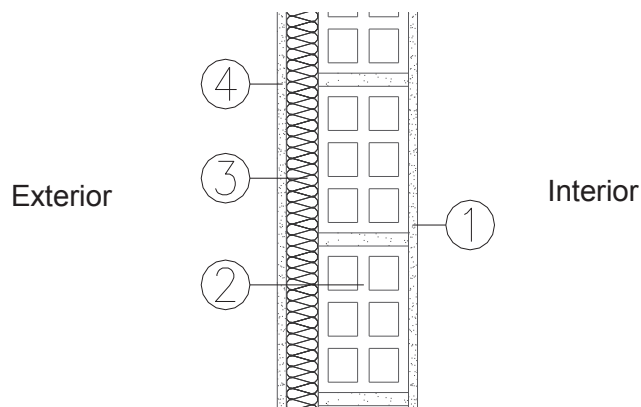


Figura 13 - Parede Interior

1. Estuque projectado (15 mm)
2. Tijolo de 11 cm
3. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (30 mm)
4. Reboco armado com fibra de vidro (5 mm)

3.2.2.5. Cobertura da Envolvente Interior

Cobertura em laje de betão armado, sob desvão não ventilado, com espessura total de 28 cm, constituída (da face superior para a inferior) por: grés cerâmico com espessura de 15 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; filme de polipropileno; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 80 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; betão armado com espessura de 15 cm; estuque projectado com espessura de 15 mm.

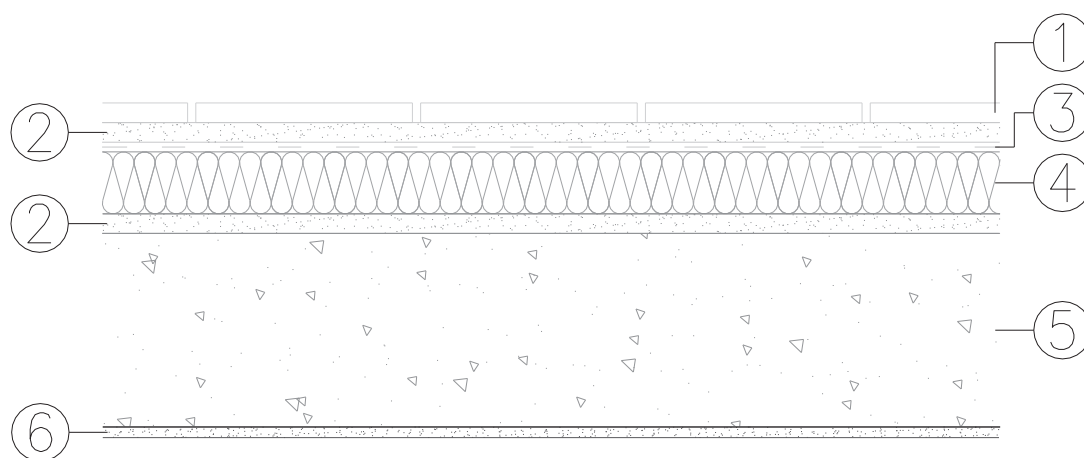


Figura 14 - Cobertura Interior

1. Revestimento superior a grés cerâmico (15 mm)
2. Argamassa de regularização (10 mm)
3. Filme de polipropileno
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (80 mm)
5. Laje maciça em betão armado (15 cm)
6. Estuque projectado (15 mm)

3.2.2.6. Pavimento da Envolvente Interior (Solução Geral)

Pavimento em laje de betão armado com espessura total de 25 cm, constituído (da face superior para a inferior) por: revestimento em madeira com espessura de 15 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; filme de polipropileno; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 50 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; betão armado com espessura de 15 cm; estuque projectado com espessura de 15 mm.

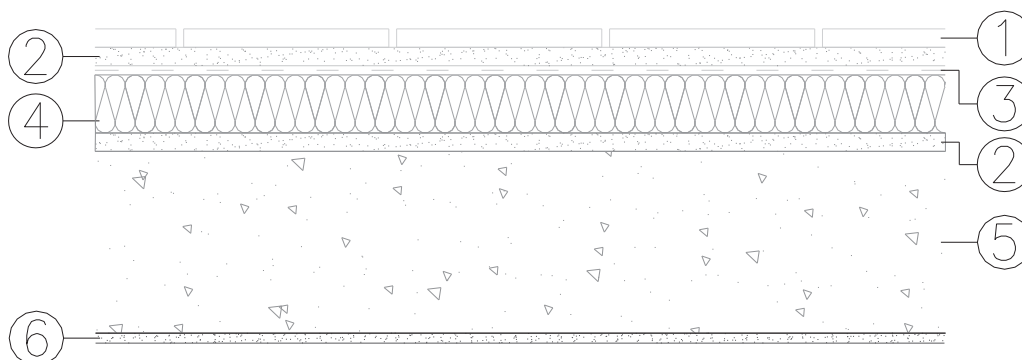


Figura 15 – Pavimento Interior (Solução Geral)

1. Revestimento superior em pavimento de madeira (15 mm)
2. Argamassa de regularização (10 mm)
3. Filme de polipropileno
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (50 mm)
5. Laje maciça em betão armado (15 cm)
6. Estuque projectado (15 mm)

3.2.2.7. Pavimento Interior (Cozinha e Instalações Sanitárias)

Pavimento em laje de betão armado com espessura total de 25 cm, constituído (da face superior para a inferior) por: revestimento em grés cerâmico com espessura de 15 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; filme de polipropileno; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 50 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; betão armado com espessura de 15 cm; reboco tradicional com espessura de 15 mm.

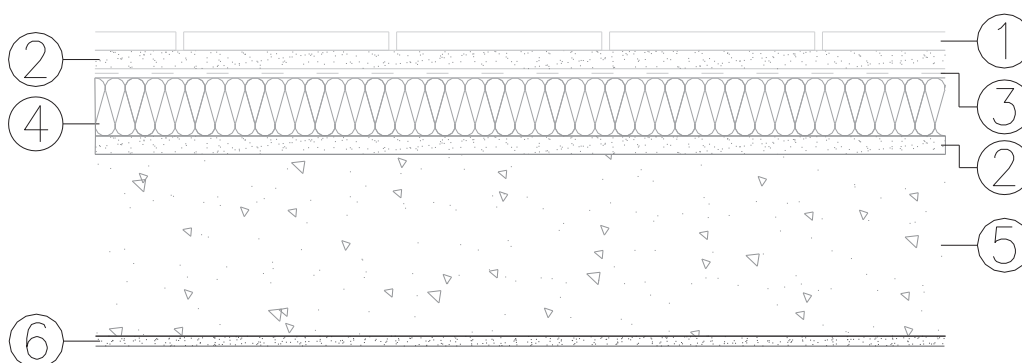


Figura 16 – Pavimento Interior (Cozinha e Instalações Sanitárias)

1. Revestimento superior em grés cerâmico (15 mm)
2. Argamassa de regularização (10 mm)
3. Filme de polipropileno
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (50 mm)
5. Laje maciça em betão armado (15 cm)
6. Estuque projectado (15 mm)

3.2.2.8. Pavimento Térreo

Pavimento em laje de betão armado com espessura total de 25,5 cm, constituída (da face superior para a inferior) por: grés cerâmico/pavimento em madeira com espessura de 15 mm; betonilha de regularização com espessura de 40mm; sistema de impermeabilização; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 40 mm; argamassa de regularização com espessura de 10 mm; massame de betão armado com espessura de 15 cm; terreno bem compactado.

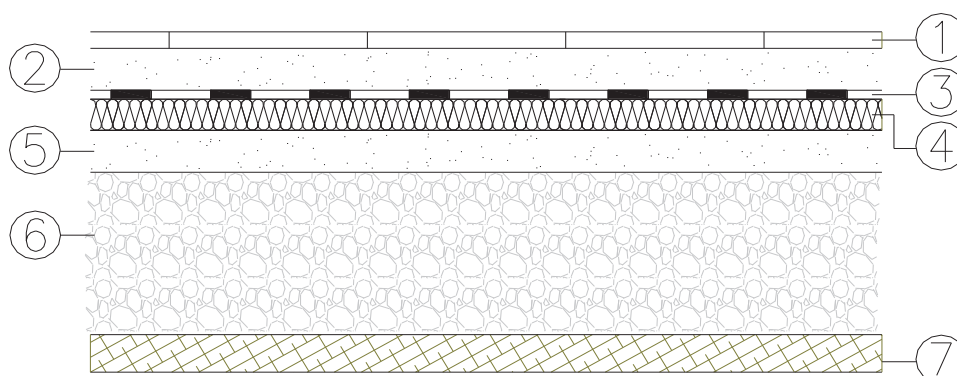


Figura 17 - Pavimento Térreo

1. Revestimento superior a grés cerâmico/pavimento em madeira (15 mm)
2. Betonilha de regularização (40 mm)
3. Sistema de impermeabilização
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (40 mm)
5. Argamassa de regularização (10 mm)
6. Massame de betão armado (15 cm)
7. Terreno bem compactado

3.2.2.9. Envidraçados

Os vãos envidraçados são vãos simples, em caixilharia metálica de correr, com corte térmico, de classe 3 de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor (4 + 5 mm) com lâmina de ar de 6 mm, protecção solar exterior com persianas de réguas plásticas de cor clara.

3.2.2.10. Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga da Envolvente Exterior

As zonas das pontes térmicas planas em pilares e vigas, com espessura total de 30 cm, são constituídas (do interior para o exterior) por: estuque projectado com espessura de 15 mm; betão armado com espessura de 20 cm; reboco de regularização com espessura de 10 mm; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 40 mm; tijolo de 4 cm; reboco armado com fibra de vidro com espessura de 5 mm.

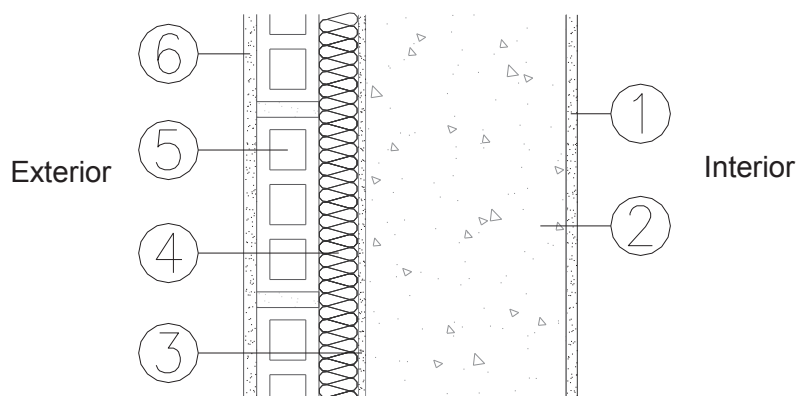


Figura 18 - Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga Exterior

1. Estuque projectado (15 mm)
2. Pilar/Viga em betão armado (20 cm)
3. Reboco de regularização (10 mm)
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (40 mm)
5. Tijolo de 4 cm
6. Reboco armado com fibra de vidro (5 mm)

3.2.2.11. Caixas de Estores

As caixas de estore são pré-fabricadas com secção em U. O seu corpo é constituído por poliestireno expandido, reforçado com uma armação em aço de 4 mm. É coberta lateralmente com aglomerado de fibras de madeira e cimento com 6 mm de espessura.

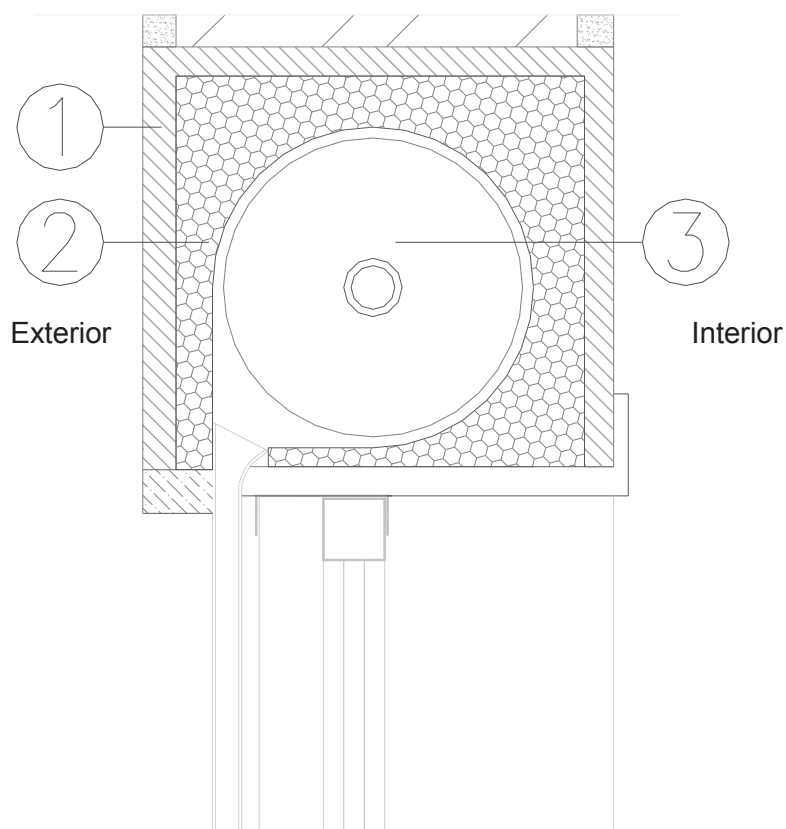


Figura 19 – Secção da Caixa de Estore

4. Aglomerado de fibras de madeira e cimento
5. Isolamento em poliestireno expandido (EPS)
6. Estore de lâminas metálicas ou plásticas

3.2.2.12. Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga da Envolvente Interior

Ponte térmica plana de viga interior, com espessura total de 26 cm, constituída (do interior para o exterior) por: estuque projectado com espessura de 15 mm; betão armado com espessura de 20 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) com espessura de 30 mm; reboco armado com fibra de vidro com espessura de 15 mm.

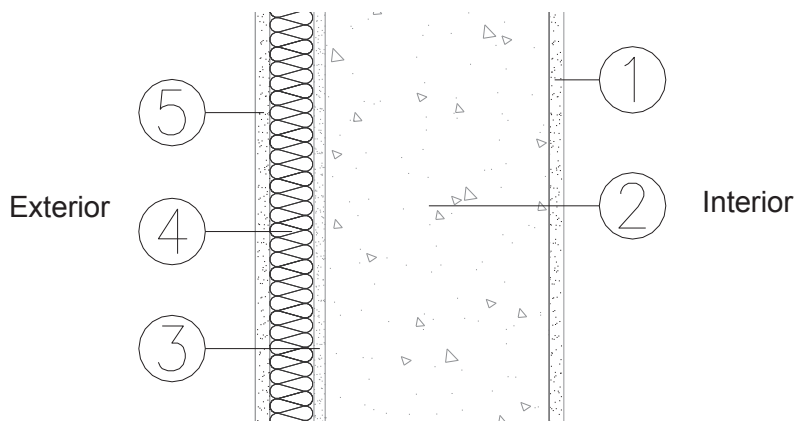


Figura 20 - Ponte Térmica Plana de Pilar/Viga Interior

1. Estuque projectado (15 mm)
2. Pilar/Viga em betão armado (20 cm)
3. Reboco de regularização (10 mm)
4. Isolamento em poliestireno expandido extrudido – XPS (30 mm)
5. Reboco armado com fibra de vidro (15 mm)

4. Aplicação do RCCTE aos Edifícios

4.1. Características Climáticas do Local

Devido a ambas as moradias se situarem na mesma zona, todas características climáticas referentes à localização das mesmas são iguais.

4.1.1. Zonamento Climático

Devido à sua localização, concelho de Vila Franca de Xira, altitude de 21 m e distância à costa de 37 km, as moradias inserem-se nas zonas climáticas I₁ e V₃ zona Sul, no que se refere às necessidades de aquecimento e de arrefecimento, respectivamente.

4.1.2. Dados Climáticos

4.1.2.1. Inverno

GD(20) = 1220° C dia.ano (número de graus-dia)

M = 5,3 Meses (duração da estação de aquecimento)

G_{sul} = 108 kWh.m².mês (radiação solar média incidente num envidraçado a Sul)

4.1.2.2. Verão

Θ_{atm} = 23° C (temperatura média na estação de arrefecimento)

α = 0,4 (coeficiente de absorção solar)

Para efeitos da determinação das perdas térmicas por renovação do ar, e visto a fracção de situar na periferia urbana de Vila Franca de Xira, esta insere-se na Região A, com uma rugosidade II.

4.2. Caso A

4.2.1. Levantamento Dimensional

Na aplicação do RCCTE [2], torna-se necessário efectuar um levantamento dimensional de todos os elementos da envolvente que constituem o edifício em estudo. Deste modo, apresentam-se em seguida nas Tabela 1 e Tabela 2 as áreas correspondentes a cada elemento.

Elemento Construtivo	Área (m²)
Paredes Exteriores	108,45
Paredes Interiores	11,80
Cobertura Interior	159,45
Vãos Envidraçados	19,44
Pilares	1,08
Vigas	8,28
Caixas de Estores	4,05

Tabela 1 - Áreas dos Elementos da Envolvente

Elemento Construtivo	Comprimento (m)
Fachada com Pavimentos Térreos	53,95
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	53,95
Ligação Entre Duas Paredes Verticais	21,60
Fachada com Caixa de Estore	37,40
Fachada com Padieira/Ombreira/Peitoril	55,80

Tabela 2 - Desenvolvimento dos Elementos

4.2.2. Características Térmicas dos Elementos Construtivos

4.2.2.1. Coeficientes de transmissão térmica superficial (U)

Na Tabela 3 apresentam-se os coeficientes de transmissão térmica superficial, referentes aos vários elementos construtivos existentes na moradia.

Elemento Construtivo	U (W.m²°C)
Paredes Exteriores	0,50
Paredes Interiores	0,73
Cobertura Interior	0,40
Vãos Envidraçados	2,70
Pilares/Vigas	0,68
Caixas de Estores	0,95

Tabela 3 - Coeficientes de Transmissão Térmica Superficial (U)

4.2.2.2. Coeficientes de transmissão térmica linear (ψ)

Apresentam-se na Tabela 4 os coeficientes de transmissão térmica linear referentes aos vários elementos construtivos da moradia.

Elemento Construtivo	ψ (W.m°C)
Fachada com Pavimentos Têrreos	0,60
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	0,70
Ligação Entre Duas Paredes Verticais	0,20
Fachada com Caixa de Estore	0,00
Fachada com Padieira/Ombreira/Peitoril	0,20

Tabela 4 - Coeficientes de Transmissão Térmica Linear (ψ)

4.2.3. Outras Características Térmicas

4.2.3.1. Factores de Obstrução (F_s)

Para o cálculo do factor de obstrução utiliza-se a seguinte expressão:

$$F_s = F_h \times F_o \times F_f \quad (6)$$

Nas Tabela 5 e Tabela 6 apresentam-se todos os valores dos factores de obstrução (F_s), bem como dos factores de sombreamento de horizonte (F_h), factores de sombreamento por elementos horizontais (F_o) e verticais (F_f).

Visto a fracção se localizar numa zona rural, de acordo com o RCCTE [2], considerou-se $\alpha = 20^\circ$ para efeitos da determinação dos factores de sombreamento de horizonte (F_h).

Designação	Orientação	α (F_h)	F_h	α (F_o)	F_o	β_1 (F_f)	β_2 (F_f)	F_f	F_s
ENV1	E	20	0,84	31	0,83	8	8,00	0,96	0,67
ENV2	S	20	0,90	78	0,44	30	84,00	0,77	0,31
ENV3	S	20	0,90	50	0,54	16	19,00	0,92	0,45
ENV4	S	20	0,90	60	0,44	24	19,00	0,90	0,36
ENV5	S	20	0,90	65	0,44	46	33,00	0,81	0,32
ENV6	S	20	0,90	52	0,52	23	19,00	0,90	0,42
ENV7	W	20	0,84	31	0,83	12	12,00	0,94	0,66
ENV8	N	20	1,00	31	1,00	12	57,00	1,00	0,90
ENV9	N	20	1,00	31	1,00	12	73,00	1,00	0,90
ENV10	N	20	1,00	83	1,00	88	63,00	1,00	0,90

Tabela 5 - Factores de Obstrução (Situação de Inverno)

Designação	Orientação	α (F_h)	F_h	α (F_o)	F_o	β_1 (F_f)	β_2 (F_f)	F_f	F_s
ENV1	E	20	1,00	31	0,74	8	8,00	0,98	0,73
ENV2	S	20	1,00	78	0,52	30	84,00	0,76	0,40
ENV3	S	20	1,00	50	0,54	16	19,00	0,90	0,48
ENV4	S	20	1,00	60	0,52	24	19,00	0,88	0,46
ENV5	S	20	1,00	65	0,52	46	33,00	0,78	0,41
ENV6	S	20	1,00	52	0,54	23	19,00	0,88	0,47
ENV7	W	20	1,00	31	0,74	12	12,00	0,97	0,72
ENV8	N	20	1,00	31	0,98	12	57,00	1,00	0,90
ENV9	N	20	1,00	31	0,98	12	73,00	1,00	0,90
ENV10	N	20	1,00	83	0,94	88	63,00	1,00	0,90

Tabela 6 - Factores de Obstrução (Situação de Verão)

4.2.3.2. Factor solar dos vãos envidraçados (g_{\perp})

Na estação de aquecimento, o factor solar do envidraçado a considerar deve ser o factor solar do vidro (g_v). No caso de edifícios residenciais, e de acordo com o ponto 4.3.2 do RCCTE [2], deve ser considerada que a fracção dispõe de, pelo menos, cortinas interiores muito transparentes, resultando, neste caso, em $g_{\perp} = 0,63$ por se tratar de envidraçados de vidro duplo.

No caso da estação de arrefecimento, considera-se, que as protecções solares estão activadas a 70% [2]. Deste modo, no cálculo do factor solar do envidraçado (g_{\perp}), entra-se com 70% do factor solar do vidro sem qualquer protecção solar (g_v) e 30% do factor com a protecção solar activada a 100% ($g_{100\%}$). Para o caso em estudo, o factor solar do vidro (g_v), por se tratar de vidro duplo incolor corrente de 4 (6) 5 mm, toma o valor de 0,78. Por outro lado, o factor da protecção solar activada a 100% ($g_{100\%}$), por se tratar de persiana exterior de cor clara, toma o valor de 0,04. Deste modo tem-se:

$$g_{\perp} = 0,7 \times 0,04 + 0,3 \times 0,78 = 0,26$$

4.2.3.3. Renovação do Ar

No que diz respeito à renovação do ar, esta é feita de forma natural, sem quaisquer dispositivos de admissão de ar na fachada. Como a fracção se situa na periferia urbana de Vila Franca de Xira, com uma altura média ao solo da fachada inferior a 10 metros, considera-se uma classe de exposição 3, de acordo com o Quadro IV.2 do RCCTE [2].

A caixilharia é de Classe 3 no que respeita à permeabilidade ao ar, a fracção possui caixas de estore, as portas possuem vedação em todo o seu perímetro, e a área envidraçada é inferior a 15% da área de pavimento, existindo um exaustor na cozinha e instalações sanitárias com funcionamento pontual, não cumprindo, assim, com a norma NP 1037-1 [5]. Deste modo, de acordo com o Quadro IV.1 do RCCTE [2], resulta uma taxa de renovação horária (R_{ph}) = 0,85.

4.2.3.4. Área Útil de Pavimento

A área útil de pavimento com um valor de 162,58 m², obteve-se a partir do somatório das áreas parciais de todos os espaços úteis [2].

4.2.3.5. Pé direito médio

Como não existem tectos falsos nem pavimentos ou coberturas desniveladas, tendo toda a fracção tem um pé direito constante, com excepção das zonas dos vãos das portas, calculou-se um valor de 2,69 m para o pé direito médio.

4.2.3.6. Inércia Térmica

Para o cálculo da inércia térmica, a expressão utilizada é:

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \times S_i \times r_i}{A_p} \quad (7)$$

sendo:

M_t – massa superficial total

M_{si} – massa superficial útil

S_i – área do elemento de construção

r_i – factor de redução

A_p – área útil de pavimento

Elemento Construtivo	S _i (m ²)	M _t (kg)	M _{si} (kg)	r	M _{si} ·S _i ·r (kg)
Paredes Exteriores	108,45	297	148	1	16051
Paredes Interiores	11,80	158	148	1	1746
Cobertura Interior	159,45	466	150	1	23917
Pilares	1,08	575	150	1	162
Vigas	8,28	575	150	1	1241
Pavimento Térreo	162,58	506	111	1	18046
Divisórias Interiores tipo 1	18,57	297	297	1	5514
Divisórias Interiores tipo 2	118,62	148	148	1	17556
TOTAL					84233

Tabela 7 - Inércia Térmica

$$I_t = \frac{84233}{162,58} = 518,10 \text{ kg/m}^2$$

Como podemos verificar, o valor obtido é superior a 400 kg/m², logo, a inércia é Forte [2].

4.2.3.7. *Factor de Forma*

O factor de forma é obtido através da expressão:

$$FF = \frac{\sum A_{ext} + \sum(\tau \times A_{int})}{V} \quad (8)$$

Sendo:

A_{ext} – áreas da envolvente exterior

A_{int} – áreas da envolvente interior

V – Volume total da fracção

$$FF = \frac{145,67 + 135,66}{438,96} = 0,64$$

4.2.3.8. *Ganhos internos médios (Q_i)*

Neste caso, por se tratar de um edifício destinado a habitação, o valor dos ganhos internos médio é $Q_i = 4 \text{ W/m}^2$, de acordo com o Quadro IV.3 do RCCTE [2].

4.2.4. Verificação Regulamentar

4.2.4.1. Verificação dos requisitos mínimos

Todos os elementos da envolvente opaca da fracção devem verificar os máximos regulamentares, no que respeita ao coeficiente de condutibilidade térmica (U). No caso das pontes térmicas planas, o valor máximo é definido pelo RCCTE [2], não podendo, no entanto, ultrapassar o dobro do valor do coeficiente de condutibilidade térmica da zona corrente da parede onde se inserem. Na Tabela 8, pode-se verificar que todos os elementos da envolvente opaca cumprem os máximos regulamentares.

Elemento Construtivo	U (W.m²/°C)	U_{max} (W.m²/°C)
Paredes Exteriores	0,50	1,80
Paredes Interiores	0,73	2,00
Cobertura Interior	0,40	1,65
Pilares/Vigas	0,68	1,00
Caixas de Estores	0,95	1,00

Tabela 8 - Verificação dos requisitos mínimos da envolvente opaca

Relativamente à envolvente translúcida, o seu factor solar, com as protecções solares activadas a 100% ($g_{100\%} = 0,04$), deve ser inferior ao máximo regulamentar, de acordo com a zona climática de Verão em que se insere (V_3) e com a inércia térmica calculada (forte), sendo o factor solar máximo admissível, para o caso em estudo $g_{máx} = 0,50$.

4.2.4.2. Necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic})

O valor das necessidades nominais de energia útil, para a estação de aquecimento, (N_{ic}), é calculado tendo por base as perdas e ganhos térmicos na estação de aquecimento, e a área útil de pavimento da fracção.

No caso da fracção em estudo, o valor de obtido foi $N_{ic} = 58,12 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$.

4.2.4.3. Necessidades nominais de energia útil máximas para aquecimento (N_i)

O valor das necessidades nominais de energia útil máximas, para a estação de aquecimento, (N_i), é calculado tendo por base os Graus-dia no local ($GD = 1220 \text{ }^\circ\text{C.Dia}$) e o Factor de Forma ($FF = 0,64$).

No caso da fracção em estudo, o valor de obtido foi $N_i = 59,05 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$.

De acordo com o RCCTE [2], o valor de N_{ic} não pode ser superior ao de N_i , verificando-se assim, que a fracção autónoma em estudo verifica os requisitos regulamentares para a estação de aquecimento.

4.2.4.4. Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_{vc})

O cálculo do valor das necessidades nominais de energia útil, para a estação de arrefecimento, (N_{vc}), é calculado com base nas perdas e nos ganhos térmicos pela envolvente exterior da fracção e na renovação do ar, neste caso, na estação de arrefecimento.

Deste modo, o valor obtido foi $N_{vc} = 8,37 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$.

4.2.4.5. Necessidades nominais de energia útil máximas para arrefecimento (N_v)

O valor das necessidades nominais de energia útil máximas, para a estação de arrefecimento, (N_v), é obtido directamente do RCCTE [2], com base na zona climática de Verão em que se insere (V_3 – zona Sul).

Deste modo, o valor obtido foi $N_v = 32,00 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$.

De acordo com o RCCTE [2], o valor de N_{vc} não pode ser superior ao de N_v , verificando-se assim, que a fracção autónoma em estudo verifica os requisitos regulamentares para a estação de arrefecimento.

4.2.4.6. Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias (N_{ac})

O valor das necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias (N_{ac}), é obtido com base na seguinte expressão:

$$N_{ac} = \frac{Q_a / \eta_a - E_{solar} - E_{ren}}{A_p} \quad (10)$$

Sendo:

Q_a – energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias (AQS).

η_a – eficiência do equipamento de produção de AQS.

E_{solar} – contribuição de sistemas solares para produção de AQS.

E_{ren} – contribuição de outros sistemas renováveis para produção AQS.

A_p – área útil de pavimento.

Para o caso da fracção em estudo, considerou-se a instalação de uma caldeira mural marca Vulcano, modelo ZW24 KE 23, a gás natural, com eficiência a 30% da carga nominal de 89,4%.

Conforme relatório do programa Solterm que se anexa, o valor obtido para o E_{solar} , considerando um conjunto de painéis solares padrão com uma área total de abertura de 6 m², com inclinação de 20° e azimute Sul (inclinação e orientação da cobertura), de acordo com as recomendações da ADENE, e um depósito de acumulação de 250 litros, foi 2704 kWh.ano.

Não está prevista a instalação de outros sistemas de energias renováveis (E_{ren}) para produção de AQS.

A energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (Q_a), é calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_a = M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d \quad (11)$$

Sendo:

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

ΔT – aumento de temperatura necessário para produção de AQS

n_d – número anual de dias de consumo de AQS

Tratando-se de um edifício residencial, considera-se que existe um consumo de 40 litros por dia por habitante convencional. Sendo a fracção de tipologia T5, existem 6 habitantes convencionais, resultando num consumo total diário de 240 litros de AQS, em 365 dias por ano.

O aumento de temperatura necessário para produção de AQS toma o valor regulamentar de 45° C.

Assim:

$$Q_a = \frac{240 \times 4187 \times 45 \times 365}{3600000} = 4585 \text{ kWh. ano}$$

Logo,

$$N_{ac} = \frac{4585 / 0,894 - 2704 - 0}{162,58} = 14,90 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

4.2.4.7. Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias máximas (N_a)

O limite máximo das necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias (N_a), é obtido com base na seguinte expressão:

$$N_a = \frac{0,081 \times M_{AQS} \times n_d}{A_p} \quad (12)$$

Assim, e de acordo com os valores acima determinados:

$$N_a = \frac{0,081 \times 240 \times 365}{162,58} = 43,64 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

De acordo com o RCCTE [2], o valor de N_{ac} não pode ser superior ao de N_a , verificando-se assim, que a fracção autónoma em estudo verifica os requisitos regulamentares no que respeita às necessidades de energia para produção de águas quentes sanitárias.

4.2.4.8. Necessidades anuais globais nominais específicas de energia primária (N_{tc})

O valor das necessidades anuais globais nominais específicas de energia primária (N_{tc}), é obtido com base na seguinte expressão:

$$N_{tc} = 0,1 \cdot \left(\frac{N_{ic}}{\eta_i} \right) \cdot F_{pui} + 0,1 \cdot \left(\frac{N_{vc}}{\eta_v} \right) \cdot F_{puv} + N_{ac} \cdot F_{pua} \quad (13)$$

Sendo:

F_{pu} – factores de conversão de energia útil em energia primária

η_i – eficiência nominal dos equipamentos de aquecimento

η_v – eficiência nominal dos equipamentos de arrefecimento

Os factores de conversão de energia útil em energia primária (F_{pu}) são definidos pelo RCCTE [2], e permitem fazer a conversão para quilogramas equivalentes de petróleo (kgep), tomando os valores de 0,29 kgep/kWh para equipamentos eléctricos ou de 0,086 kgep/kWh para equipamentos alimentados a combustíveis líquidos, sólidos ou gasosos.

No caso em estudo, considerou-se a instalação de um sistema de ar condicionado, tipo bomba de calor, tendo sido considerados os valores regulamentares de COP4 e EER 3 para aquecimento e arrefecimento ambiente, respectivamente.

Deste modo,

$$N_{tc} = 0,1 \cdot \left(\frac{58,12}{4,00} \right) \cdot 0,29 + 0,1 \cdot \left(\frac{8,37}{3,00} \right) \cdot 0,29 + 14,90 \times 0,086$$

$$N_{tc} = 1,78 \text{ kgep}/m^2 \cdot \text{ano}$$

4.2.4.9. Valor máximo admissível para energia primária (N_t)

O valor máximo admissível para energia primária (N_t), é obtido com base na seguinte expressão:

$$N_t = 0,9 \times (0,01 \times N_i + 0,01 \times N_v + 0,15 \times N_a) \quad (14)$$

Assim:

$$N_t = 0,9 \cdot (0,01 \times 59,05 + 0,01 \times 32 + 0,15 \times 43,64)$$


$$N_t = 6,71 \text{ kgep}/m^2 \cdot \text{ano}$$

De acordo com o RCCTE [2], o valor de N_{tc} não pode ser superior ao de N_t , verificando-se assim, que a fracção autónoma em estudo verifica os requisitos regulamentares no que respeita às necessidades nominais globais de energia primária.

4.2.5. Classe Energética

De acordo com indicação da ADENE, 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 $R=N_{tc}/N_t$ ” [6].

Deste modo, na Figura 21 apresentam-se os limites do valor de R para a atribuição das Classes Energéticas.



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

Figura 21 - Classes Energéticas

Assim,

$$R = \frac{1,78}{6,71} = 0,27$$

Inserindo-se a fracção autónoma na Classe A.

4.3. Caso B

4.3.1. Levantamento Dimensional

Na aplicação do RCCTE [2], torna-se necessário efectuar um levantamento dimensional de todos os elementos da envolvente que constituem o edifício em estudo. Deste modo, apresentam-se nas Tabela 9 e Tabela 10 as áreas correspondentes a cada elemento.

Elemento Construtivo	Área (m²)
Paredes Exteriores (Solução Geral)	130,24
Paredes Exteriores (Escadas)	21,96
Pavimento sobre o Exterior	21,76
Paredes Interiores	15,03
Cobertura Interior	76,19
Pavimento Interior (Solução Geral)	17,85
Pavimento Interior (Cozinha e IS)	22,97
Vãos Envidraçados	22,03
Pilares Exteriores	2,20
Vigas Exteriores	12,61
Caixas de Estores	4,70
Vigas Interiores	0,65

Tabela 9 - Áreas dos Elementos da Envolvente

Elemento Construtivo	Comprimento (m)
Fachada com Pavimentos Têrreos	2,29
Fachada com Pavimentos sobre LNA ou Exterior	39,10
Fachada com Pavimentos Intermédios	59,64
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	36,55
Ligação Entre Duas Paredes Verticais	21,60
Fachada com Caixa de Estore	44,10
Fachada com Padieira/Ombreira/Peitoril	68,00

Tabela 10 - Desenvolvimento dos Elementos

4.3.2. Características Térmicas dos Elementos Construtivos

4.3.2.1. Coeficientes de transmissão térmica superficial (U)

Na Tabela 11 apresentam-se os coeficientes de transmissão térmica superficial referentes aos vários elementos construtivos existentes na moradia.

Elemento Construtivo	U (W.m ² /°C)
Paredes Exteriores (Solução Geral)	0,50
Paredes Exteriores (Escadas)	0,62
Pavimento sobre o Exterior	0,58
Paredes Interiores	0,73
Cobertura Interior	0,40
Pavimento Interior (Solução Geral)	0,54
Pavimento Interior (Cozinha e IS)	0,56
Vãos Envidraçados	2,70
Pilares/Vigas	0,68
Caixas de Estores	0,95
Vigas Interiores	0,83

Tabela 11 - Coeficientes de Transmissão Térmica Superficial (U)

4.3.2.2. Coeficientes de transmissão térmica linear (ψ)

Apresentam-se na Tabela 12 os coeficientes de transmissão térmica linear referentes aos vários elementos construtivos da moradia.

Elemento Construtivo	ψ (W.m/°C)
Fachada com Pavimentos Têrreos	0,80
Fachada com Pavimentos sobre LNA ou Exterior	0,70
Fachada com Pavimentos Intermédios	0,25
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	0,70
Ligação Entre Duas Paredes Verticais	0,20
Fachada com Caixa de Estore	0,00
Fachada com Padieira/Ombreira/Peitoril	0,20

Tabela 12 - Coeficientes de Transmissão Térmica Linear (ψ)

4.3.3. Outras Características Térmicas

4.3.3.1. Factores de Obstrução (F_s)

Nas Tabela 13 e Tabela 14 apresentam-se todos os valores dos factores de obstrução (F_s), bem como dos factores de sombreamento de horizonte (F_h), factores de sombreamento por elementos verticais (F_o) e verticais (F_f), os quais foram calculados de acordo com o previsto no RCCTE [2].

Designação	Orientação	α (F_h)	F_h	α (F_o)	F_o	β_1 (F_f)	β_2 (F_f)	F_f	F_s
ENV1	SE	20	0,88	43	0,65	13	13	0,95	0,54
ENV2	SE	20	0,88	10	0,92	13	13	0,95	0,77
ENV3	SW	20	0,88	31	0,75	10	10	0,96	0,63
ENV4	NW	20	0,96	47	0,89	23	17	0,92	0,79
ENV5	NW	20	0,96	48	0,89	24	32	0,91	0,78
ENV6	NW	20	0,96	57	0,86	35	47	0,87	0,72
ENV7	SE	20	0,88	53	0,56	13	13	0,95	0,46
ENV8	SE	20	0,88	61	0,49	30	30	0,88	0,38
ENV9	SW	20	0,88	21	0,83	30	30	0,88	0,64
ENV10	SW	20	0,88	21	0,83	30	30	0,88	0,64
ENV11	NW	20	0,96	21	0,96	13	13	0,95	0,86
ENV12	NW	20	0,96	21	0,96	13	13	0,95	0,86
ENV13	NE	20	0,96	31	0,94	10	10	0,96	0,86

Tabela 13 - Factores de Obstrução (Situação de Inverno)

Designação	Orientação	α (F_h)	F_h	α (F_o)	F_o	β_1 (F_f)	β_2 (F_f)	F_f	F_s
ENV1	SE	20	1,00	43	0,58	13	13	0,96	0,56
ENV2	SE	20	1,00	10	0,89	13	13	0,96	0,86
ENV3	SW	20	1,00	31	0,67	10	10	0,97	0,65
ENV4	NW	20	1,00	47	0,77	23	17	0,92	0,71
ENV5	NW	20	1,00	48	0,76	24	32	0,85	0,65
ENV6	NW	20	1,00	57	0,72	35	47	0,77	0,55
ENV7	SE	20	1,00	53	0,53	13	13	0,96	0,51
ENV8	SE	20	1,00	61	0,50	30	30	0,91	0,46
ENV9	SW	20	1,00	21	0,78	30	30	0,91	0,71
ENV10	SW	20	1,00	21	0,78	30	30	0,91	0,71
ENV11	NW	20	1,00	21	0,90	13	13	0,94	0,85
ENV12	NW	20	1,00	21	0,90	13	13	0,94	0,85
ENV13	NE	20	1,00	31	0,85	10	10	0,95	0,81

Tabela 14 - Factores de Obstrução (Situação de Verão)

4.3.3.2. Factor solar dos vãos envidraçados (g_{\perp})

Para o caso em estudo, o factor solar do vidro (g_v), por se tratar de vidro duplo incolor corrente de 4 (6) 5 mm, toma o valor de 0,78. Por outro lado, o factor solar da protecção activada a 100% ($g_{100\%}$), por se tratar de persiana exterior de cor clara, toma o valor de 0,04. Deste modo tem-se:

$$g_{\perp} = 0,7 \times 0,04 + 0,3 \times 0,78 = 0,26$$

4.3.3.3. Renovação do Ar

No que diz respeito à renovação do ar, esta é feita de forma natural, sem quaisquer dispositivos de admissão de ar na fachada. Como a fracção se situa na periferia urbana de Vila Franca de Xira, com uma altura média da fachada ao solo inferior a 10 metros, considera-se uma classe de exposição 3, de acordo com o Quadro IV.2 do RCCTE [2].

A caixilharia é de Classe 3 no que respeita à permeabilidade ao ar, a fracção possui caixas de estore, as portas possuem vedação em todo o seu perímetro, e a área envidraçada é inferior a 15% da área de pavimento, existindo um exaustor na cozinha e instalações sanitárias com funcionamento pontual, não cumprindo, assim, com a norma NP 1037-1 [5]. Deste modo, de acordo com o Quadro IV.1 do RCCTE [2], resulta uma taxa de renovação horária (R_{ph}) = 0,85.

4.3.3.4. Área Útil de Pavimento

A área útil de pavimento, com um valor de 152,25 m², obteve-se a partir do somatório das áreas parciais de todos os espaços úteis [2].

4.3.3.5. Pé direito médio

Existem duas zonas distintas da fracção autónoma no que ao pé direito diz respeito. A zona corrente da fracção tem um pé direito constante de 2,70 m, sendo que a zona das escadas tem um pé direito variável. Efectuando uma

medição ponderada do pé direito obteve-se um valor para o pé direito médio de 2,72 m.

4.3.3.6. Inércia Térmica

A Tabela 15 apresenta um resumo da inércia térmica da fracção autónoma.

Elemento Construtivo	S _i (m ²)	M _t (kg)	M _{si} (kg)	r	M _{si} ·S _i ·r (kg)
Paredes Exteriores (Solução Geral)	130,24	297	148	1	19276
Paredes Exteriores (Escadas)	21,96	497	148	1	3250
Pavimento sobre o Exterior	21,76	453	29	1	631
Paredes Interiores	15,03	158	148	1	2225
Cobertura Interior	76,19	466	150	1	11428
Paredes em Contacto com o Solo	0,44	497	148	1	65
Pavimento Interior (Solução Geral)	17,85	453	29	1	518
Pavimento Interior (Cozinha e IS)	22,97	478	54	1	1241
Pavimento entre Piso 1 e R/C	59,14	534	300	1	17743
Pilares Exteriores	2,20	575	150	1	330
Vigas Exteriores	12,61	575	150	1	1892
Vigas Interiores	0,65	545	150	1	98
Pavimento Térreo	10,90	506	111	1	1210
Divisórias Interiores tipo 1	94,70	164	164	1	15530
Divisórias Interiores tipo 2	18,86	296	296	1	5583
Divisórias Interiores tipo 3	10,53	248	248	1	2611
TOTAL					83629

Tabela 15 - Inércia Térmica

Aplicando a expressão (7), temos:

$$I_t = \frac{83629}{152,25} = 549,30 \text{ kg/m}^2$$

Como podemos verificar, o valor obtido é superior a 400 kg/m², logo, a inércia é Forte [2].

4.3.3.7. Factor de Forma

Para o cálculo do factor de forma utiliza-se a expressão (8):

$$FF = \frac{215,50 + 99,00}{414,23} = 0,76$$

4.3.3.8. Ganhos internos médios (Q_i)

Neste caso, por se tratar de um edifício destinado a habitação, o valor dos ganhos internos médio é $Q_i = 4 \text{ W/m}^2$, de acordo com o Quadro IV.3 do RCCTE [2].

4.3.4. Verificação Regulamentar

4.3.4.1. Verificação dos requisitos mínimos

Na Tabela 16, pode verificar-se que todos os elementos da envolvente opaca cumprem os máximos regulamentares.

Elemento Construtivo	U ($\text{W.m}^2/\text{°C}$)	U _{max} ($\text{W.m}^2/\text{°C}$)
Paredes Exteriores (Solução Geral)	0,50	1,80
Paredes Exteriores (Escadas)	0,62	1,80
Pavimento sobre o Exterior	0,58	1,25
Paredes Interiores	0,73	2,00
Cobertura Interior	0,40	1,65
Pavimento Interior (Solução Geral)	0,54	1,65
Pavimento Interior (Cozinha e IS)	0,56	1,65
Pilares/Vigas	0,68	1,00 e 1,24
Caixas de Estores	0,95	1,00
Vigas Interiores	0,83	1,46

Tabela 16 - Verificação dos requisitos mínimos da envolvente opaca

Relativamente à envolvente translúcida, o seu factor solar, com as protecções solares activadas a 100% ($g_{100\%} = 0,04$), deve ser inferior ao máximo regulamentar, de acordo com a zona climática de Verão em que se insere (V_3)

e com a inércia térmica calculada (forte), sendo o factor solar máximo admissível, para o caso em estudo $g_{\text{máx}} = 0,50$.

4.3.4.2. Necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic})

No caso da fracção em estudo, o valor de obtido foi $N_{ic} = 54,20 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$.

4.3.4.3. Necessidades nominais de energia útil máximas para aquecimento (N_i)

Para a fracção autónoma em estudo, o valor obtido foi $N_i = 64,39 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$.

De acordo com o RCCTE [2], o valor de N_{ic} não pode ser superior ao de N_i , verificando-se assim, que a fracção autónoma em estudo verifica os requisitos regulamentares para a estação de aquecimento.

4.3.4.4. Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_{vc})

Para a fracção temos que $N_{vc} = 8,99 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$.

4.3.4.5. Necessidades nominais de energia útil máximas para arrefecimento (N_v)

Com base na zona climática de Verão em que se insere a fracção autónoma (V_3 – zona Sul), e aplicando a expressão (12) o valor obtido foi $N_v = 32,00 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$.

De acordo com o RCCTE [2], o valor de N_{vc} não pode ser superior ao de N_v , verificando-se assim, que a fracção autónoma em estudo verifica os requisitos regulamentares para a estação de arrefecimento.

4.3.4.6. Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias (N_{ac})

Para o caso da fracção em estudo, considerou-se a instalação de uma caldeira mural marca Vulcano, modelo ZW24 KE 23, a gás natural, com eficiência a 30% da carga nominal de 89,4%.

Conforme relatório do programa Solterm que se anexa, o valor obtido para o E_{solar} , considerando um conjunto de painéis solares padrão com uma área total de abertura de 4 m², com inclinação de 20° e azimute 45° (inclinação e orientação da cobertura) de acordo com as recomendações da ADENE, e um depósito de acumulação de 200 litros, foi 1697 kWh.ano.

Não está prevista a instalação de outros sistemas de energias renováveis (E_{ren}) para produção de AQS.

Tratando-se de um edifício residencial, considera-se que existe um consumo de 40 litros por dia por habitante convencional. Sendo a fracção de tipologia T3, existem 4 habitantes convencionais, resultando num consumo total diário de 160 litros de AQS, em 365 dias por ano.

O aumento de temperatura necessário para produção de AQS toma o valor regulamentar de 45° C.

Assim, aplicando a expressão (11):

$$Q_a = \frac{160 \times 4187 \times 45 \times 365}{3600000} = 3057 \text{ kWh. ano}$$

Logo, de acordo com a expressão (10),

$$N_{ac} = \frac{3057/0,894 - 1697 - 0}{152,25} = 11,30 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

4.3.4.7. Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias máximas (N_a)

De acordo com os valores acima obtidos, e substituindo na expressão (12):

$$N_a = \frac{0,081 \times 160 \times 365}{152,25} = 31,07 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

De acordo com o RCCTE [2], o valor de N_{ac} não pode ser superior ao de N_a , verificando-se assim, que a fracção autónoma em estudo verifica os requisitos regulamentares no que respeita às necessidades de energia para produção de águas quentes sanitárias.

4.3.4.8. Necessidades anuais globais nominais específicas de energia primária (N_{tc})

No caso em estudo, considerou-se a instalação de um sistema de ar condicionado, tipo bomba de calor, tendo sido considerados os valores regulamentares de COP4 e EER 3 para aquecimento e arrefecimento ambiente, respectivamente.

Deste modo, aplicando a expressão (13),

$$N_{tc} = 0,1 \cdot \left(\frac{54,20}{4,00} \right) \cdot 0,29 + 0,1 \cdot \left(\frac{8,99}{3,00} \right) \cdot 0,29 + 11,30 \times 0,086$$

$$N_{tc} = 1,45 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

4.3.4.9. Valor máximo admissível para energia primária (N_t)

De acordo com a expressão (14), para a fracção em estudo os cálculos efectuados foram:

$$N_t = 0,9 \cdot (0,01 \times 64,39 + 0,01 \times 32 + 0,15 \times 31,07)$$

$$N_t = 5,06 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

De acordo com o RCCTE [2], o valor de N_{tc} não pode ser superior ao de N_t , verificando-se assim, que a fracção autónoma em estudo verifica os requisitos regulamentares no que respeita às necessidades nominais globais de energia primária.

4.3.5. Classe Energética

Para a fracção em estudo, o factor R, calcula-se com base nos valores de N_{tc} e N_t calculados anteriormente. Assim:

$$R = \frac{1,45}{5,06} = 0,29$$

Inserindo-se a fracção autónoma na Classe A.

5. Aplicação do RCCTE com Programa de Cálculo Automático

5.1. Generalidades

O programa escolhido para ser efectuada a verificação do RCCTE [2] aos dois edifícios descritos anteriormente, foi o CYPE 2010 – módulo de Verificação do RCCTE. Escolheu-se este programa por ser um dos mais utilizados no mercado nacional, no que ao projecto de edifícios diz respeito.

5.2. Introdução de Dados

5.2.1. Tipo de Edifício

A primeira acção a efectuar quando se abre o módulo de Verificação do RCCTE é escolher o tipo de edifício que temos em estudo, pois o programa permite projectar muitos tipos de edifícios diferentes, tais como moradias unifamiliares ou em banda, espaços comerciais, hospitais, escolas, etc., como se mostra na Figura 22.



Figura 22 - Tipo de Edifício

Neste caso, escolheu-se o tipo Unifamiliar, já que o projecto em causa é uma moradia isolada.

5.2.2. Tipo de Projecto

Deve-se, depois, como se pode verificar na Figura 23, escolher o tipo de projecto a realizar, visto este ser um programa que permite efectuar os projectos de diversas especialidades inerentes a um edifício.

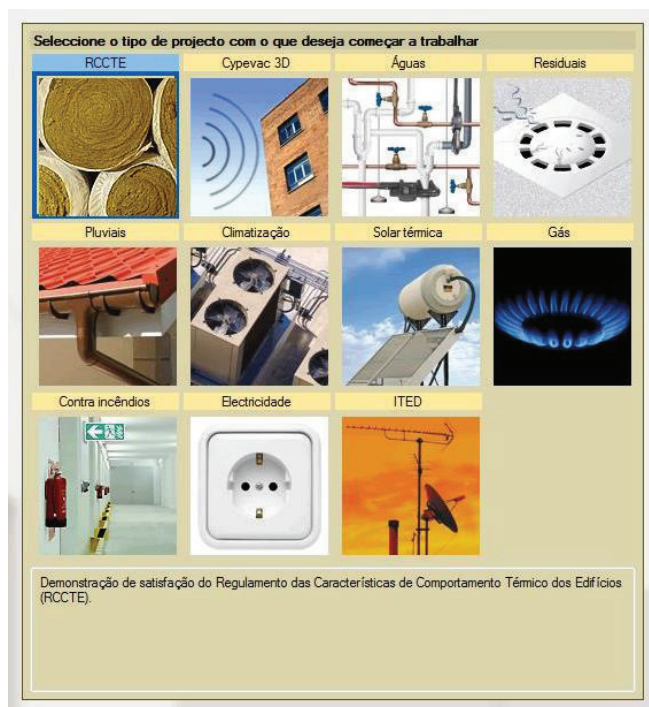


Figura 23 - Tipo de Projecto

Escolheu-se o Projecto RCCTE, de modo a realizar a Verificação do RCCTE do edifício.

5.2.3. Dados do Projecto

De seguida, no menu representado na Figura 24 introduzem-se os dados gerais do projecto, tais como, nome da obra, localização, requerente, etc.

The screenshot shows a web form with a date dropdown set to '28-09-2010'. There are input fields for 'Localidade:' and 'Número de projecto:'. Below these are tabs for 'Edifício', 'Entidade requerente', 'Projectista', 'Entidade projectista', and 'Perito qualificado'. The 'Edifício' tab is active, showing fields for 'Nome:', 'Morada:', 'Freguesia:', 'N.º CER CE:', 'Imóvel inscrito na:', 'Conservatória do Registo Predial de:', 'Sob o n.º:', and 'Art. Matricial n.º:'. There are also radio buttons for 'Tipo A ou C:' with 'A' selected, and a dropdown for 'Entidade supervisora' set to 'DGGE'. A button 'Imagem do edifício' is at the bottom left.

Figura 24 - Dados do Projecto – Edifício

Introduzem-se também os dados do projectista e do Perito Qualificado que irá peritar o projecto, no menu que se mostra na Figura 25, no caso de se pretender efectuar a Certificação Energética do projecto.

The screenshot shows the same web form as Figure 24, but with the 'Projectista' tab selected. It includes fields for 'Referência:', 'Nome:', 'Morada:', 'Localidade:', 'Código postal:', 'Telefone:', 'Telemóvel:', 'Fax:', 'E-mail:', 'N.º Bilhete de Identidade:', 'Arquivo id.:', 'Data:' (set to '28-09-2010'), 'N.º contribuinte:', 'Associação profissional:' (set to 'Ordem dos engenheiros'), 'N.º:', 'Especialidade:', and 'N.º DGEG:'. There are buttons for 'Imagem da assinatura', 'Imagem do cartão de projectista', and 'Imagem do Bilhete de Identidade'. A button 'Imagem do edifício' is also present at the bottom left.

Figura 25 - Dados do Projecto – Projectista

5.2.4. Localização da Obra

Posteriormente, introduzem-se os dados referentes à localização da obra. Começa por se definir o distrito onde esta se insere, neste caso, distrito de Lisboa.

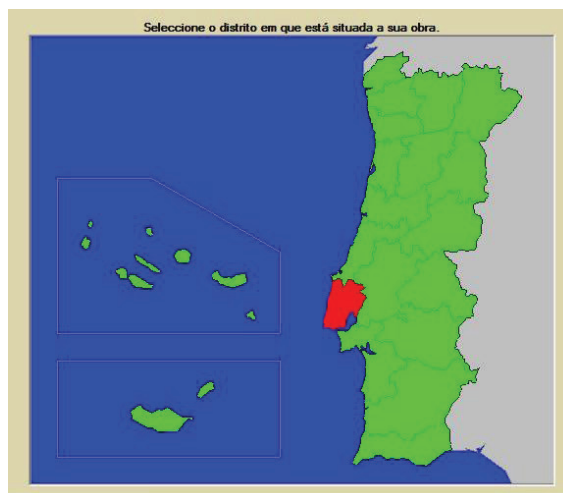


Figura 26 - Localização – Distrito

Para a escolha do distrito aparece um mapa de Portugal, bastando clicar sobre o distrito pretendido, ficando este assinalado a vermelho, conforme se ilustra na Figura 26.

De seguida, escolhe-se o concelho pretendido, só aparecendo, neste caso, os concelhos inseridos no distrito de Lisboa.

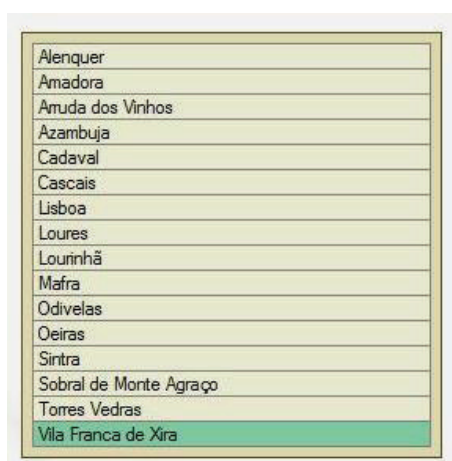


Figura 27 - Localização – Concelho

Escolheu-se então o concelho de Vila Franca de Xira, conforme se mostra na Figura 27.

5.2.5. Plantas/Grupos

Na Figura 28 começa a introdução da arquitectura da moradia em estudo, começando por se introduzir o número de pisos acima e abaixo da rasante, e respectivo pé direito. De salientar que o valor do pé direito deve incluir a espessura da sua laje de cobertura.

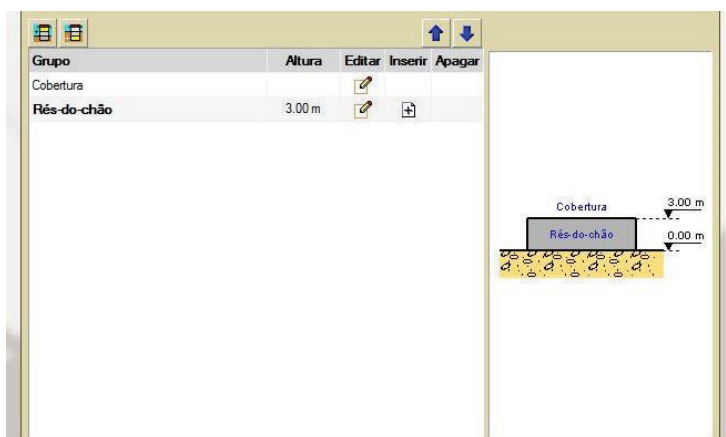


Figura 28 - Plantas/Grupos

5.2.6. Rugosidade e Certificação Energética

Neste passo, define-se qual a rugosidade do projecto, no que à sua exposição ao vento diz respeito. Escolheu-se então rugosidade II, visto a obra se inserir na periferia da cidade de Vila Franca de Xira. Este menu permite também escolher se se pretende efectuar a Certificação Energética do projecto. Neste caso desactivou-se essa opção, conforme se mostra na Figura 29.



Figura 29 - Rugosidade e Certificação Energética

5.2.7. Carregamento de Máscaras

O programa permite, depois, efectuar a importação de máscaras em formato DWG, que facilitam a introdução da arquitectura. Cada máscara pode depois ser associada a um piso do projecto.

Depois da importação das máscaras, a vista geral do programa apresenta o aspecto mostrado na Figura 30.

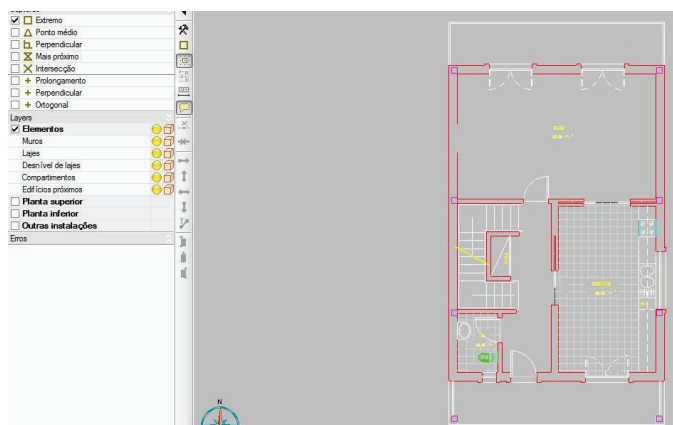


Figura 30 - Vista das Máscaras

5.2.8. Definir a Orientação

No caso de um projecto de verificação do RCCTE torna-se essencial definir a orientação da planta. Para tal, o programa é também muito intuitivo, como se mostra na Figura 31.

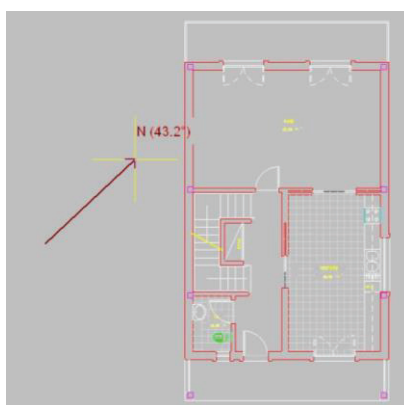


Figura 31 - Definição da Orientação

Para tal, basta introduzir a direcção do Norte, e o programa automaticamente atribui todos os outros pontos cardeais.

5.2.9. Definição das Soluções Construtivas

A definição das soluções construtivas é muito intuitiva, podendo ser usadas soluções pré-definidas pelo programa, ou adicionando novas, o que acontecerá na maior parte dos casos. Esta introdução é feita, como se representa na Figura 32, introduzindo as soluções por camadas, podendo ser definidas completamente todas as propriedades dos materiais utilizados.

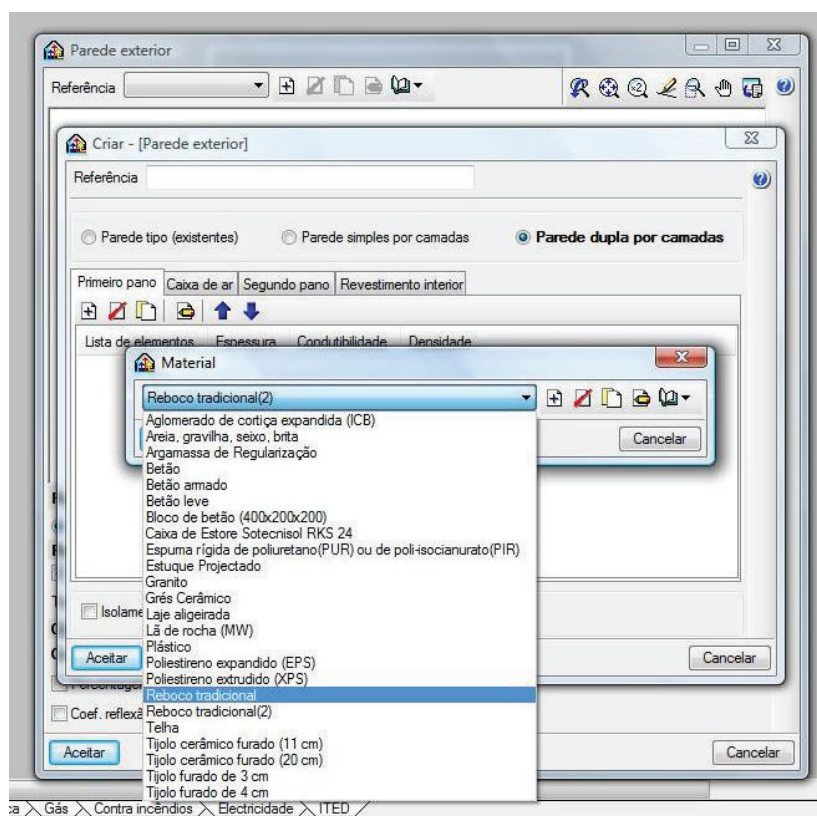


Figura 32 - Definição de Soluções

Depois de definidas todas as camadas da solução pretendida, o programa gera uma representação esquemática da mesma com base nas representações tipo introduzidas para cada material (Figura 33).

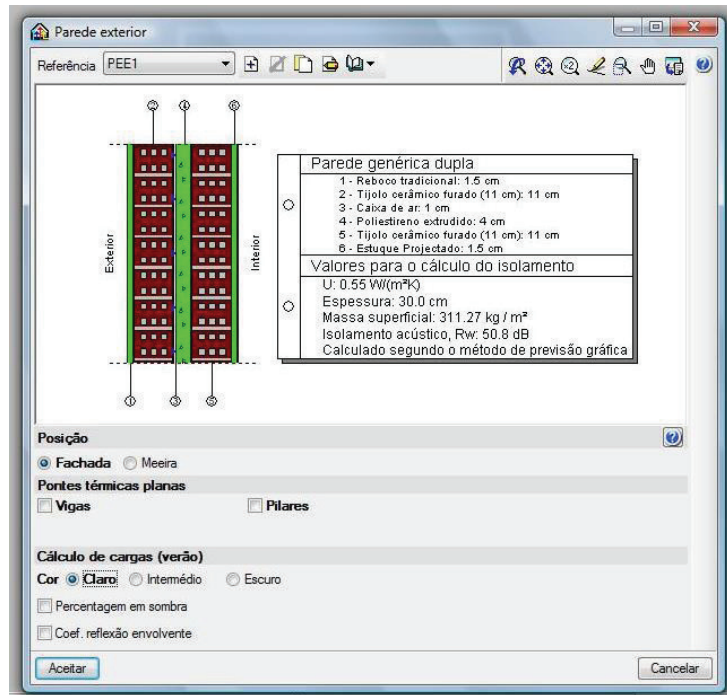


Figura 33 - Representação Esquemática da Solução

5.2.10. Introdução das Paredes

Depois de definida a solução a utilizar, temos que introduzir as paredes. Para isto, basta clicar sobre os pontos da máscara da planta de modo a colocar todas as paredes no seu lugar correcto, como está representado na Figura 34.

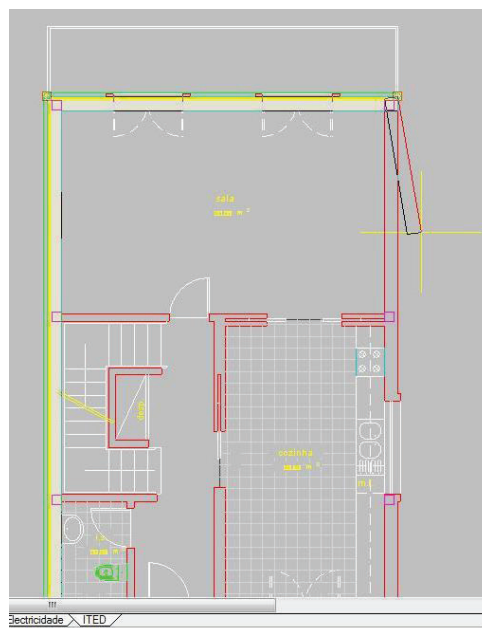


Figura 34 - Introdução das Paredes

Aqui surge a primeira dificuldade, que é a definição das pontes térmicas planas. O programa apenas permite a introdução de espaçamento entre pilares e largura dos mesmos. Como na maior parte dos casos, a distância entre pilares não é constante, torna-se algo difícil identificar as pontes térmicas planas com exactidão.

Outro aspecto a ter em atenção é a existência de portas ou vãos envidraçados. É importante que aquando da introdução das paredes, sejam feitas quebras nas zonas das portas ou envidraçados, pois, posteriormente quando se tentar introduzir os mesmos, o programa não detecta os pontos da máscara, não sendo possível introduzi-los sem estarem feitas estas quebras na parede.

Deve repetir-se este processo de introdução das paredes para todas as soluções da envolvente exterior e também para todas as paredes interiores à fracção autónoma.

Depois de introduzidas todas as paredes, já se consegue fazer uma visualização a três dimensões da arquitectura do piso introduzido (Figura 35).

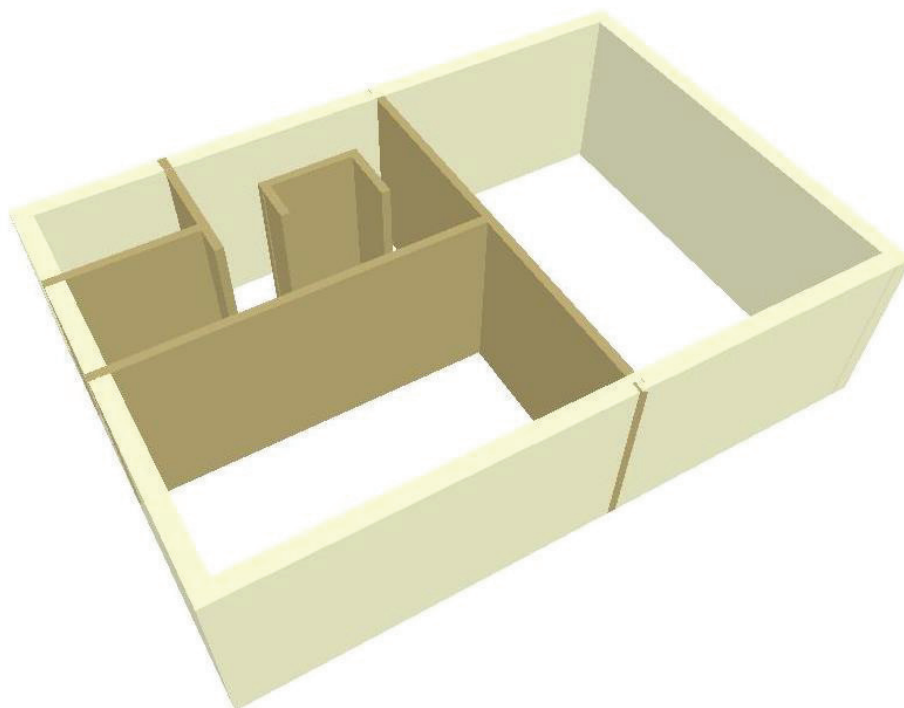


Figura 35 - Vista de Um Piso a Três Dimensões

5.2.11. Introdução das Lajes

A introdução de lajes é muito similar à introdução de paredes. Antes de tudo, tem que se definir a solução construtiva, através da introdução dos materiais, por camadas.

Posteriormente introduzem-se, sobre a planta. Têm que se introduzir lajes de pavimento térreo, lajes entre piso e coberturas planas ou inclinadas. No caso de a fracção ter uma cobertura interior sob um desvão, esta é introduzida como sendo uma laje entre pisos.

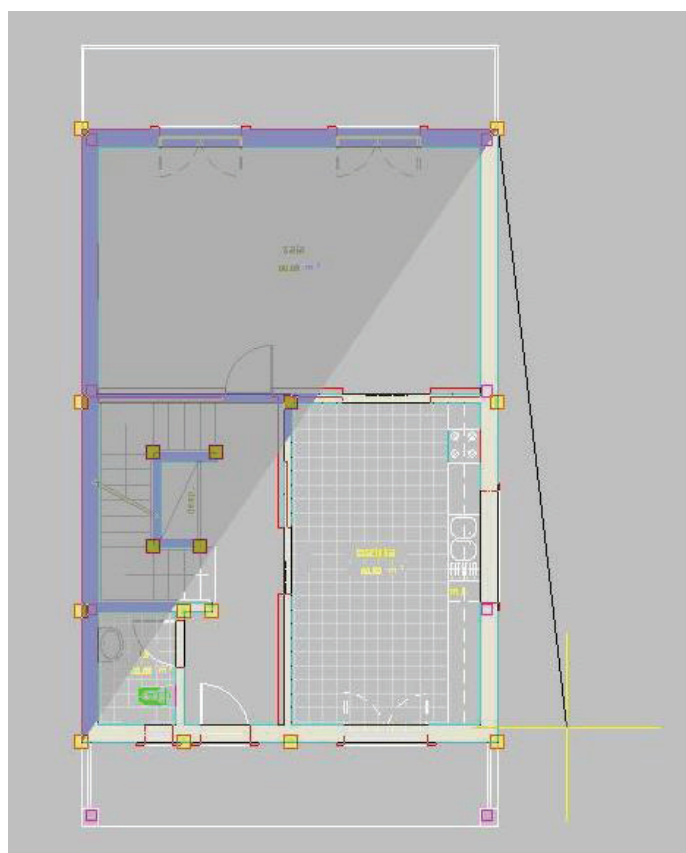


Figura 36 - Introdução de Lajes

5.2.12. Introdução dos Vãos Envidraçados e das Portas

A introdução dos vãos envidraçados é também muito simples. Em primeiro lugar, definem-se as características do envidraçado, tais como tipo de vidro, espessuras, espessura da lâmina de ar, cor dos vidros, material da caixilharia, protecções solares, etc., no menu representado na Figura 37. Pode também ser

introduzido directamente o coeficiente de transmissão térmica do vidro sem serem introduzidas estas características.

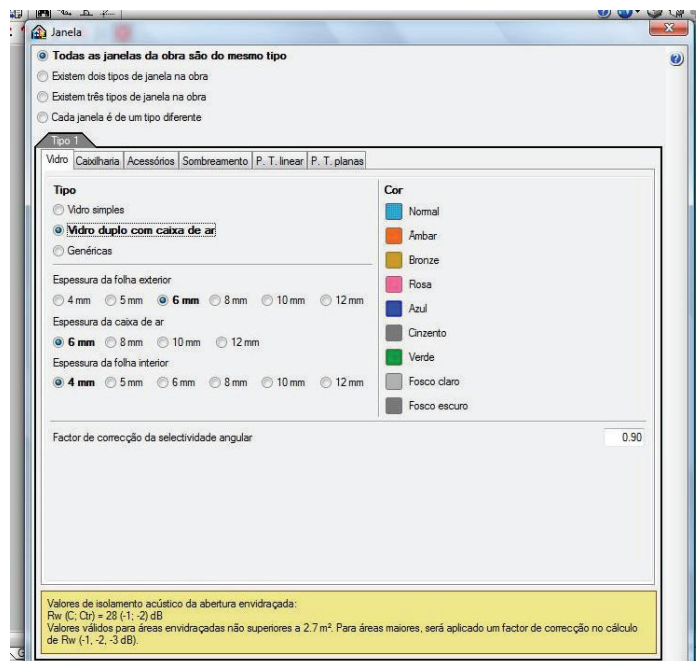


Figura 37 - Características dos Vãos Envidraçados

De seguida, definem-se algumas dimensões dos vãos, tais como a altura do mesmo e a altura do parapeito. Pode também definir-se logo, neste momento, o sombreamento dos vãos. A largura de cada vão é marcada directamente na planta, servindo para isto as quebras feitas nas paredes.

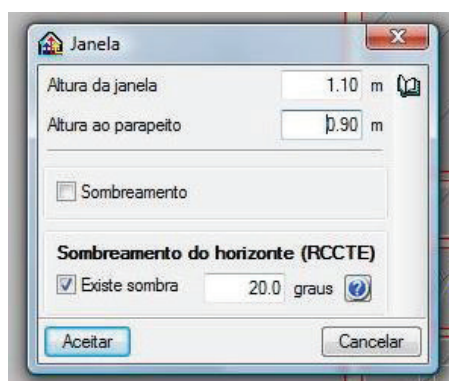


Figura 38 - Dimensão dos Vãos Envidraçados

A introdução das portas é em tudo similar à dos vãos envidraçados, bastando definir a sua altura, e o material pelo qual são constituídas (também se pode indicar o seu coeficiente de transmissão térmica), sendo depois introduzida a sua largura directamente em planta.

5.2.13. Introdução da Cobertura Inclinada

Talvez um dos pontos mais complicados na utilização deste programa seja a introdução da cobertura inclinada, principalmente no caso de coberturas mais complexas com muitas águas, como no Caso A em estudo, já que, no Caso B, por se tratar de uma cobertura apenas com quatro águas, a sua introdução é relativamente simples.

Para começar, deve definir-se a solução de cobertura e fazer a sua introdução em planta, tal qual se tratasse de qualquer outro tipo de laje, sendo que, neste caso, cada água da cobertura, será tratada como uma laje independente. De seguida, atribuem-se as cotas dos vários extremos de cada laje da cobertura, sendo que, se considera que o ponto mais alto de toda a cobertura de encontra à cota 0,00 m.

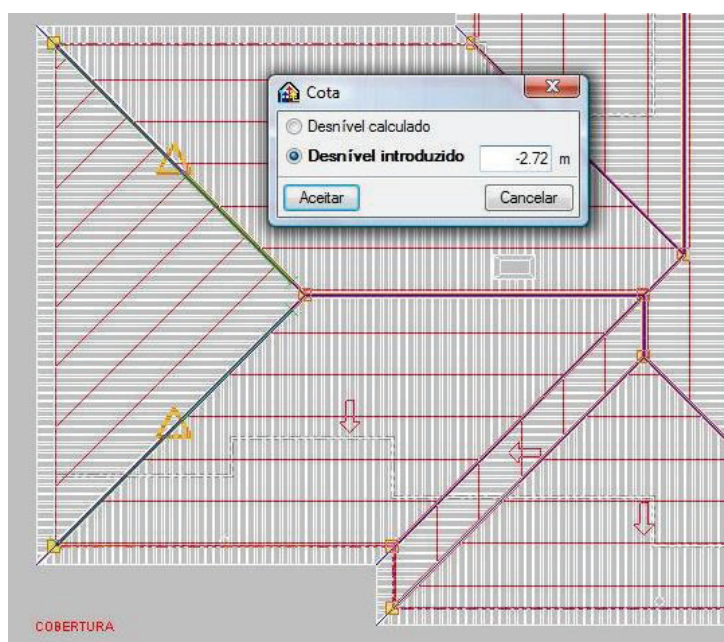


Figura 39 - Introdução de Cotas na Cobertura Inclinada

É de salientar, que para ser possível introduzir a cobertura inclinada, deve ser introduzido o piso do desvão (ver ponto 5.2.5), sendo que o pé direito a considerar para esse piso deve ser a distância da laje de esteira até ao ponto mais elevado da cobertura inclinada.

Neste ponto foram já introduzidos todos os elementos da envolvente do edifício, podendo agora ser feita uma pré-visualização completa da arquitectura do mesmo a três dimensões, de acordo com a Figura 40.

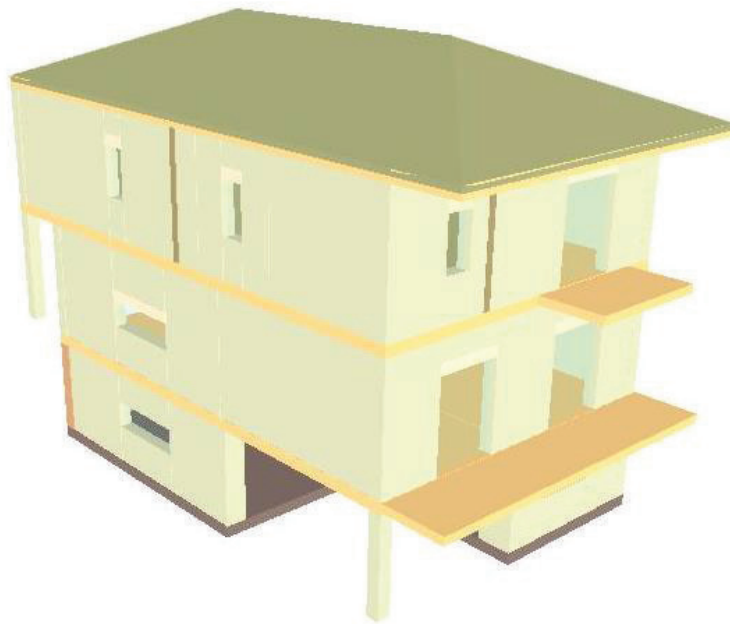


Figura 40 - Vista da Arquitectura a Três Dimensões

5.2.14. Introdução dos Compartimentos

Para que a verificação do RCCTE [2] possa ser feita, tem que se introduzir a ocupação de todos os espaços do edifício. Para tal definem-se compartimentos. Os compartimentos podem ser definidos com base em compartimentos pré-definidos ou podem ser criados novos tipos com novas características. Esta introdução é muito simples, bastando escolher o tipo de compartimento, definir os revestimentos de pavimento e tecto e, depois, clicar sobre o espaço pretendido.



Figura 41 - Introdução de Compartimentos

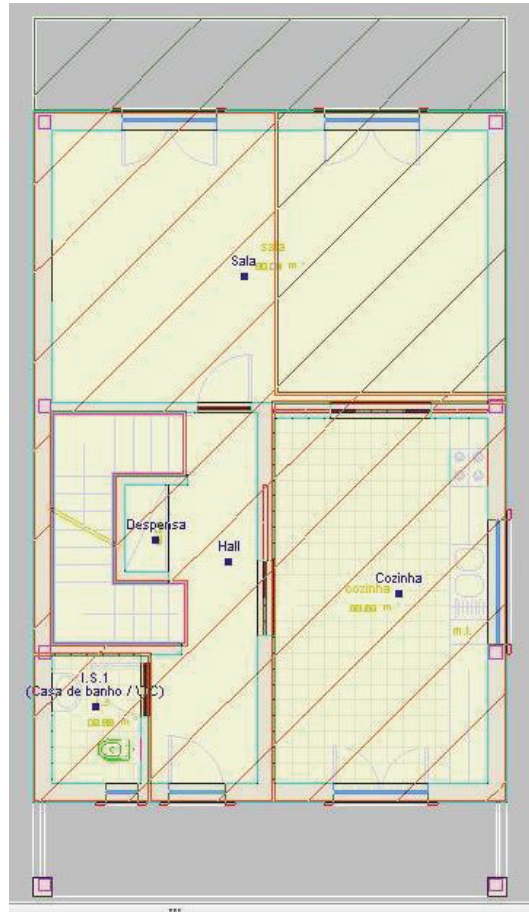


Figura 42 - Piso com Compartimentos Inseridos

5.2.15. Definição da Fracção Autónoma

Por último, deve atribuir-se os compartimentos às fracções autónomas. Isto torna-se de extrema importância no caso de edifícios multifamiliares, pois só aqui o programa tem a informação de quantas fracções irá efectuar a verificação do RCCTE [2]. Neste caso, visto ambos os projectos se tratarem de moradias unifamiliares isoladas, só teremos uma fracção autónoma. Contudo, é necessário criar a fracção autónoma e atribuir-lhe todos os espaços, pois sem isso o programa não realizará o cálculo.

É também neste passo que se definem os equipamentos de climatização e de produção de águas quentes sanitárias, bem como se introduzem os valores de E_{solar} e de E_{ren} , no caso de existirem.

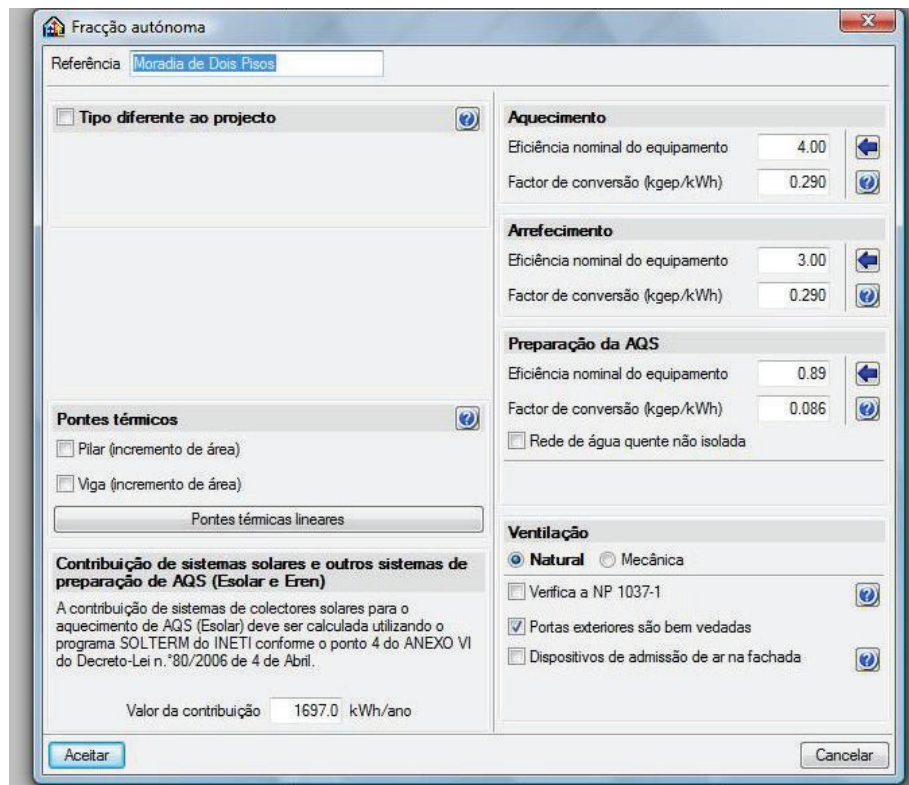


Figura 43 - Caracterização da Fracção Autónoma

Como pode ser verificado através da análise da Figura 43, a eficiência nominal introduzida para o equipamento de produção de AQS foi de 0,89 (89%). Porém, o equipamento considerado é uma caldeira mural da marca Vulcano, modelo ZW24 KE 23, a gás natural, com eficiência a 30% da carga nominal de 0,894 (89,4%). Infelizmente o programa não permite a introdução de valores com três casas decimais, tendo-se optado por introduzir 0,89. Apesar de a diferença não parecer significativa, isto pode ter influência na Classe Energética da fracção autónoma, já que as águas quentes sanitárias têm um grande peso no cálculo das necessidades anuais globais nominais específicas de energia primária (N_{tc}), como se pode comprovar através da análise da expressão (13).

5.3. Cálculo e Exportação de Resultados

Após serem introduzidos todos os dados relativos à fracção autónoma, torna-se necessário efectuar os cálculos de verificação do RCCTE, antes de se poder fazer a exportação dos resultados.

6. Comparação de Resultados

Foi feita uma comparação de resultados, no que respeita às diferenças nas áreas medidas, comprimentos das pontes térmicas lineares e cálculos dos coeficientes de transmissão térmica superficial e linear.

6.1. Caso A

Tipo	Folha de Cálculo	CYPE 2010	Diferença
Área Útil de Pavimento (m ²)	162,58	159,63	1,81%
Pé Direito Médio (m)	2,69	2,63	2,23%

Tabela 17 - Área Útil de Pavimento e Pé Direito Médio

No caso da área útil de pavimento, a diferença do valor pode ser devida à não contabilização, por parte do programa de cálculo automático, da área referente aos vãos das portas, já que esta área toma o valor de 2,92 m², ficando a diferença das áreas, neste caso, reduzida a 0,02%.

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (m²)	CYPE 2010 (m²)	Diferença
Paredes Exteriores	108,45	109,79	1,24%
Paredes Interiores	11,80	12,00	1,69%
Cobertura Interior	159,45	159,62	0,11%
Vãos Envidraçados	19,44	20,65	6,22%
Pilares	1,08	1,20	11,11%
Vigas	8,28	8,22	0,66%
Caixas de Estores	4,05	3,68	9,14%
Portas Exteriores	3,60	3,60	0,00%

Tabela 18 - Elementos Correntes da Envolvente

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (m)	CYPE 2010 (m)	Diferença
Paredes em Contacto com o Solo	0,00	0,00	0,00%
Pavimentos em Contacto com o Solo	53,95	55,95	3,71%

Tabela 19 - Elementos em Contacto com o Solo

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (m)	CYPE 2010 (m)	Diferença
Fachada com Pavimentos Téreos	53,95	53,85	0,19%
Fachada com Pavimentos Não-Aquecidos ou Exteriores	0,00	53,85	100,00%
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	53,95	0,00	100,00%
Ligação Entre Duas Paredes Verticais	21,60	21,03	2,64%
Fachada com Caixa de Estore	37,40	14,60	60,96%
Fachada com Padieira/Ombreira/Peitoril	55,80	66,40	19,00%

Tabela 20 - Pontes Térmicas Lineares

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (W.m²/°C)	CYPE 2010 (W.m²/°C)	Diferença
Paredes Exteriores	0,50	0,54	8,00%
Paredes Interiores	0,73	0,72	1,21%
Cobertura Interior	0,40	0,40	0,04%
Vãos Envidraçados	2,70	3,51	30,00%
Pilares/Vigas	0,68	0,68	0,00%
Caixas de Estores	0,95	0,95	0,00%

Tabela 21 - Coeficientes de Transmissão Térmica Superficial (U)

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (W.m/°C)	CYPE 2010 (W.m/°C)	Diferença
Fachada com Pavimentos Térreos	0,60	0,46	23,33%
Fachada com Pavimentos Não-Aquecidos ou Exteriores	0,00	0,54	100,00%
Fachada com Cobertura Inclinação ou Terraço	0,70	0,00	100,00%
Ligação Entre Duas Paredes Verticais	0,20	0,20	0,00%
Fachada com Caixa de Estore	0,00	0,00	0,00%
Fachada com Padieira/Ombreira/Peitoril	0,20	0,20	0,00%

Tabela 22 - Coeficientes de Transmissão Térmica Linear (ψ)

	Ap	Taxa Ren.	N _{ic}	N _i	N _{vc}	N _v	N _{ac}	N _a	N _{tc}	N _t
	(m ²)	(RPH)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kgep/m ² .ano)	kgep/m ² .ano)
Folha de Cálculo	162,58	0,85	58,12	59,05	8,37	32,00	14,90	43,64	1,78	6,71
CYPE 2010	159,63	0,85	68,25	63,07	9,23	32,00	9,95	37,04	1,44	5,86
Diferença	1,81%	0,00%	17,43%	6,81%	10,27%	0,00%	33,22%	15,12%	19,10%	12,67%

Tabela 23 - Resumo dos Valores Nominais do Edifício

6.2. Caso B

Tipo	Folha de Cálculo	CYPE 2010	Diferença
Área Útil de Pavimento (m ²)	152,25	149,66	1,70%
Pé Direito Médio (m)	2,72	2,79	2,54%

Tabela 24 - Área Útil de Pavimento e Pé Direito Médio

No caso da área útil de pavimento, a diferença do valor pode ser devida à não contabilização, por parte do programa de cálculo automático, da área referente aos vãos das portas, já que esta área toma o valor de 2,20 m², ficando a diferença das áreas, neste caso, reduzida a 0,26%.

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (m ²)	CYPE 2010 (m ²)	Diferença
Paredes Exteriores (Solução Geral)	130,24	129,81	0,33%
Paredes Exteriores (Escadas)	21,96	25,79	17,43%
Pavimento sobre o Exterior	21,76	22,17	1,88%
Paredes Interiores	15,03	21,79	44,95%
Cobertura Interior	76,19	76,22	0,04%
Pavimento Interior (Solução Geral)	17,85	14,11	20,94%
Pavimento Interior (Cozinha e IS)	22,97	26,04	13,35%
Vãos Envidraçados	22,03	22,03	0,00%
Pilares Exteriores	2,20	2,01	8,64%
Vigas Exteriores	12,61	13,06	3,57%
Caixas de Estores	4,70	4,07	13,40%
Vigas Interiores	0,65	0,65	0,00%

Tabela 25 - Elementos Correntes da Envolvente

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (m)	CYPE 2010 (m)	Diferença
Paredes em Contacto com o Solo	1,43	0,00	100,00%
Pavimentos em Contacto com o Solo	2,29	3,70	61,76%

Tabela 26 - Elementos em Contacto com o Solo

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (m)	CYPE 2010 (m)	Diferença
Fachada com Pavimentos Térreos	2,29	3,70	61,76%
Fachada com Pavimentos sobre LNA ou Exterior	39,10	71,24	82,20%
Fachada com Pavimentos Intermediários	59,64	53,70	9,96%
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	36,55	0,00	100,00%
Ligação Entre Duas Paredes Verticais	21,60	23,92	10,74%
Fachada com Caixa de Estore	44,10	16,20	63,27%
Fachada com Padieira/Ombreira/Peitoril	68,00	68,00	0,00%
Fachada com Varanda	2,80	8,85	216,07%

Tabela 27 - Pontes Térmicas Lineares

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (W.m²/°C)	CYPE 2010 (W.m²/°C)	Diferença
Paredes Exteriores (Solução Geral)	0,50	0,54	8,00%
Paredes Exteriores (Escadas)	0,62	0,62	0,00%
Pavimento sobre o Exterior	0,58	0,58	0,00%
Paredes Interiores	0,73	0,72	1,21%
Cobertura Interior	0,40	0,40	0,04%
Pavimento Interior (Solução Geral)	0,54	0,54	0,12%
Pavimento Interior (Cozinha e IS)	0,56	0,54	2,98%
Vãos Envidraçados	2,70	3,51	30,00%
Pilares/Vigas Exteriores	0,68	0,68	0,00%
Caixas de Estores	0,95	0,95	0,00%
Vigas Interiores	0,83	0,84	0,89%

Tabela 28 - Coeficientes de Transmissão Térmica Superficial (U)

Elemento Construtivo	Folha de Cálculo (W.m/°C)	CYPE 2010 (W.m/°C)	Diferença
Fachada com Pavimentos Térreos	0,80	0,46	42,50%
Fachada com Pavimentos sobre LNA ou Exterior	0,70	0,57	18,57%
Fachada com Pavimentos Intermédios	0,25	0,18	28,00%
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	0,70	0,00	100,00%
Ligação Entre Duas Paredes Verticais	0,20	0,19	5,00%
Fachada com Caixa de Estore	0,00	0,00	0,00%
Fachada com Padieira/Ombreira/Peitoril	0,20	0,20	0,00%
Fachada com Varanda	0,45	0,33	26,67%

Tabela 29 - Coeficientes de Transmissão Térmica Linear (ψ)

	Ap	Taxa Ren.	N _{ic}	N _i	N _{vc}	N _v	N _{ac}	N _a	N _{tc}	N _t
	(m ²)	(RPH)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kWh/m ² .ano)	kgep/m ² .ano)	kgep/m ² .ano)
Folha de Cálculo	152,25	0,85	54,20	64,39	8,99	32,00	11,30	31,07	1,45	5,06
CYPE 2010	149,66	0,85	59,96	67,59	10,44	32,00	11,61	31,61	1,53	5,16
Diferença	1,70%	0,00%	10,63%	4,97%	16,16%	0,00%	2,74%	1,74%	5,47%	1,94%

Tabela 30 - Resumo dos Valores Nominais do Edifício

7. Conclusões e Propostas de Estudos Futuros

Com base nos resultados obtidos neste trabalho foi possível verificar que é necessário ter algum cuidado na utilização de programas de cálculo automático. Isto é aplicável tanto no caso em estudo, verificação do RCCTE [2], como para outras especialidades de um projecto de edifícios.

Em geral, a introdução de dados no programa de cálculo automático é simples e intuitiva, com excepção das paredes em contacto com o terreno e das coberturas inclinadas. No que se refere às paredes em contacto com o terreno, o programa não permite a introdução de paredes parcialmente enterradas, como se verificou no Caso B. Em relação às coberturas inclinadas, pode tornar-se algo complicado conseguir obter as cotas intermédias numa cobertura com muitas águas, como no Caso A.

Verificou-se que os resultados obtidos pelo programa não são completamente coincidentes com os obtidos aquando da utilização da folha de cálculo, desenvolvida para o efeito, pelo que se deve ter algum conhecimento de fundo para verificar se os resultados são plausíveis.

As maiores discrepâncias entre os dois modelos de cálculo foram verificadas no cálculo dos coeficientes de transmissão térmica superficial (U) e linear (ψ), o que pode ter um grande peso no resultado final da verificação térmica.

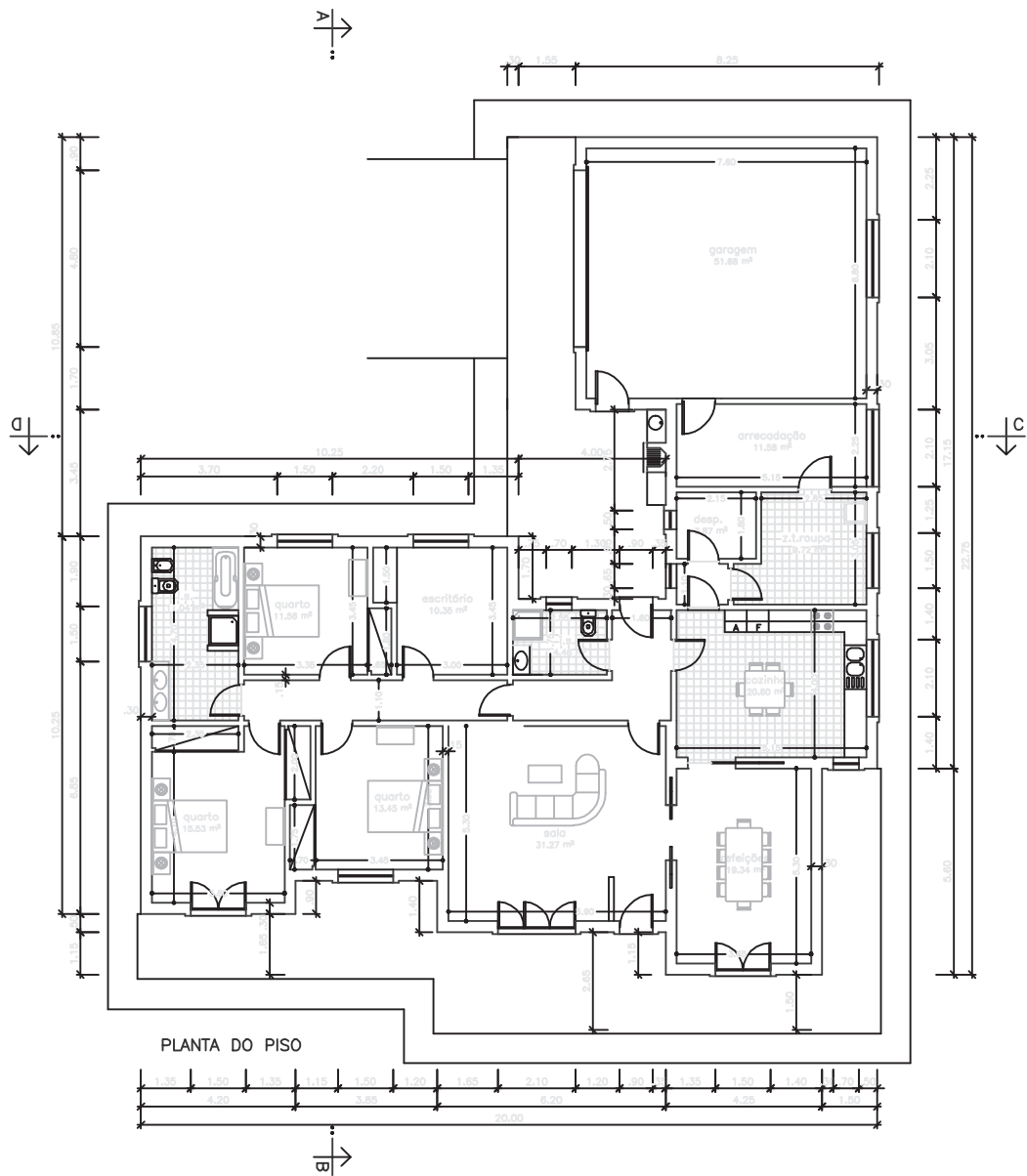
Também se verificaram diferenças na quantificação das áreas e desenvolvimentos dos diversos elementos que compõem as fracções autónomas, embora menos significativas. Isto também se pode dever a algum erro na introdução dos dados.

Neste trabalho apenas foram estudados dois projectos, ambos de moradias unifamiliares, uma apenas com rés-do-chão (Caso A), e outra com 2 pisos habitáveis (Caso B). Seria também interessante realizar o mesmo trabalho aplicado a outro tipo de edifícios, como por exemplo: edifícios multifamiliares, ou mesmo edifícios de serviços.

Referências Bibliográficas

- [1] *Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) – Decreto-Lei 78/2006*. s.l.: Porto Editora, 2006.
- [2] *RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – Decreto-Lei 80/2006*. s.l.: Porto Editora, 2006.
- [3] *RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios – Decreto-Lei 79/2006*. s.l.: Porto Editora, 2006.
- [4] **Valério, Jorge Gustavo Marques Alface Pereira**. *Avaliação do Impacte das Pontes Térmicas no Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais Correntes*. s.l.: IST, 2007.
- [5] *Norma Portuguesa NP 1037-1: 2002, Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás – Parte 1: Edifícios de Habitação. Ventilação Natural*. s.l.: IPQ, 2002.
- [6] ADENE – Agência para a Energia [online] 2010. www.adene.pt.
- [7] **Santos, Carlos Pina dos e Matias, Luís**. *ITE 50 – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente de Edifícios*. s.l.: LNEC, 2006.
- [8] **Farinha, J. S. Brazão e Reis, A. Correia**. *Tabelas Técnicas*. P.O.B.:Lisboa, 1992.
- [9] **Melo, Rui Manuel Martins**. *Desempenho Energético de Equipamentos Escolares do Ensino Básico – Aplicação a Equipamentos Escolares do Concelho do Seixal*. s.l.: ISEL, 2010

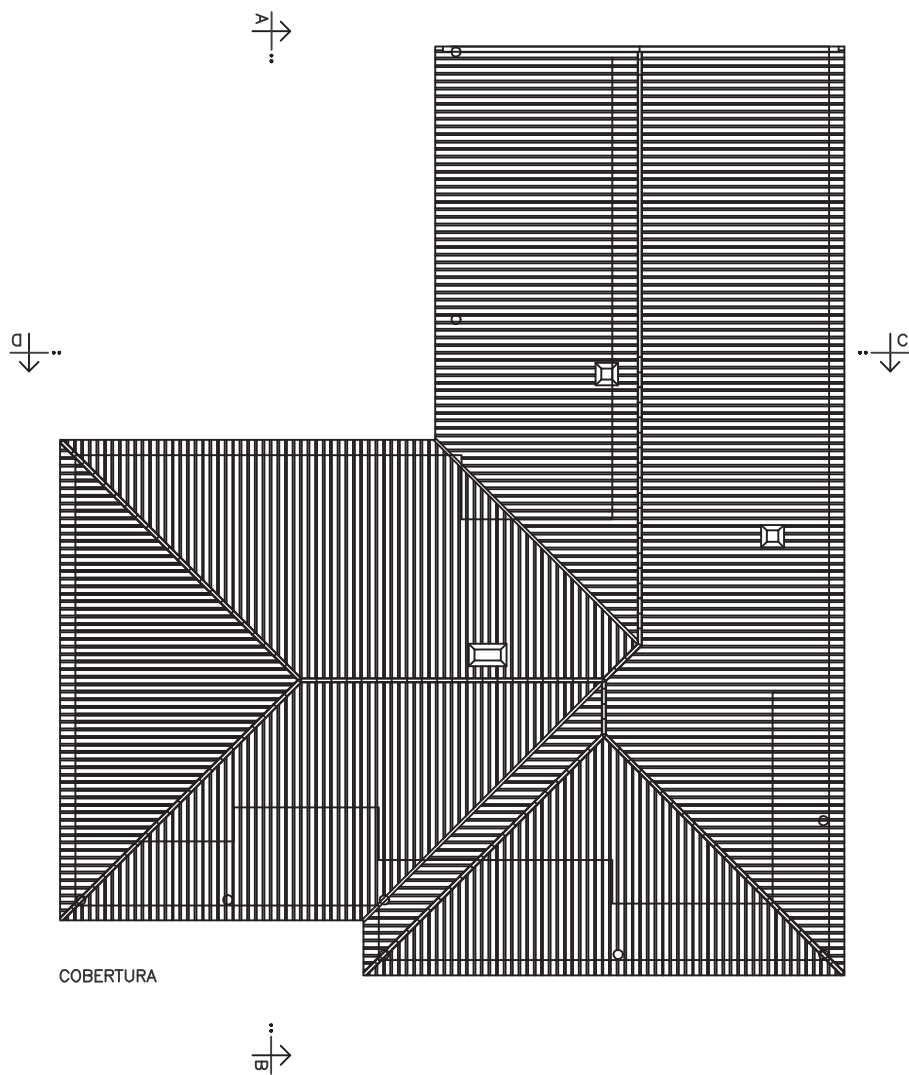
**ANEXO A – PROYECTOS DE ARQUITECTURA DOS CASOS
DE ESTUDO**



PROJECTO DE ARQUITECTURA

ATELIER DA BENEDITA
 TEL.: 262 92 86 49 FAX: 262 92 11 35

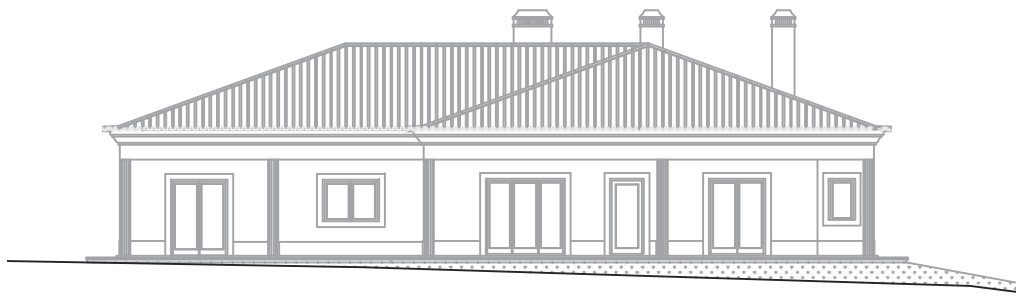
	resp.	proc.	des.
		TFM	01
CASO A – PLANTA DO PISO	esc. 1:200	data	



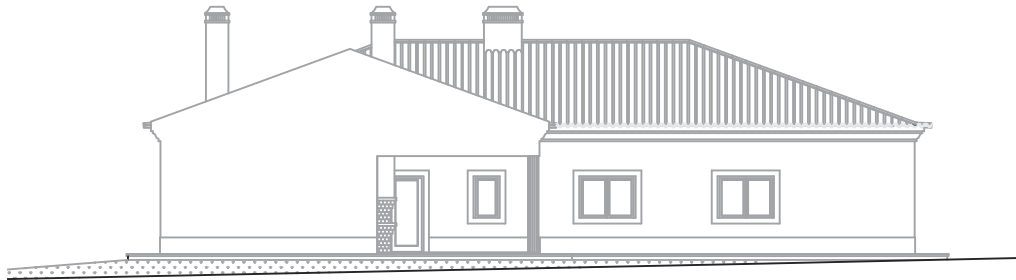
PROJECTO DE ARQUITECTURA

ATELIER DA BENEDITA
 TEL.: 262 92 86 49 FAX: 262 92 11 35

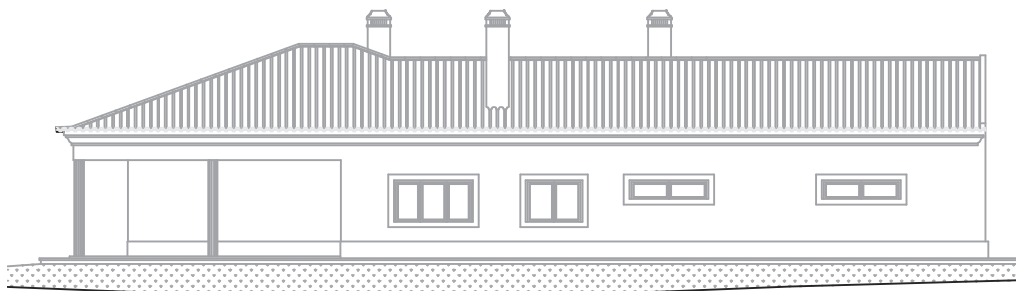
	resp.	proc.	des.
		TFM	02
CASO A – PLANTA DE COBERTURA	esc. 1:200	data	



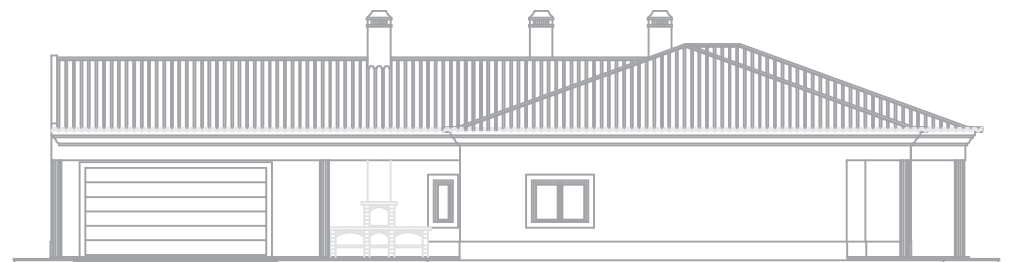
ALÇADO PRINCIPAL (SUL)



ALÇADO POSTERIOR (NORTE)



ALÇADO LAT. DIREITO (NASCENTE)



ALÇADO LAT. ESQUERDO (POENTE)

PROJECTO DE ARQUITECTURA **ATELIER DA BENEDITA**
 TEL.: 262 92 86 49 FAX: 262 92 11 35

	resp.	proc.	des.
		TFM	03
CASO A – ALÇADOS	esc. 1:200	data	



CORTE A.B



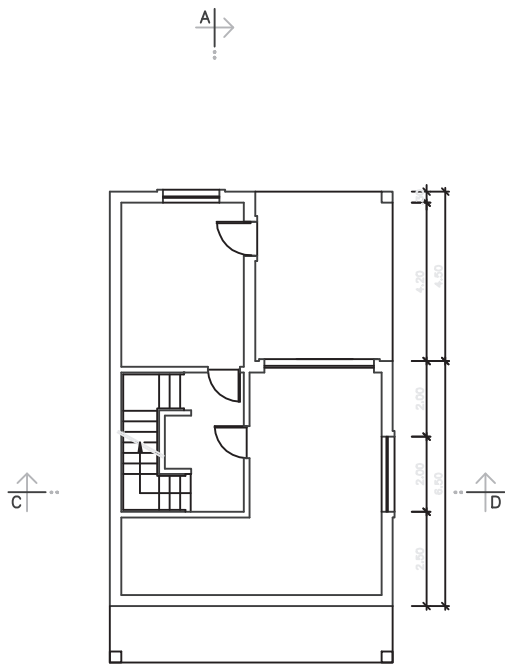
CORTE C.D

PROJECTO DE ARQUITECTURA

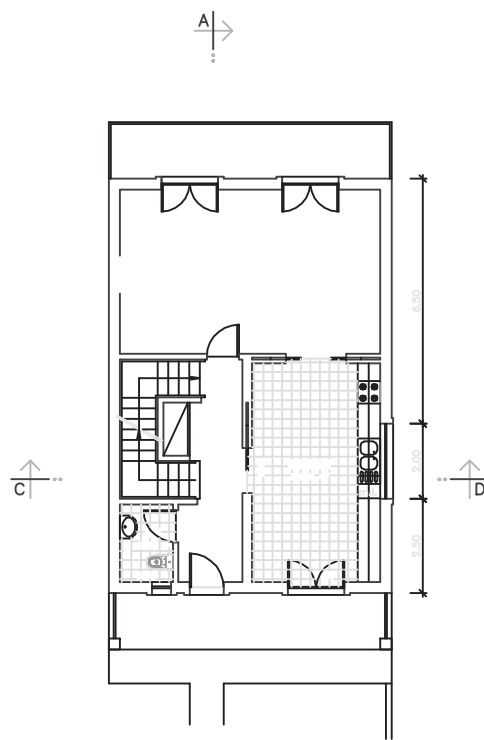
ATELIER DA BENEDITA
 TEL.: 262 92 86 49 FAX: 262 92 11 35

	resp.	proc.	des.
		TFM	04
CASO A – CORTES	esc. 1:200	data	

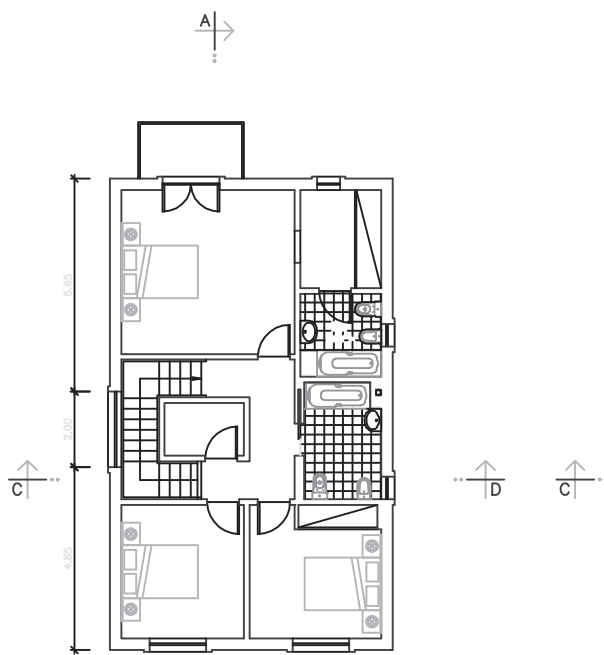
Este desenho é propriedade do Atelier da Benedita. Não pode ser utilizado ou reproduzido, no todo ou em parte, sem a sua expressa autorização.



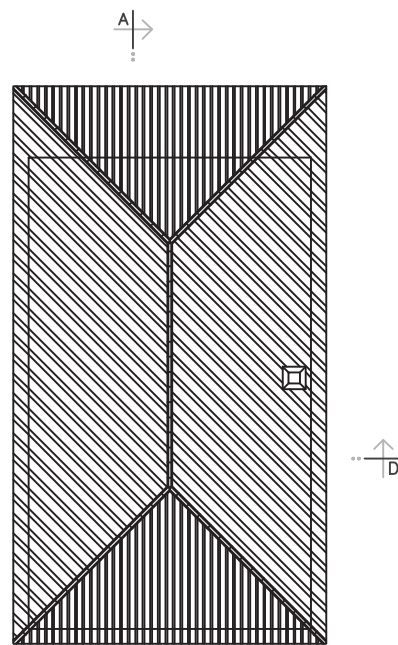
CAVE
B|→



R. CHÃO
B|→



1º ANDAR
B|→



COBERTURA
B|→

PROJECTO DE ARQUITECTURA

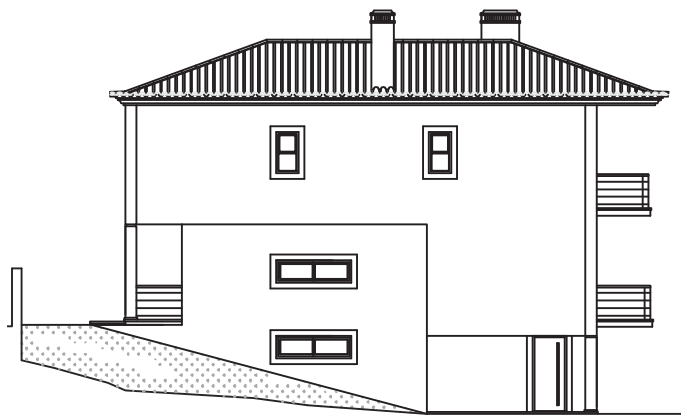
ATELIER DA BENEDITA
TEL.: 262 92 86 49 FAX: 262 92 11 35

	resp.	proc.	des.
		TFM	05
CASO B – PLANTAS	esc. 1:200	data	

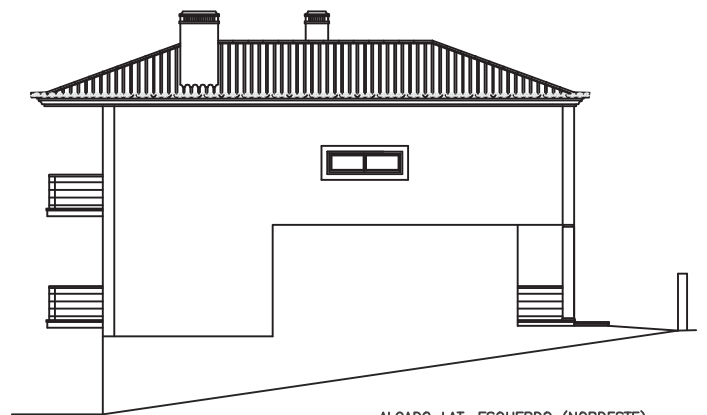
Este desenho é propriedade do Atelier da Benedita. Não pode ser utilizado ou reproduzido, no todo ou em parte, sem a sua expressa autorização.



ALÇADO PRINCIPAL (NOROESTE)



ALÇADO LAT. DIREITO (SUDESTE)



ALÇADO LAT. ESQUERDO (NORDESTE)



CORTE A.B



CORTE C.D

PROJECTO DE ARQUITECTURA

ATELIER DA BENEDITA
TEL.: 262 92 86 49 FAX: 262 92 11 35

	resp.	proc.	des.
		TFM	06
CASO B – ALÇADOS E CORTES	esc. 1:200	data	

Este desenho é propriedade do Atelier da Benedita. Não pode ser utilizado ou reproduzido, no todo ou em parte, sem a sua expressa autorização.

**ANEXO B – FICHAS DE RCCTE DO CASO A (FOLHA DE
CÁLCULO)**

FICHA Nº 1



Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)

Demonstração da conformidade regulamentar para emissão de
Licença ou autorização de Construção (nos termos da alínea a) do nº2 do artº 12)

Câmara Municipal de VILA FRANCA DE XIRA

Edifício Moradia de Rés-do-Chão

Requerente ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Localização Vila Franca de Xira

0

Nº de Fracções Autónomas: 1 Nº de Corpos: 1

Para cada Fracção Autónoma* ou corpo, incluir:

- Ficha 2 - Levantamento Dimensional
- Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos**
- Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

Técnico Responsável:

Nome _____

Inscrito na OE c/o nº _____

Data _____

Anexos:

1. Declaração de reconhecimento de capacidade profissional para aplicação do RCCTE, emitida pela Ordem dos arquitectos, da Ordem dos Engenheiros ou da ANET.
2. Termo de responsabilidade do Técnico Responsável, nos termos do disposto na alínea e) do nº2 do artigo 12º do RCCTE.
3. Declaração de conformidade regulamentar subscrita por perito qualificado, no âmbito do SCE, nos termos do disposto na alínea f) do nº2 do artigo 12º do RCCTE.

* se houver duas ou mais fracções autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

** em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as fracções autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA destinta.

FICHA Nº2

**Regulamento das Características de Comportamento
Térmico de Edifícios (RCCTE)
LEVANTAMENTO DIMENSIONAL**

nos termos do artigo 12º, nº2, alínea b

PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA (ou para um corpo de um edifício)

Edifício/FA: Moradia de Rés-do-Chão

Área útil de pavimento (m²) 162,58

Pé direito médio (em metros) 2,70

Elementos Correntes da Envolvente

Pavimentos	Designação	A m ²	U W/m ² °C
sobre exterior	Pavimento	0,00	
sobre LNA	Pavimento	0,00	
Total		0,00	

Paredes	Designação	A m ²	U W/m ² °C
exteriores	PEE-N	25,60	0,50
	PEE-S	30,67	0,50
	PEE-W	25,77	0,50
	PEE-E	26,43	0,50
	PEE-NE	0,00	
	PEE-SW	0,00	
	PEE-NW	0,00	
	PEE-SE	0,00	
Total		108,45	

interiores	PEI	11,80	0,73
Total		11,80	

PT Planas interiores	Total	0,00	
Total		0,00	

Coberturas	Designação	A m ²	U W/m ² °C
Exteriores	Total	0,00	
Interiores	Total	159,45	0,40
Total		159,45	

Elementos em Contacto com o Solo

Designação		B m	Ψ W/m°C
Pavimentos	Total	53,95	1,20
Paredes	Total	0,00	

Pontes Térmicas Lineares

Fachada c/ Pavimento:	Designação	B m	Ψ W/m°C
Térreo	Total	53,95	0,60
Intermédios	Total	0,00	
Sobre LNA ou Exterior	Total	0,00	

Fachada com:	Designação	B m	Ψ W/m°C
cobertura	Total	53,95	0,70
varanda	Total	0,00	
caixa d'estore	Total	37,40	0,00
peitoril/padieira	Total	55,80	0,20

Ligação entre:	Designação	B m	Ψ W/m°C
duas paredes	Total	21,60	0,20

Ceficientes de absorção (α)

Parede	Cobertura
0,40	

FICHA Nº3

**Regulamento das Características de Comportamento
Térmico de Edifícios (RCCTE)**
Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos para a envolvente
(nos termos da alínea d) do nº2 do artº 12)

Edifício Moradia de Rés-do-Chão

Fracção Autónoma 0

Inércia Térmica FORTE

a) U máximo (Máximos Regulamentares): soluções adoptadas

<u>1,80</u>	(W/m ² °C)	Fachadas exteriores	<u>0,50</u>	(W/m ² °C)
	(W/m ² °C)	coberturas exteriores		(W/m ² °C)
	(W/m ² °C)	Pavimentos s/ exterior		(W/m ² °C)
<u>2,00</u>	(W/m ² °C)	Paredes da envolvente interior	<u>0,73</u>	(W/m ² °C)
	(W/m ² °C)	Pavimentos interiores		(W/m ² °C)
<u>1,65</u>	(W/m ² °C)	coberturas da envolvente interior	<u>0,40</u>	(W/m ² °C)
<u>1,0</u>	(W/m ² °C)	Pontes térmicas	<u>1,0</u>	(W/m ² °C)

b) F. Solares dos Envidraçados - Soluções adoptadas (Verão) e Máximos Regulamentares:

Tipo de protecção solar:	<u>0,26</u>	<u>0,50</u>
Tipo de protecção solar:		
Tipo de protecção solar:		

c) Pontes Térmicas Planas - U das soluções adoptadas e Valores Máximos Regulamentares:

<u>0,68</u>	(W/m ² °C)	Pilares	<u>1,00</u>	(W/m ² °C)
<u>0,68</u>	(W/m ² °C)	Vigas	<u>1,00</u>	(W/m ² °C)
<u>0,95</u>	(W/m ² °C)	Cx. Estore	<u>1,00</u>	(W/m ² °C)

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> CAIXAS DE ESTORES (SE EXISTIREM) | <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E LAJES DE COBERTURA |
| <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E VIGAS | <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E PAVIMENTOS ENTERRADOS |
| <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E PILARES | <input checked="" type="checkbox"/> MONTAGEM DE CAIXILHARIAS |
| <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E LAJES DE PAVIMENTO | |

Técnico Responsável:

Nome:

Data: _____ **Assinatura** _____

Folha de Cálculo FC IV.1a
Perdas associadas à envolvente exterior

1. Perdas pelas paredes exteriores:

	A m ²	U _{med} W/m ² °C	U.A W/°C
PEE-N	25,60	0,50	12,80
PEE-S	30,67	0,50	15,33
PEE-W	25,77	0,50	12,88
PEE-E	26,43	0,50	13,21
PEE-NE	0,00		
PEE-SW	0,00		
PEE-NW	0,00		
PEE-SE	0,00		
Portas Exteriores	3,60	2,55	9,18
Total	112,05		63,41

Total 63,4

2. Perdas pelos pavimentos exteriores:

	A m ²	U W/m ² °C	U.A W/°C
Não Aplicável	0,00		
Total	0,00		0,00

Total 0,0

3. Perdas pelas coberturas exteriores:

	A m ²	U W/m ² °C	U.A W/°C
Não Aplicável	0,00		
Total	0,00		0,00

Total 0,0

4. Perdas pelas paredes e pavimentos em contacto com o solo:

	B (m)	Ψ W/m °C	Σ Ψ.B W/°C
Paredes	0,00		
Pavimentos	53,95	1,20	64,74
Total	53,95		64,74

Total 64,7

5. Perdas pelas pontes térmicas planas:

	A m ²	U W/m ² °C	U.A W/°C
Pilares	1,08	0,68	0,73
Vigas	8,28	0,68	5,63
Caixas de Estore	4,05	0,95	3,85
Total	13,41		10,21

Total 10,2

6. Perdas pelas pontes térmicas lineares:

Ligações entre:	Comp. B (m)	Ψ W/m °C	Σ Ψ.B W/°C
Fachada com Pavimentos Térreos	53,95	0,60	32,37
Fachada com Pavimentos sobre LNA ou Exterior	0,00		
Fachada com Pavimentos Intermédios	0,00		
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	53,95	0,70	37,77
Fachada com Varanda	0,00		
Duas Paredes Verticais	21,60	0,20	4,32
Fachada com Caixa de Estore	37,40	0,00	0,00
Fachada com Perímetro Envidraçado	55,80	0,20	11,16
Não considerada no RCCTE	0,00		0,00
Total			85,6

85,6

Total de perdas pela envolvente exterior (W/°C)..... 224,0

Folha de Cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

1. Perdas pelas paredes em contacto com espaços não-úteis ou edif. Adj.	A m ²	U _{med} W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Paredes da Envolvente Interior	11,80	0,73	0,60	5,16	
Portas	1,70	2,07	0,60	2,12	
	13,50	A.τ =	8,10	Total	7,3

2. Perdas pelos pavimentos sobre espaços não-úteis:	A m ²	U W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Pavimentos sobre LNA	0,00				
		A.τ =	0,00	Total	

3. Perdas por coberturas interiores: (tectos sob espaços não úteis)	A m ²	U W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Coberturas da Envolvente Interior	159,45	0,40	0,80	51,04	
		A.τ =	127,56	Total	51,0

4. Perdas por vãos envidraçados em contacto c/ espaços não-úteis:	A m ²	U W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Não Aplicável	0,00				
	0,00	A.τ =	0,00	0,00	0,0
				Total	

5. Perdas por pontes térmicas lineares <small>(apenas para paredes de separação para espaços não-úteis c/ τ > 0,7)</small>	B m	Ψ W/m ² °C	τ (-)	Ψ.B.τ W/°C	
Fachada com Pavimentos Térreos	0,00				
Fachada com Pavimentos sobre LNA ou Exterior	0,00				
Fachada com Pavimentos Intermédios	0,00				
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	0,00				
Duas Paredes Verticais	0,00				
Fachada com Caixa de Estore	0,00				
Fachada com Perímetro Envidraçado	0,00				
Não considerada no RCCTE	0,00				
				0,00	
				Total	0,0

6. Perdas por pontes térmicas planas <small>(em pilares e vigas para espaços não-úteis c/ τ > 0,7)</small>	A m ²	U W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Pilares	0,00				
Vigas	0,00				
Caixas de Estore	0,00				
	0,00	A.τ =	0,00	0,00	
				Total	0,0

Total de perdas pela envolvente interior (W/°C).....

58,3

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

- Zonas comuns em edifícios com mais de uma fracção autónoma;
- Edifícios anexos;
- Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;
- Sotões não-habitados.

Folha de Cálculo FC IV.1c**Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores**

Tipo de envidraçado	A m ²	U W/m ² °C	U.A W/°C
Envidraçados a Norte	3,63	2,70	9,80
Envidraçados a Sul	12,62	2,70	34,07
Envidraçados a Oeste	1,65	2,70	4,46
Envidraçados a Este	2,31	2,70	6,24
Envidraçados a Nordeste	0,00		
Envidraçados a Noroeste	0,00		
Envidraçados a Sudeste	0,00		
Envidraçados a Sudoeste	0,00		
Envidraçados Horizontais	0,00		
Total	20,21		54,57

Total**54,6****Total de perdas pelos Envidraçados exteriores (W/°C).....****54,6**

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

Área útil de pavimento A_p (m ²).....	162,58	(m ²)
	x	
Pé direito médio (m).....	2,70	(m)
	=	
Volume interior (m ³).....	438,96	(m ³)

Ventilação natural

	S	
Cumpra a NP 1037-1 ?	(S ou N) N	se SIM: RPH= 0,0
se NÃO:		
Classe da caixilharia (s/c 1,2 ou 3)	3	
Caixas de estores (S ou N)	S	
Classe de exposição (1,2, 3 ou 4)	2	Só Vent. Nat. 0,90
Dispositivos de Admissão na Fachada? (S ou N)	N	
Aberturas auto-reguladas (S ou N)	N	0,00
Area de envidraçados > 15% A_p ? (S=>+0.10) (S ou N)	N	0,00
Portas exteriores bem vedadas? (S=>-0.05) (S ou N)	S	-0,05
		Taxa de renovação nominal :
		RPH= 0,85

Ventilação mecânica (excluindo exaustor de cozinha)

Caudal médio de insuflação	V _{ins} (m ³ /h) 0	
Caudal médio extraído	V _{ev} (m ³ /h) 0	V _f / V
Diferença entre V _{ins} e V _{ev}	(m ³ /h) 0	V _f = 0 0,00
Infiltrações	V _x / V = 0,7	(RPH)
Recuperador de calor ?	(S ou N) N	V _x / V
		V = 0,0 0,0
		(volume int.) (RPH)
		se SIM: η = 0,0
Taxa de renovação nominal	só Vent mec. (mínimo: 0,6) 0,70	((V _f /V+V _x /V) (1-η)) 0,70
soma das potências eléctricas de todos os ventiladores instalados (W)	0	
Consumo de electricidade para os ventiladores	0,00	(E _v = P _v .24.0,03M (kWh))

Volume	(m ³) 438,96	
	x	
Taxa de renovação nominal	(Rph) 0,85	
	x	
	0,34	
	=	
Total de perdas por renovação de ar (W/°C)		126,9

Folha de Cálculo FC IV.1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i)

FACTOR DE FORMA

<i>Das FC IV.1a e 1c: (ÁREAS)</i>	(m ²)
Paredes exteriores.....	125,46
Pavimentos exteriores.....	0,00
Coberturas exteriores.....	0,00
Envidraçados exteriores.....	20,21
<i>Da FC IV.1b: (Áreas Equivalente a $A \cdot \tau =$</i>	(m ²)
Paredes interiores.....	8,10
Pavimentos interiores.....	0,00
Coberturas interiores.....	127,56
Envidraçados interiores.....	0,00
Área Total.....	281,32
	/
Volume (da FC IV.1d).....	438,96
	=
FF.....	0,64

Graus-Dia no Local (°C. Dia)..... 1220,0

Ni=4,5+0,0395.GD	para: FF < 0,5
Ni=4,5+(0,021+0,037.FF).GD	para: 0,5 < FF < 1
Ni=(4,5+(0,021+0,037.FF).GD).(1,2-0,2.FF)	para: 1 < FF < 1,5
Ni=4,05+0,06885.GD	para: FF > 1,5

Necessidades Nom. de Aquecimento Máximas - Ni (kWh/m².ano)..... **59,0**

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do indicador *Nic*

Perdas térmicas associadas a:		(W/°C)
Envolvente Exterior	(da FC IV.1a)	224,0
Envolvente Interior	(da FC IV.1b)	58,3
Vãos Envidraçados	(da FC IV.1c)	54,6
Renovação de Ar	(da FC IV.1d)	126,9

	=	
Coefficiente Global de Perdas (W/°C).....		463,7
	x	
Graus-Dia no Local (°C. Dia).....		1220
	x	
		0,024
	=	
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano).....		13577,6
	+	
Consumo dos ventiladores (kWh/ano) (Ev=0,720 Pv M)		0,00
	-	
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano).....		4128,46
	=	
Necessidades de aquecimento (kWh/ano).....		9449,09
	/	
Área útil de pavimento (m2).....		162,58
	=	

Necessidades Nom. de Aquecimento - <i>Nic</i> (kWh/m ² .ano).....	58,12
	<
Necessidades Nom. de Aquecimento Máx. - <i>Ni</i> (kWh/m ² .ano).....	59,05

Folha de Cálculo FC V.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores	FC IV.1a	73,61	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores	FC IV.1a	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores	FC IV.1a	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores	FC IV.1c	54,57	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	FC IV.1d	126,86	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	255,0	(W/°C)

Temperatura interior de referência (Verão)		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperaturas interior - exterior		2	(°C)
		x	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	255,04	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q _{1b})	1494	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1e

Ganhos internos

Ganhos internos médios.....	4	(w/m ²)
	x	
Área útil de pavimento.....	162,58	(m ²)
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos totais.....	1904	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	FC V.1d	462	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	FC V.1c	437	(kWh)
		+	
Ganhos internos	FC V.1e	1904	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		2803	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (N_{vc})

Ganhos térmicos totais	FC V.1f	<input type="text" value="2802,5"/>	(kWh)
		/	
Perdas térmicas totais	FC V.1a	<input type="text" value="1494"/>	(kWh)
		=	
γ		<input type="text" value="1,88"/>	
Inércia do edifício	<input type="text" value="FORTE"/>	a=	<input type="text" value="4,2"/>

		<input type="text" value="1"/>	
		-	
Factor de utilização dos ganhos solares	η	<input type="text" value="0,515"/>	
		=	
		<input type="text" value="0,485"/>	
		x	
Ganhos térmicos totais	FC V.1f	<input type="text" value="2803"/>	(kWh)
		=	
Necessidades brutas de arrefecimento		<input type="text" value="1361"/>	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores, não incluindo o da cozinha	($E_v=24.0,03.4.P_v$)	<input type="text" value="0,0"/>	
		=	
Total		<input type="text" value="1361"/>	(kWh/ano)
		/	
Área útil de pavimento		<input type="text" value="162,58"/>	(m ²)
		=	
Necessidades nominais de arrefecimento (N_{vc})	(kWh/m ² .ano)	<input type="text" value="8,37"/>	
		<	
Necessidades nominais de arref. máximas (N_v)	(kWh/m ² .ano)	<input type="text" value="32"/>	

**Cálculo das necessidades de energia
para a preparação de água quente sanitária**

Consumo médio diário por ocupante	(Litros)		40
			x
Número de ocupantes			6
			=
Consumo médio diário de referência de AQS	(Litros/dia)	MAQS	240
			x
			4187
			x
Aumento de temp. necessário para preparar AQS	(°C)	Δt	45
			x
Número anual de dias de consumo de AQS		η_d	365
			=
			1,7E+10
			/
			3600000
			=
Contribuição de sistemas convencionais de preparação de AQS		Q_a	4585
			-
Contribuição de energias renováveis na preparação de AQS		$E_{solar} + E_{ren}$	0
			=
			4585
			/
Eficiência de conv. do sistema de preparação das AQS		η_a	0,89
			=
		Q_a / η_a	5126
			-
Contribuição de sistemas solares de preparação de AQS		E_{solar}	2704
			-
Contribuição de outros sistemas de preparação de AQS		E_{ren}	0
			=
			2422
			/
Área útil do pavimento (m2)		A_p	162,58
			=

Necessidades de energia p/prep. de AQS	(kWh/m ² .ano)	N_{ac}	14,90
			<
Limite máx. das nec.de energia para AQS	(kWh/m ² .ano)	N_a	43,64

Cálculo das necessidades nominais globais

de energia primária do edifício

			0,1
			x
- Necessidades Nominais de Aquecimento	(kW/m ² .ano)	N _{ic}	58,12
			/
Factor correctivo		η _i	4,00
			x
Factor de conversão		F _{Pui}	0,290
			+
			0,1
			x
- Necessidades nominais de arrefecimento	(kW/m ² .ano)	N _{vc}	8,37
			/
Factor correctivo		η _v	3
			x
Factor de conversão		F _{Puv}	0,29
			+
- Necessidades de energia p/prep. de AQS	(kW/m ² .ano)	N _{ac}	14,90
			x
Factor de conversão		F _{Pua}	0,086
			=
Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária	(kgep/m ² .ano)	N _{tc}	1,78

			0,01
			x
Necessidades Nom. de Aquecimento Máx.	(kW/m ² .ano)	N _i	59,05
			+
			0,01
			x
Necessidades nominais de arref. máximas	(kW/m ² .ano)	N _v	32,00
			+
			0,15
			x
Limite máx. das nec. de energia p/prep. de AQS	(kW/m ² .ano)	N _a	43,64
			=
			7,46
			x
			0,90
			=
Valor máximo admissível de energia primária	(kgep/m ² .ano)	N _t	6,71

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária

(kgep/m².ano)

N_{tc}

1,78

Valor máximo admissível de energia primária

(kgep/m².ano)

N_t

6,71

<

**ANEXO C – FICHAS DE RCCTE DO CASO B (FOLHA DE
CÁLCULO)**

FICHA Nº 1



Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)

Demonstração da conformidade regulamentar para emissão de
Licença ou autorização de Construção (nos termos da alínea a) do nº2 do artº 12)

Câmara Municipal de VILA FRANCA DE XIRA

Edifício Moradia Unifamiliar

Requerente ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Localização Vila Franca de Xira

0

Nº de Fracções Autónomas: 1 Nº de Corpos: 1

Para cada Fracção Autónoma* ou corpo, incluir:

- Ficha 2 - Levantamento Dimensional
- Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos**
- Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

Técnico Responsável:

Nome _____

Inscrito na OE c/o nº _____

Data _____

Anexos:

1. Declaração de reconhecimento de capacidade profissional para aplicação do RCCTE, emitida pela Ordem dos arquitectos, da Ordem dos Engenheiros ou da ANET.
2. Termo de responsabilidade do Técnico Responsável, nos termos do disposto na alínea e) do nº2 do artigo 12º do RCCTE.
3. Declaração de conformidade regulamentar subscrita por perito qualificado, no âmbito do SCE, nos termos do disposto na alínea f) do nº2 do artigo 12º do RCCTE.

* se houver duas ou mais fracções autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

** em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as fracções autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA destinta.

FICHA Nº2

**Regulamento das Características de Comportamento
Térmico de Edifícios (RCCTE)
LEVANTAMENTO DIMENSIONAL**

nos termos do artigo 12º, nº2, alínea b

PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA (ou para um corpo de um edifício)

Edifício/FA: Moradia Unifamiliar

Área útil de pavimento (m²) 152,25

Pé direito médio (em metros) 2,72

Elementos Correntes da Envolvente

Pavimentos	Designação	A m ²	U W/m ² °C
sobre exterior	Pavimento	21,76	0,58
sobre LNA	Pavimento	40,82	0,55
Total		62,58	

Paredes	Designação	A m ²	U W/m ² °C
exteriores	PEE-N	0,00	
	PEE-S	0,00	
	PEE-W	0,00	
	PEE-E	0,00	
	PEE-NE	55,17	0,55
	PEE-SW	49,99	0,50
	PEE-NW	24,05	0,50
	PEE-SE	22,99	0,50
Total		152,20	

interiores	PEI	15,03	0,73
Total		15,03	

PT Planas interiores	Total	0,65	0,83
Total		0,65	

Coberturas	Designação	A m ²	U W/m ² °C
Exteriores	Total	0,00	
Interiores	Total	76,19	0,40
Total		76,19	

Elementos em Contacto com o Solo

Designação		B m	Ψ W/m°C
Pavimentos	Total	2,29	1,20
Paredes	Total	1,43	0,40

Pontes Térmicas Lineares

Fachada c/ Pavimento:	Designação	B m	Ψ W/m°C
Térreo	Total	2,29	0,80
Intermédios	Total	59,64	0,25
Sobre LNA ou Exterior	Total	39,10	0,70

Fachada com:	Designação	B m	Ψ W/m°C
cobertura	Total	36,55	0,70
varanda	Total	0,00	
caixa d'estore	Total	44,10	0,00
peitoril/padieira	Total	68,00	0,20

Ligação entre:	Designação	B m	Ψ W/m°C
duas paredes	Total	21,60	0,20

Ceficientes de absorção (α)

Parede	Cobertura

FICHA Nº3

**Regulamento das Características de Comportamento
Térmico de Edifícios (RCCTE)**
Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos para a envolvente
(nos termos da alínea d) do nº2 do artº 12)

Edifício Moradia Unifamiliar

Fracção Autónoma 0

Inércia Térmica FORTE

a) U máximo (Máximos Regulamentares): soluções adoptadas

<u>1,80</u>	(W/m ² °C)	Fachadas exteriores	<u>0,62</u>	(W/m ² °C)
	(W/m ² °C)	coberturas exteriores		(W/m ² °C)
<u>1,25</u>	(W/m ² °C)	Pavimentos s/ exterior	<u>0,58</u>	(W/m ² °C)
<u>2,00</u>	(W/m ² °C)	Paredes da envolvente interior	<u>0,73</u>	(W/m ² °C)
<u>1,65</u>	(W/m ² °C)	Pavimentos interiores	<u>0,56</u>	(W/m ² °C)
<u>1,65</u>	(W/m ² °C)	coberturas da envolvente interior	<u>0,40</u>	(W/m ² °C)
<u>1,2</u>	(W/m ² °C)	Pontes térmicas	<u>1,0</u>	(W/m ² °C)

b) F. Solares dos Envidraçados - Soluções adoptadas (Verão) e Máximos Regulamentares:

Tipo de protecção solar: 0,26 0,50

Tipo de protecção solar: _____

Tipo de protecção solar: _____

c) Pontes Térmicas Planas - U das soluções adoptadas e Valores Máximos Regulamentares:

<u>0,68</u>	(W/m ² °C)	Pilares	<u>1,24</u>	(W/m ² °C)
<u>0,68</u>	(W/m ² °C)	Vigas	<u>1,24</u>	(W/m ² °C)
<u>0,95</u>	(W/m ² °C)	Cx. Estore	<u>1,24</u>	(W/m ² °C)

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> CAIXAS DE ESTORES (SE EXISTIREM) | <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E LAJES DE COBERTURA |
| <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E VIGAS | <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E PAVIMENTOS ENTERRADOS |
| <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E PILARES | <input checked="" type="checkbox"/> MONTAGEM DE CAIXILHARIAS |
| <input checked="" type="checkbox"/> LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E LAJES DE PAVIMENTO | |

Técnico Responsável:

Nome:

Data: _____ **Assinatura** _____

Folha de Cálculo FC IV.1a

Perdas associadas à envolvente exterior

1. Perdas pelas paredes exteriores:

	A m ²	U _{med} W/m ² °C	U.A W/°C
PEE-N	0,00		
PEE-S	0,00		
PEE-W	0,00		
PEE-E	0,00		
PEE-NE	55,17	0,55	30,22
PEE-SW	49,99	0,50	24,99
PEE-NW	24,05	0,50	12,03
PEE-SE	22,99	0,50	11,50
Portas Exteriores	0,00	0,00	
Total	152,20		78,74

Total 78,7

2. Perdas pelos pavimentos exteriores:

	A m ²	U W/m ² °C	U.A W/°C
Pavimento da Envolvente Exterior	21,76	0,58	12,62
Total	21,76		12,62

Total 12,6

3. Perdas pelas coberturas exteriores:

	A m ²	U W/m ² °C	U.A W/°C
Não Aplicável	0,00		
Total	0,00		0,00

Total 0,0

4. Perdas pelas paredes e pavimentos em contacto com o solo:

	B (m)	Ψ W/m °C	Σ Ψ.B W/°C
Paredes	1,43	0,40	0,57
Pavimentos	2,29	1,20	2,74
Total	3,72		3,32

Total 3,3

5. Perdas pelas pontes térmicas planas:

	A m ²	U W/m ² °C	U.A W/°C
Pilares	2,20	0,68	1,50
Vigas	12,61	0,68	8,57
Caixas de Estore	4,70	0,95	4,47
Total	19,51		14,54

Total 14,5

6. Perdas pelas pontes térmicas lineares:

Ligações entre:	Comp. B (m)	Ψ W/m °C	Σ Ψ.B W/°C
Fachada com Pavimentos Têrreos	2,29	0,80	1,83
Fachada com Pavimentos sobre LNA ou Exterior	39,10	0,70	27,37
Fachada com Pavimentos Intermédios	59,64	0,25	14,91
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	36,55	0,70	25,59
Fachada com Varanda	0,00		
Duas Paredes Verticais	21,60	0,20	4,32
Fachada com Caixa de Estore	44,10	0,00	0,00
Fachada com Perímetro Envidraçado	68,00	0,20	13,60
Não considerada no RCCTE	0,00		0,00
Total			87,6

Total 87,6

Total de perdas pela envolvente exterior (W/°C)..... **196,8**

Folha de Cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à envolvente interior

1. Perdas pelas paredes em contacto com espaços não-úteis ou edif. Adj.	A m ²	U _{med} W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Paredes da Envolvente Interior	15,03	0,73	0,54	5,95	
Portas	3,40	2,07	0,73	5,11	
	18,43	A.τ =	10,63	Total	11,1

2. Perdas pelos pavimentos sobre espaços não-úteis:	A m ²	U W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Pavimentos sobre LNA	40,82	0,55	0,66	14,70	
		A.τ =	26,77	Total	14,7

3. Perdas por coberturas interiores: (tectos sob espaços não úteis)	A m ²	U W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Coberturas da Envolvente Interior	76,19	0,40	0,80	24,39	
		A.τ =	60,95	Total	24,4

4. Perdas por vãos envidraçados em contacto c/ espaços não-úteis:	A m ²	U W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Não Aplicável	0,00				
	0,00	A.τ =	0,00	Total	0,0

5. Perdas por pontes térmicas lineares <i>(apenas para paredes de separação para espaços não-úteis c/ τ > 0,7)</i>	B m	Ψ W/m ² °C	τ (-)	Ψ.B.τ W/°C	
Fachada com Pavimentos Térreos	1,41	0,60	0,95	0,80	
Fachada com Pavimentos sobre LNA ou Exterior	0,00				
Fachada com Pavimentos Intermédios	5,55	0,10	0,95	0,53	
Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço	0,00				
Duas Paredes Verticais	0,00				
Fachada com Caixa de Estore	0,00				
Fachada com Perímetro Envidraçado	0,00				
Não considerada no RCCTE	0,00				
				1,33	
				Total	1,3

6. Perdas por pontes térmicas planas <i>(em pilares e vigas para espaços não-úteis c/ τ > 0,7)</i>	A m ²	U W/m ² °C	τ (-)	A.U.τ W/°C	
Pilares	0,00				
Vigas	0,65	0,83	0,95	0,51	
Caixas de Estore	0,00				
	0,65	A.τ =	0,62	Total	0,5

Total de perdas pela envolvente interior (W/°C).....

52,0

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

- Zonas comuns em edifícios com mais de uma fracção autónoma;
- Edifícios anexos;
- Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;
- Sotões não-habitados.

Folha de Cálculo FC IV.1c

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Tipo de envidraçado	A m ²	U W/m ² °C	U.A W/°C
Envidraçados a Norte	0,00		
Envidraçados a Sul	0,00		
Envidraçados a Oeste	0,00		
Envidraçados a Este	0,00		
Envidraçados a Nordeste	1,20	2,70	3,24
Envidraçados a Noroeste	8,65	2,70	23,36
Envidraçados a Sudeste	9,66	2,70	26,08
Envidraçados a Sudoeste	2,52	2,70	6,80
Envidraçados Horizontais	0,00		
Total	22,03		59,48

Total

59,5

Total de perdas pelos Envidraçados exteriores (W/°C).....

59,5

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

Área útil de pavimento A_p (m ²).....	152,25	(m ²)
	x	
Pé direito médio (m).....	2,72	(m)
	=	
Volume interior (m ³).....	414,23	(m ³)

Ventilação natural

	S	
Cumprir a NP 1037-1 ?	(S ou N) N	se SIM: RPH= 0,0
se NÃO:		
Classe da caixilharia	(s/c 1,2 ou 3) 3	
Caixas de estores	(S ou N) S	
Classe de exposição	(1,2, 3 ou 4) 2	Só Vent. Nat. 0,90
Dispositivos de Admissão na Fachada?	(S ou N) N	
Aberturas auto-reguladas	(S ou N) N	0,00
Área de envidraçados > 15% A_p ? (S=>+0.10)	(S ou N) N	0,00
Portas exteriores bem vedadas? (S=>-0.05)	(S ou N) S	-0,05
		Taxa de renovação nominal : RPH= 0,85

Ventilação mecânica (excluindo exaustor de cozinha)

Caudal médio de insuflação	V _{ins} (m ³ /h) 0	
Caudal médio extraído	V _{ev} (m ³ /h) 0	V _f = 0
Diferença entre V _{ins} e V _{ev}	(m ³ /h) 0	V _f / V 0,00
Infiltrações	V _x / V = 0,7	(RPH)
Recuperador de calor ?	(S ou N) N	V _x / V 0,0
		(volume int.) (RPH)
		se SIM: η = 0,0
Taxa de renovação nominal	só Vent mec. (mínimo: 0,6) 0,70	((V _f /V+V _x /V) (1-η)) 0,70
soma das potências eléctricas de todos os ventiladores instalados (W)	0	
Consumo de electricidade para os ventiladores	0,00	(E _v = P _v .24.0,03M (kWh))

Volume	(m ³) 414,23	
	x	
Taxa de renovação nominal	(Rph) 1	
	x	
	0,34	
	=	
Total de perdas por renovação de ar (W/°C)		119,7

Folha de Cálculo FC IV.1e

Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

1. Ganhos solares:

Refº/orientação do vão envidraçado	Tipo de envidraçado (simples/duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor solar do vidro g _L (-)	Factor de obst. Fs(-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de sel. Angular Fw (-) INV.	Área Efectiva AE (m ²)
ENV1	D	3,00	0,84	0,63	0,54	0,70	0,90	0,54
ENV2	D	3,00	0,84	0,63	0,77	0,70	0,90	0,77
ENV3	D	1,20	0,84	0,63	0,63	0,70	0,90	0,25
ENV4	D	3,00	0,33	0,63	0,79	0,70	0,90	0,32
ENV5	D	1,80	0,33	0,63	0,78	0,70	0,90	0,19
ENV6	D	0,55	0,33	0,63	0,72	0,70	0,90	0,06
ENV7	D	3,00	0,84	0,63	0,46	0,70	0,90	0,46
ENV8	D	0,66	0,84	0,63	0,38	0,70	0,90	0,08
ENV9	D	0,66	0,84	0,63	0,64	0,70	0,90	0,14
ENV10	D	0,66	0,84	0,63	0,64	0,70	0,90	0,14
ENV11	D	1,65	0,33	0,63	0,86	0,70	0,90	0,19
ENV12	D	1,65	0,33	0,63	0,86	0,70	0,90	0,19
ENV13	D	1,20	0,33	0,63	0,86	0,70	0,90	0,14
0								
0								
0								
0								

22,03

Total= 3,47

Área Efectiva Total Equivalente na orientação sul (m2)..... 3,5

Radiação incidente num envidraçado a sul G_{sol} na zona climática I1 (Quadro III.8) x
108

Duração da estação de aquecimento (meses)..... (Quadro III.1) x
5,3

Ganhos solares brutos (kWh/ano)..... **1989**

2. Ganhos internos:

Ganhos internos médios.....	4	(w/m ²)
	x	
Duração da estação de aquecimento.....	5,3	(meses)
	x	
Área útil de pavimento.....	152,25	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos internos brutos.....	2324	(kWh/ano)

3. Ganhos Totais Úteis:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos solares brutos} + \text{Ganhos internos brutos}}{\text{Nec. Brutas de aquecimento (FC IV.2)}}$	4313	
	12532	
Inércia do edifício FORTE a= 4,2 $\gamma =$ 0,34		
Factor de utilização dos ganhos solares η	0,99	
	x	
Ganhos solares brutos + Ganhos internos	4313	
	=	
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano).....	4281	

Folha de Cálculo FC IV.1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i)

FACTOR DE FORMA

<i>Das FC IV.1a e 1c: (ÁREAS)</i>	(m ²)
Paredes exteriores.....	171,71
Pavimentos exteriores.....	21,76
Coberturas exteriores.....	0,00
Envidraçados exteriores.....	22,03
<i>Da FC IV.1b: (Áreas Equivalente a A . τ =</i>	(m ²)
Paredes interiores.....	11,28
Pavimentos interiores.....	26,77
Coberturas interiores.....	60,95
Envidraçados interiores.....	0,00
Área Total.....	314,50
	/
Volume (da FC IV.1d).....	414,23
	=
FF.....	0,76

Graus-Dia no Local (°C. Dia)..... 1220,0

Ni=4,5+0,0395.GD	para:	FF < 0,5
Ni=4,5+(0,021+0,037.FF).GD	para:	0,5 < FF < 1
Ni=(4,5+(0,021+0,037.FF).GD).(1,2-0,2.FF)	para:	1 < FF < 1,5
Ni=4,05+0,06885.GD	para:	FF > 1,5

Necessidades Nom. de Aquecimento Máximas - Ni (kWh/m².ano)..... **64,4**

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do indicador *Nic*

Perdas térmicas associadas a:		(W/°C)
Envolvente Exterior	(da FC IV.1a)	196,8
Envolvente Interior	(da FC IV.1b)	52,0
Vãos Envidraçados	(da FC IV.1c)	59,5
Renovação de Ar	(da FC IV.1d)	119,7

	=	
Coefficiente Global de Perdas (W/°C).....		428,0
	x	
Graus-Dia no Local (°C. Dia).....		1220
	x	
		0,024
	=	
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano).....		12532,3
	+	
Consumo dos ventiladores (kWh/ano) (Ev=0,720 Pv M)		0,00
	-	
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano).....		4280,65
	=	
Necessidades de aquecimento (kWh/ano).....		8251,62
	/	
Área útil de pavimento (m2).....		152,25
	=	

Necessidades Nom. de Aquecimento - <i>Nic</i> (kWh/m ² .ano).....		54,20
	<	
Necessidades Nom. de Aquecimento Máx. - <i>Ni</i> (kWh/m ² .ano).....		64,39

Folha de Cálculo FC V.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores	FC IV.1a	93,27	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores	FC IV.1a	12,62	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores	FC IV.1a	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores	FC IV.1c	59,48	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	FC IV.1d	119,71	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	285,1	(W/°C)

Temperatura interior de referência (Verão)		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperaturas interior - exterior		2	(°C)
		x	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	285,09	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q _{1b})	1669	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1e

Ganhos internos

Ganhos internos médios.....	4	(w/m ²)
	x	
Área útil de pavimento.....	152,25	(m ²)
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos totais.....	1783	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1f

Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	FC V.1d	611	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	FC V.1c	575	(kWh)
		+	
Ganhos internos	FC V.1e	1783	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		2969	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (N_{vc})

Ganhos térmicos totais	FC V.1f	<input type="text" value="2969,3"/>	(kWh)
		/	
Perdas térmicas totais	FC V.1a	<input type="text" value="1669"/>	(kWh)
		=	
γ		<input type="text" value="1,78"/>	
Inércia do edifício	<input type="text" value="FORTE"/>	a=	<input type="text" value="4,2"/>

		<input type="text" value="1"/>	
		-	
Factor de utilização dos ganhos solares	η	<input type="text" value="0,539"/>	
		=	
		<input type="text" value="0,461"/>	
		x	
Ganhos térmicos totais	FC V.1f	<input type="text" value="2969"/>	(kWh)
		=	
Necessidades brutas de arrefecimento		<input type="text" value="1368"/>	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores, não incluindo o da cozinha	($E_v=24.0,03.4.P_v$)	<input type="text" value="0,0"/>	
		=	
Total		<input type="text" value="1368"/>	(kWh/ano)
		/	
Área útil de pavimento		<input type="text" value="152,25"/>	(m^2)
		=	
Necessidades nominais de arrefecimento (N_{vc})	(kWh/ m^2 .ano)	<input type="text" value="8,99"/>	
		<	
Necessidades nominais de arref. máximas (N_v)	(kWh/ m^2 .ano)	<input type="text" value="32"/>	

**Cálculo das necessidades de energia
para a preparação de água quente sanitária**

Consumo médio diário por ocupante	(Litros)		40
			x
Número de ocupantes			4
			=
Consumo médio diário de referência de AQS	(Litros/dia)	MAQS	160
			x
			4187
			x
Aumento de temp. necessário para preparar AQS	(°C)	Δt	45
			x
Número anual de dias de consumo de AQS		η_d	365
			=
			1,1E+10
			/
			3600000
			=
Contribuição de sistemas convencionais de preparação de AQS		Q_a	3057
			-
Contribuição de energias renováveis na preparação de AQS		$E_{solar}+E_{ren}$	0
			=
			3057
			/
Eficiência de conv. do sistema de preparação das AQS		η_a	0,89
			=
		Q_a/η_a	3417
			-
Contribuição de sistemas solares de preparação de AQS		E_{solar}	1697
			-
Contribuição de outros sistemas de preparação de AQS		E_{ren}	0
			=
			1720
			/
Área útil do pavimento (m2)		A_p	152,25
			=

Necessidades de energia p/rep. de AQS	(kWh/m ² .ano)	N_{ac}	11,30
			<
Limite máx. das nec.de energia para AQS	(kWh/m ² .ano)	N_a	31,07

Cálculo das necessidades nominais globais

de energia primária do edifício

			0,1
			x
- Necessidades Nominais de Aquecimento	(kW/m ² .ano)	N _{ic}	54,20
			/
Factor correctivo		η _i	4,00
			x
Factor de conversão		F _{Pui}	0,290
			+
			0,1
			x
- Necessidades nominais de arrefecimento	(kW/m ² .ano)	N _{vc}	8,99
			/
Factor correctivo		η _v	3
			x
Factor de conversão		F _{Puv}	0,29
			+
- Necessidades de energia p/prep. de AQS	(kW/m ² .ano)	N _{ac}	11,30
			x
Factor de conversão		F _{Pua}	0,086
			=
Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária	(kgep/m ² .ano)	N _{tc}	1,45

			0,01
			x
Necessidades Nom. de Aquecimento Máx.	(kW/m ² .ano)	N _i	64,39
			+
			0,01
			x
Necessidades nominais de arref. máximas	(kW/m ² .ano)	N _v	32,00
			+
			0,15
			x
Limite máx. das nec. de energia p/prep. de AQS	(kW/m ² .ano)	N _a	31,07
			=
			5,62
			x
			0,90
			=
Valor máximo admissível de energia primária	(kgep/m ² .ano)	N _t	5,06

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária

(kgep/m².ano)

N_{tc}

1,45

Valor máximo admissível de energia primária

(kgep/m².ano)

N_t

5,06

<

ANEXO D – FICHAS DE RCCTE DO CASO A (CYPE 2010)

ÍNDICE

1.- FICHA Nº1	2
2.- MORADIA DE RÉS-DO-CHÃO	3
2.1.- Ficha Nº2	3
2.2.- Ficha Nº3	5
2.3.- Folhas de cálculo	7
2.3.1.- Inverno	7
2.3.2.- Verão	16
2.3.3.- AQS	22
2.3.4.- Energia	23
2.3.5.- Cálculo da inércia térmica interior do edifício	24



1.- FICHA Nº1

FICHA Nº 1

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)

Demonstração da Conformidade Regulamentar para Emissão de Licença ou Autorização Construção (Nos termos da alínea a) do n.º2 do artigo 12.º)

Câmara Municipal de Vila Franca de Xira

Edifício: Moradia Unifamiliar

Localização: Vila Franca de Xira

Nº de Fracções Autónomas 1 (ou corpos)

Para cada Fracção Autónoma (1) ou corpo, incluir:

Ficha 2 - Levantamento Dimensional

Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos (2)

Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

Técnico Responsável:

Nome: João Carlos Godinho Vieira

Inscrito na:

Associação nacional dos engenheiros técnicos, com o nº 18948

Data: 2 de Setembro de 2010

Anexos:

1. Declaração de reconhecimento de capacidade profissional para aplicação do RCCTE, emitida pela Ordem dos Arquitectos, da Ordem dos Engenheiros ou da ANET.
2. Termo de Responsabilidade do Técnico Responsável, nos termos do disposto na alínea e) do n.º2 do artigo 12.º do RCCTE.
3. Declaração de conformidade regulamentar subscrita por perito qualificado, no âmbito do SCE, nos termos do disposto na alínea f) do n.º2 do artigo 12.º do RCCTE.

(1) Se houver duas ou mais fracções autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

(2) Em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as Fracções Autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA distinta.

Mapa de valores nominais para o edifício

Zona climática I1 V3 Altitude <= 400 m
Graus-dias 1220 °C.dia Duração Aquec. 5.3 meses Temp. de verão 23 °C

Fracção autónoma	Ap (m ²)	Taxa ren. (RPH)	Nic (kWh/m ² .ano)	Ni (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nv (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Na (kWh/m ² .ano)	Ntc (kgep/m ² .ano)	Nt (kgep/m ² .ano)
Moradia de Rés-do-Chão	159,63	0,85	68,25	63,07	9,23	32,00	9,95	37,04	1,44	5,86



Paredes (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (M ²) POR ORIENTAÇÃO							Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	
PEE1 / U = 0.54 W/m ² °C	25.04		27.17		30.82		26.76	109.79
Vãos envidraçados (especificar incluindo o tipo de protecção solar e valor g _l)								
Janela de tipo 1 / Sv = 0.78	4.07		2.31		12.62		1.65	20.65
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS								

**2.2.- Ficha N^o3****Fracção autónoma: Moradia de Rés-do-Chão****FICHA N^o 3****REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)
Demonstração de satisfação dos requisitos mínimos para a envolvente de edifícios
(Nos termos da alínea d) do n.º2 do artigo 12.º)****Edifício: Moradia Unifamiliar****Fracção autónoma: Moradia de Rés-do-Chão****Inércia térmica: Forte**

a) U máximo:

Soluções adoptadas

		<u>Valores máximos regulamentares</u>
0.54	Fachadas ext.	1.80 W/m ² °C
0.00	Coberturas ext.	1.25 W/m ² °C
0.00	Pavim. s/ ext.	1.25 W/m ² °C
0.72	Paredes interiores (tau <= 0.7)	2.00 W/m ² °C
0.00	Paredes interiores (tau > 0.7)	1.80 W/m ² °C
0.00	Pavim. inter. (tau <= 0.7)	1.65 W/m ² °C
0.00	Pavim. inter. (tau > 0.7)	1.25 W/m ² °C
0.00	Cobert. inter. (tau <= 0.7)	1.65 W/m ² °C
0.40	Cobert. inter. (tau > 0.7)	1.25 W/m ² °C
0.00	Pontes térm.	0.00 W/m ² °C

b) Factores solares dos envidraçados:

Soluções adoptadas - Verão

	<u>Valores máximos regulamentares</u>
tipo de protecção solar: Janela de tipo 1 - Fs: 0.04	0.50
tipo de protecção solar:	0.50
tipo de protecção solar: Janela de tipo 1 - Fs: 0.04	0.50
tipo de protecção solar: Janela de tipo 1 - Fs: 0.04	0.50
tipo de protecção solar:	0.50

c) Pontes térmicas planas:

Soluções adoptadas - U

	<u>Valores máximos regulamentares</u>
0.68 Pilares paredes ext.	1.08 W/m ² °C
0.68 Vigas paredes ext.	1.08 W/m ² °C
0.00 Pontes térmicas planas em paredes interiores (tau <= 0.7)	1.44 W/m ² °C
0.00 Pontes térmicas planas em paredes interiores (tau > 0.7)	1.80 W/m ² °C
0.95 P.T. Caixa de estore: Caixa-de-Estore tipo1	1.08 W/m ² °C

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:

[x] Caixas de estore



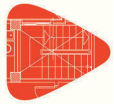
- Ligações entre paredes e vigas
- Ligações entre paredes e pilares
- Ligações entre paredes e lajes de pavimento
- Ligações entre paredes e lajes de cobertura
- Paredes e pavimentos enterrados
- Montagem de caixilharias

Técnico Responsável:

Nome: João Carlos Godinho Vieira

Data: 2 de Setembro de 2010

Assinatura



2.3.- Folhas de cálculo

2.3.1.- Inverno

Fracção autónoma: Moradia de Rés-do-Chão

Folha de cálculo FC IV.1a Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
PEE1	109.79	0.54	59.29
Porta em fachada	1.80	2.55	4.59
Porta em fachada	1.80	2.55	4.59
Pontes térmicas planas (Pilares)	1.20	0.68	0.82
Pontes térmicas planas (Vigas)	8.22	0.68	5.59
P.T. Caixa de estore: Caixa-de-Estore tipo1	3.68	0.95	3.50
TOTAL			78.36

Pavimentos exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
TOTAL			0.00

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
TOTAL			0.00

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ·B (W/°C)
Pavimento Térreo	55.95	1.80	100.71



Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro (m)	Ψ (W/m°C)	$\Psi \cdot B$ (W/°C)
		TOTAL	100.71

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	$\Psi \cdot B$ (W/°C)
Fachada com os pavimentos térreos	53.85	0.46	24.77
Fachada com pavimentos não aquecidos e exteriores	53.85	0.54	29.08
Fachada com pavimentos intermédios	0.00	0.00	0.00
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0.00	0.00	0.00
Fachada com varanda	0.00	0.00	0.00
Duas paredes verticais	21.03	0.20	4.21
Fachada com caixa de estore	14.60	0.00	0.00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	66.40	0.20	13.28
		TOTAL	71.34



Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m²°C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
PEI2	12.00	0.72	0.70	6.05
TOTAL				6.05

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m²°C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
TOTAL				0.00

Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m²°C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
COB1	159.62	0.40	0.95	60.66
TOTAL				60.66

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m²°C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Porta de madeira	1.70	2.20	0.70	2.62
TOTAL				2.62

Pontes térmicas lineares (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ ≥ 0.7) Ligações entre:	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	τ (-)	Ψ·B·τ (W/°C)
TOTAL				0.00

Perdas pela envolvente interior da fracção autónoma

(W/°C) **TOTAL 69.33**

Folha de cálculo FC IV.1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores



Folha de cálculo FC IV.1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área útil de pavimento (Ap)	159.63	(m ²)
	x	
Pé direito médio (ponderado)	2.63	(m)
	=	
Volume interior (V)	419.83	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumpre NP 1037-1?	(S ou N)	N	Se SIM: RPH =
Se NÃO:			
Classe de caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	3	Taxa de renovação nominal RPH = 0.85
Caixas de estore	(S ou N)	S	
Classe de exposição	(1, 2, 3 ou 4)	2	
Aberturas auto-reguladas?	(S ou N)	N	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	N	
Portas exteriores bem vedadas?	(S ou N)	S	

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)			
Caudal de insuflação	V_{ins} - (m ³ /h)	[]	V_f = []
Caudal extraído	V_{ev} - (m ³ /h)	[]	
Diferença entre V_{ins} e V_{ev}	(m ³ /h)	[]	V = [] Volume int. RPH
Infiltrações	V_x	[]	
Recuperador de calor	(S ou N)	[]	Se SIM: η = [] Se NÃO: η = 0
Taxa de renovação nominal	(Mínimo: 0.6)	[]	($V_f / V + V_x$)
Consumo de electricidade para os ventiladores		[]	($E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03$ M (kWh))

Volume	419.83	
	x	
Taxa de renovação nominal	0.85	
	x	
	0.34	
	x	
	1.00	(1 - η)
	=	



RCCTE

TOTAL

121.33

(W/°C)



Folha de cálculo FC IV.1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área (m ²)	Factor de orientação (-)	Factor solar do vão envidraçado (-)	Factor de obstrução (-)	Fracção envidraçada (-)	Factor de sel. angular (-)	Área efectiva (m ²)
S	Duplo	3.00	1.00	0.63	0.42	0.70	0.90	0.50
S	Duplo	1.65	1.00	0.63	0.31	0.70	0.90	0.20
N	Duplo	1.65	0.27	0.63	1.00	0.70	0.90	0.18
S	Duplo	4.20	1.00	0.63	0.35	0.70	0.90	0.58
S	Duplo	3.00	1.00	0.63	0.45	0.70	0.90	0.54
N	Duplo	1.65	0.27	0.63	1.00	0.70	0.90	0.18
N	Duplo	0.77	0.27	0.63	1.00	0.70	0.90	0.08
W	Duplo	1.65	0.56	0.63	0.72	0.70	0.90	0.26
S	Duplo	0.77	1.00	0.63	0.31	0.70	0.90	0.09
E	Duplo	2.31	0.56	0.63	0.73	0.70	0.90	0.37

Área efectiva total equivalente na orientação SUL (m²)

2.98

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul}) na zona I1 (kWh/m².mês)

108.00

Duração da estação de aquecimento (meses)

5.3

Ganhos solares brutos (kWh/ano)

1705.75

Ganhos internos:

Ganhos internos médios	4.00	(W/m ²)
	x	
Duração da estação de aquecimento	5.3	(meses)
	x	
Área útil de pavimento	159.63	(m ²)
	x	
	0.72	
	=	
Ganhos internos brutos	2436.59	(kWh/ano)

Ganhos totais úteis:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos solares brutos} + \text{Ganhos internos}}{\text{Nec. brutas de aquecimento}}$$

4142.34

Nec. brutas de aquecimento

15036.45

Inércia do edifício:

Forte

$$\gamma = 0.28$$

Factor de utilização dos ganhos solares

(η)

1.00

Ganhos solares brutos + Ganhos internos

4142.34

Ganhos totais úteis (kWh/ano)

4142.34



Folha de cálculo FC IV.1f
Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA	
<i>Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)</i>	m ²
Paredes exteriores	126.46
Coberturas exteriores	0.00
Pavimentos exteriores	0.00
Envidraçados exteriores	20.65
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A·τ)</i>	
Paredes interiores	8.40
Coberturas interiores	151.64
Pavimentos interiores	0.00
Envidraçados interiores	1.19
Área total:	308.34
	/
Volume:	419.83
	=
FF	0.73

Graus-dia no local (°C.dia)

1220

$N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$	para $FF \leq 0,5$
$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}$	para $0,5 < FF \leq 1$
$N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}] (1,2 - 0,2 \text{ FF})$	para $1 < FF \leq 1,5$
$N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$	para $FF > 1,5$

Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)

63

**Folha de cálculo FC IV.2**
Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente exterior	250.41
Envolvente interior	69.33
Vãos envidraçados	72.47
Renovação de ar	121.33

	=
Coeficiente global de perdas (W/°C)	513.54
	x
Graus-dias (°C.dia)	1220
	x
	0.024
	=
Necessidades brutas de aquecimento (kWh/ano)	15036.45
	+
Consumo de electricidade para os ventiladores (kWh/ano)	0.00
	-
Ganhos totais úteis (kWh/ano)	4142.34
	=
Necessidades de aquecimento (kWh/ano)	10894.11
	/
Área útil de pavimento (m²)	159.63
	=
Nec. nominais de aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	68
	<
Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)	63



2.3.2.- Verão

Fracção autónoma: Moradia de Rés-do-Chão

Folha de cálculo FC V.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U·A)	78.36	(W/°C)
	+	
Perdas associadas a os pavimentos exteriores (U·A)	0.00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U·A)	0.00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas a os envidraçados exteriores (U·A)	72.47	(W/°C)
	+	
Perdas associadas à renovação de ar	121.33	(W/°C)
	=	
Perdas específicas totais	(Q _{1a}) 272.16	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
	-	
Temperatura média do ar exterior na estação arrefecimento	23	(°C)
	=	
Diferença de temperatura interior-exterior	2	(°C)
	x	
Perdas específicas totais	(Q _{1a}) 272.16	(W/°C)
	x	
	2.928	
	=	
Perdas térmicas totais	(Q _{1b}) 1593.77	(kWh)



Folha de cálculo FC V.1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

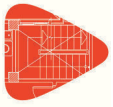
Orientação	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	Coef. Absor. (α)	U·A·α (W/°C)	Rad. solar (kWh/m ²)	Factor solar	Ganhos solares (kWh)
W	26.76	0.54	0.40	5.78	460	0.04	106.35
S	30.82	0.54	0.40	6.66	400	0.04	106.50
E	27.17	0.54	0.40	5.87	460	0.04	107.97
N	25.04	0.54	0.40	5.41	210	0.04	45.43
W	2.57	0.68	0.40	0.70	460	0.04	12.88
N	3.71	0.68	0.40	1.01	210	0.04	8.47
S	1.82	0.68	0.40	0.50	400	0.04	7.94
E	1.32	0.68	0.40	0.36	460	0.04	6.62
S	1.82	0.95	0.40	0.70	400	0.04	11.14
N	0.93	0.95	0.40	0.35	210	0.04	2.96
W	0.38	0.95	0.40	0.14	460	0.04	2.65
E	0.53	0.95	0.40	0.20	460	0.04	3.68
S	1.80	2.55	0.50	2.29	400	0.04	36.72
N	1.80	2.55	0.50	2.29	210	0.04	19.28
TOTAL							478.59

Folha de cálculo FC V.1d
Ganhos solares pelos envidraçados exteriores

Orientação	Área (m ²)	Factor solar do vão envidraçado	Fracção envidraçada	Factor de obstrução	Factor sel. vidro	Área efectiva (m ²)	RS (kWh/m ²)	Ganhos solares (kWh)
S	3.00	0.26	0.70	0.45	0.75	0.18	400	72.00
S	1.65	0.26	0.70	0.40	0.75	0.09	400	36.00
N	3.30	0.26	0.70	0.99	0.80	0.48	210	100.80
S	4.20	0.26	0.70	0.44	0.75	0.25	400	100.00
S	3.00	0.26	0.70	0.47	0.75	0.19	400	76.00
N	0.77	0.26	0.70	0.94	0.80	0.11	210	23.10
W	1.65	0.26	0.70	0.82	0.85	0.21	460	96.60
S	0.77	0.26	0.70	0.41	0.75	0.04	400	16.00
E	2.31	0.26	0.70	0.83	0.85	0.30	460	138.00
TOTAL								658.50

Folha de cálculo FC V.1e
Ganhos internos

Ganhos internos médios	<input type="text" value="4.00"/> (W/m ²)
	x
Área útil de pavimento	<input type="text" value="159.63"/> (m ²)
	x
	<input type="text" value="2.928"/>
	=



Ganhos internos totais

1869.59

(kWh)



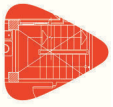
Folha de cálculo FC V.1f
Ganhos totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos solares pelos envidraçados exteriores	658.50	(kWh)
	+	
Ganhos solares pela envolvente opaca	478.59	(kWh)
	+	
Ganhos internos	1869.59	(kWh)
	=	
Ganhos térmicos totais	3006.68	(kWh)

Folha de cálculo FC V.1g
Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais	3006.68	(kWh)
	/	
Perdas térmicas totais	1593.77	(kWh)
	=	
γ	1.89	
Inércia do edifício	Forte	

	1.0	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	0.51	
	=	
	0.49	
	x	
Ganhos térmicos totais	3006.68	(kWh)
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	1473.27	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor de cozinha excluído)	0.00	(Ev=Pv.24.0,03.4 (kWh))
	=	
TOTAL	1473.27	(kWh/ano)
	/	
Área útil de pavimento	159.63	(m ²)
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	9.23	(kWh/m ² .ano)
	≤	



Necessidades nominais de arref. máximas - Nv

32

(kWh/m².ano)



2.3.3.- AQS

Fracção autónoma: Moradia de Rés-do-Chão

Folha de Cálculo dos Indicadores das AQS

Necessidades de energia para preparação das Águas Quentes Sanitárias

Energia dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (Q_a)

Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	200
$M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times n.^{\circ} \text{ de ocupantes (Quadro VI.1)}$	x
	4187
	x
Aumento da temperatura necessária para preparar as AQS, DT	45
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	=
	13754295000
	/
	3600000
	=
Energia dispend. com sist. convenc. de preparação de AQS, Q_a [kWh/ano]	3820.64

Necessidades de energia para preparação das AQS (N_{ac})

Energia útil dispendida com sistemas convencionais de AQS, Q_a	3820.64
	/
Eficiência de conversão desses sistemas de AQS, η_a	0.89
	=
	4292.85
	-
Contribuição de sist. de colectores solares para o aquec. de AQS, E_{solar} [kWh/ano]	2704.0
	-
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para o aquec. de AQS, E_{ren} [kWh/ano]	0.00
	=
	1588.85
	/
Área útil de pavimento [m^2]	159.63
	=
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/m^2.ano]	9.95

Necessidades de energia máxima para a preparação de AQS, (N_a)

	0.081
	x
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	200
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	=
	5913.00
	/



Área útil de pavimento [m ²]	159.63
	=
Necessid. máx. de energia para a preparação de AQS, Na [kWh/m ² .ano]	37.04
	≥
Necessidades de energia para preparação das AQS, Nac [kWh/m ² .ano]	9.95

2.3.4.- Energia

Fracção autónoma: Moradia de Rés-do-Chão

Folha de Cálculo dos Indicadores

Valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento

Conversão de Energia Útil para Energia Primária

Electricidade, F_{pu} [kgep/kWh]	0.290
Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, F_{pu} [kgep/kWh]	0.086

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc)

Necessidades Nominais de Aquecimento, N_{ic} [kWh/m ² .ano]	68.25
Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de aquecim., η_i	4.000
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pui}	0.290
Necessidades Nominais de Arrefecimento, N_{vc} [kWh/m ² .ano]	9.23
Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de arrefec., η_v	3.000
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{puv}	0.290
Necessidades Nominais para preparação de AQS, Nac [kWh/m ² .ano]	9.95
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pua}	0.086
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, Ntc [kgep/m ² .ano]	1.44

Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt)

Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas, N_i [kWh/m ² .ano]	63.07
Necessidades Nominais de Arrefecimento Máximas, N_v [kWh/m ² .ano]	32.00
Necessidades Máx. Nominais para preparação de AQS, Na [kWh/m ² .ano]	37.04
Neces. máx. globais de anuais nominais de energia primária, Nt [kgep/m ² .ano]	5.86
	≥
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, Ntc [kgep/m ² .ano]	1.44

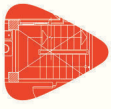
**2.3.5.- Cálculo da inércia térmica interior do edifício****Fracção autónoma: Moradia de Rés-do-Chão**

Elemento da construção	M_{si} (kg/m ²)	S_i (m ²)	Factor de correcção (r)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
A - Paredes exteriores ou em contacto com o solo				
Pontes térmicas planas (Vigas)	150	8.22	1.00	1233.00
Pontes térmicas planas (Pilares)	150	1.20	1.00	180.46
PEE1	148	109.79	1.00	16221.19
B - Coberturas				
COB1	150	159.62	1.00	23942.97
C - Pavimentos exteriores, de separação com espaços não úteis ou solo				
Pavimento Térreo	150	123.52	0.50	9263.95
Pavimento Térreo	150	36.10	1.00	5415.07
D - Paredes entre fracções				
PEI2	148	12.00	1.00	1772.85
E - Paredes e pavimentos interiores				
PEI3	174	114.22	1.00	19874.67
PEI1	296	17.63	1.00	5210.76
Total				83114.93

Área útil de pavimento (m²) **159.6**

Massa superficial útil por m² de área de pavimento **520.67**

Classe de Inércia Térmica **FORTE**



ANEXO E – FICHAS DE RCCTE DO CASO B (CYPE 2010)

ÍNDICE

1.- FICHA Nº1	2
2.- MORADIA DE DOIS PISOS	3
2.1.- Ficha Nº2	3
2.2.- Ficha Nº3	5
2.3.- Folhas de cálculo	7
2.3.1.- Inverno	7
2.3.2.- Verão	16
2.3.3.- AQS	22
2.3.4.- Energia	23
2.3.5.- Cálculo da inércia térmica interior do edifício	24

**1.- FICHA Nº1****FICHA Nº 1****REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)****Demonstração da Conformidade Regulamentar para Emissão de Licença ou Autorização
Construção (Nos termos da alínea a) do n.º2 do artigo 12.º)****Câmara Municipal de Vila Franca de Xira****Edifício: Moradia de Dois Pisos****Localização: Vila Franca de Xira**

Nº de Fracções Autónomas 1 (ou corpos)

Para cada Fracção Autónoma (1) ou corpo, incluir:

Ficha 2 - Levantamento Dimensional

Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos (2)

Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

Técnico Responsável:

Nome: João Carlos Godinho Vieira

Inscrito na:

Ordem dos engenheiros, com o nº

Data: 27 de Setembro de 2010

Anexos:

1. Declaração de reconhecimento de capacidade profissional para aplicação do RCCTE, emitida pela Ordem dos Arquitectos, da Ordem dos Engenheiros ou da ANET.
2. Termo de Responsabilidade do Técnico Responsável, nos termos do disposto na alínea e) do n.º2 do artigo 12.º do RCCTE.
3. Declaração de conformidade regulamentar subscrita por perito qualificado, no âmbito do SCE, nos termos do disposto na alínea f) do n.º2 do artigo 12.º do RCCTE.

(1) Se houver duas ou mais fracções autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

(2) Em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as Fracções Autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA distinta.

Mapa de valores nominais para o edifício

Zona climática I1 V3 Altitude <= 400 m
Graus-dias 1220 °C.dia Duração Aquec. 5.3 meses Temp. de verão 23 °C

Fracção autónoma	Ap (m ²)	Taxa ren. (RPH)	Nic (kWh/m ² .ano)	Ni (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Nv (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)	Na (kWh/m ² .ano)	Ntc (kgep/m ² .ano)	Nt (kgep/m ² .ano)
Moradia de Dois Pisos	149,66	0,85	59,96	67,59	10,44	32,00	11,61	31,61	1,53	5,16



2.- MORADIA DE DOIS PISOS

2.1.- Ficha N°2

Fracção autónoma: Moradia de Dois Pisos

FICHA N° 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE) LEVANTAMENTO DIMENSIONAL

(Nos termos do artigo 12.º, n.º2, alínea b))
(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
(ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Moradia de Dois Pisos / Moradia de Dois Pisos

Área útil de pavimento 149.66 m²

Pé direito médio (ponderado) 2.78 m

Elementos correntes da envolvente			Elementos em contacto com o solo		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)	Comprimento (m)	ψ (W/m ² °C)	
PAVIMENTOS					
sobre exterior	22.17	0.58	Pavimentos	3.70	1.20
sobre área não-útil	40.15	0.54	Paredes		
Total	62.32				
PAREDES					
Exteriores	154.39				
Interiores	21.79	0.72			
	3.51	1.59			
PONTES TÉRMICAS PLANAS					
Pilares paredes ext.	2.00	0.68			
Vigas paredes ext.	13.16	0.68			
Pontes térmicas planas em paredes interiores	0.65	0.00			
P.T. Caixa de estore: Caixa-de-Estore tipo1	4.07	0.95			
Total	200.22				
COBERTURAS					
terraço					
desvão					
não-ventilado					
ventilado					
inclinadas					
sob área não-útil	76.22	0.40			
Total	76.22				
COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α			Pontes térmicas		
PAREDE				Comprimento (m)	ψ (W/m ² °C)
	0.40		FACHADA COM PAVIMENTO		
			térreos	3.70	0.46
			intermédios	53.70	0.18
			sobre locais não aquecidos ou exteriores	35.39	0.63
				35.85	0.53
			FACHADA COM		
			cobertura		
			Varanda	8.85	0.33
			peitoril/padieira	68.00	0.20
			LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	2.20	0.10
				21.60	0.20

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
0.40	0.00



Paredes (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (M ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
PEE2 / U = 0.62 W/m ² °C		25.68							25.68
PEE1 / U = 0.54 W/m ² °C		35.13		23.19		47.39		23.00	128.71
Vãos envidraçados (especificar incluindo o tipo de protecção solar e valor g _d)									
Janela de tipo 1 / Sv = 0.75		1.20		9.66		2.52		8.65	22.03
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS									



2.2.- Ficha N^o3

Fracção autónoma: Moradia de Dois Pisos

FICHA N^o 3

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE) Demonstração de satisfação dos requisitos mínimos para a envolvente de edifícios (Nos termos da alínea d) do n.º2 do artigo 12.º)

Edifício: Moradia de Dois Pisos

Fracção autónoma: Moradia de Dois Pisos

Inércia térmica: Forte

a) U máximo:

Soluções adoptadas

		<u>Valores máximos regulamentares</u>
0.62	Fachadas ext.	1.80 W/m ² °C
0.00	Coberturas ext.	1.25 W/m ² °C
0.58	Pavim. s/ ext.	1.25 W/m ² °C
1.59	Paredes interiores (tau <= 0.7)	2.00 W/m ² °C
0.72	Paredes interiores (tau > 0.7)	1.80 W/m ² °C
0.00	Pavim. inter. (tau <= 0.7)	1.65 W/m ² °C
0.54	Pavim. inter. (tau > 0.7)	1.25 W/m ² °C
0.00	Cobert. inter. (tau <= 0.7)	1.65 W/m ² °C
0.40	Cobert. inter. (tau > 0.7)	1.25 W/m ² °C
0.00	Pontes térm.	0.00 W/m ² °C

b) Factores solares dos envidraçados:

Soluções adoptadas - Verão

	<u>Valores máximos regulamentares</u>
tipo de protecção solar: Janela de tipo 1 - Fs: 0.04	0.50
tipo de protecção solar:	0.50
tipo de protecção solar: Janela de tipo 1 - Fs: 0.04	0.50
tipo de protecção solar:	0.50
tipo de protecção solar:	0.50

c) Pontes térmicas planas:

Soluções adoptadas - U

	<u>Valores máximos regulamentares</u>
0.68 Pilares paredes ext.	1.08 W/m ² °C
0.68 Vigas paredes ext.	1.08 W/m ² °C
0.00 Pontes térmicas planas em paredes interiores (tau <= 0.7)	2.00 W/m ² °C
0.84 Pontes térmicas planas em paredes interiores (tau > 0.7)	1.44 W/m ² °C
0.95 P.T. Caixa de estore: Caixa-de-Estore tipo1	1.08 W/m ² °C

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:

[x] Caixas de estore



- Ligações entre paredes e vigas
- Ligações entre paredes e pilares
- Ligações entre paredes e lajes de pavimento
- Ligações entre paredes e lajes de cobertura
- Paredes e pavimentos enterrados
- Montagem de caixilharias

Técnico Responsável:

Nome: João Carlos Godinho Vieira

Data: 27 de Setembro de 2010

Assinatura



2.3.- Folhas de cálculo

2.3.1.- Inverno

Fracção autónoma: Moradia de Dois Pisos

Folha de cálculo FC IV.1a Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
PEE2	25.68	0.62	15.92
PEE1	128.71	0.54	69.50
Pontes térmicas planas (Pilares)	2.00	0.68	1.36
Pontes térmicas planas (Vigas)	13.16	0.68	8.95
P.T. Caixa de estore: Caixa-de-Estore tipo1	4.07	0.95	3.87
TOTAL			99.60

Pavimentos exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
PAV2	22.17	0.58	12.86
TOTAL			12.86

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
TOTAL			0.00

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ·B (W/°C)
Pavimento Térreo	3.70	1.20	4.44
TOTAL			4.44



Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	$\Psi \cdot B$ (W/°C)
Fachada com os pavimentos térreos	3.70	0.46	1.70
Fachada com pavimentos não aquecidos e exteriores	71.24	0.57	40.61
Fachada com pavimentos intermédios	53.70	0.18	9.67
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0.00	0.00	0.00
Fachada com varanda	8.85	0.33	2.92
Duas paredes verticais	23.80	0.19	4.52
Fachada com caixa de estore	16.20	0.00	0.00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	68.00	0.20	13.60
		TOTAL	73.02



Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
PEI2	15.29	0.72	0.80	8.81
PEI2	6.50	0.72	0.95	4.45
PEI3	3.51	1.59	0.60	3.35
Pontes térmicas planas (Vigas)	0.65	0.84	0.95	0.52
TOTAL				17.13

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
PAV2	14.11	0.54	0.95	7.24
PAV2	26.04	0.54	0.80	11.25
TOTAL				18.49

Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
PAV1	76.22	0.40	0.95	28.97
TOTAL				28.96

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
TOTAL				0.00

Pontes térmicas lineares (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ ≥ 0.7) Ligações entre:	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	τ (-)	Ψ·B·τ (W/°C)
Parede interior com os pavimentos térreos	10.20	0.15	0.80	1.22
Parede interior com pavimentos intermédios	1.13	0.10	0.80	0.09
TOTAL				1.31

Perdas pela envolvente interior da fracção autónoma

(W/°C) **TOTAL 65.89**

Folha de cálculo FC IV.1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

**Folha de cálculo FC IV.1d**
Perdas associadas à renovação de ar

Área útil de pavimento (A_p)	<input type="text" value="149.66"/>	(m^2)
	x	
Pé direito médio (ponderado)	<input type="text" value="2.78"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="416.05"/>	(m^3)

VENTILAÇÃO NATURAL	
Cumpre NP 1037-1?	(S ou N) <input type="text" value="N"/> Se SIM: <input type="text" value="RPH ="/>
Se NÃO:	
Classe de caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3) <input type="text" value="3"/>
Caixas de estore	(S ou N) <input type="text" value="S"/>
Classe de exposição	(1, 2, 3 ou 4) <input type="text" value="2"/>
Aberturas auto-reguladas?	(S ou N) <input type="text" value="N"/>
Área de envidraçados > 15% A_p?	(S ou N) <input type="text" value="N"/>
Portas exteriores bem vedadas?	(S ou N) <input type="text" value="S"/>
Taxa de renovação nominal	
RPH = <input type="text" value="0.85"/>	

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)	
Caudal de insuflação	V_{ins} - (m^3/h) <input type="text"/>
	V_f = <input type="text"/>
Caudal extraído	V_{ev} - (m^3/h) <input type="text"/>
Diferença entre V_{ins} e V_{ev}	(m^3/h) <input type="text"/> / V = <input type="text"/>
Infiltrações	V_x <input type="text"/> Volume int. RPH
Recuperador de calor	(S ou N) <input type="text"/> Se SIM: <input type="text" value="η ="/> Se NÃO: <input type="text" value="η = 0"/>
Taxa de renovação nominal	(Mínimo: 0.6) <input type="text"/> ($V_f / V + V_x$)
Consumo de electricidade para os ventiladores	<input type="text"/> ($E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03$ M (kWh))

Volume	<input type="text" value="416.05"/>
	x
Taxa de renovação nominal	<input type="text" value="0.85"/>
	x
	<input type="text" value="0.34"/>
	x
	<input type="text" value="1.00"/> (1 - η)
	=



TOTAL

120.24

(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 (m ²)	Factor de orientação (-)	Factor solar do vão envidraçado (-)	Factor de obstrução (-)	Fracção envidraçada (-)	Factor de sel. angular (-)	Área efectiva (m ²)
SE	Duplo	3.00	0.84	0.63	0.54	0.70	0.90	0.54
SE	Duplo	3.00	0.84	0.63	0.67	0.70	0.90	0.67
NW	Duplo	1.80	0.33	0.63	0.80	0.70	0.90	0.19
NW	Duplo	0.55	0.33	0.63	0.73	0.70	0.90	0.06
NW	Duplo	3.00	0.33	0.63	0.82	0.70	0.90	0.32
SW	Duplo	1.20	0.84	0.63	0.79	0.70	0.90	0.32
SE	Duplo	3.00	0.84	0.63	0.54	0.70	0.90	0.54
NW	Duplo	1.65	0.33	0.63	0.86	0.70	0.90	0.19
NW	Duplo	1.65	0.33	0.63	0.86	0.70	0.90	0.19
SW	Duplo	0.66	0.84	0.63	0.79	0.70	0.90	0.17
SW	Duplo	0.66	0.84	0.63	0.79	0.70	0.90	0.17
NE	Duplo	1.20	0.33	0.63	0.86	0.70	0.90	0.14
SE	Duplo	0.66	0.84	0.63	0.44	0.70	0.90	0.10

Área efectiva total equivalente na orientação SUL (m²)

3.60

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul}) na zona I1 (kWh/m².mês)

108.00

Duração da estação de aquecimento (meses)

5.3

Ganhos solares brutos (kWh/ano)

2060.64

Ganhos internos:

Ganhos internos médios	4.00	(W/m ²)
	x	
Duração da estação de aquecimento	5.3	(meses)
	x	
Área útil de pavimento	149.66	(m ²)
	x	
	0.72	
	=	
Ganhos internos brutos	2284.41	(kWh/ano)

Ganhos totais úteis:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos solares brutos} + \text{Ganhos internos}}{\text{Nec. brutas de aquecimento}}$$

4345.05

Nec. brutas de aquecimento

13274.97

Inércia do edifício:

Forte

$$\gamma = 0.33$$

Factor de utilização dos ganhos solares

(η)

0.99

Ganhos solares brutos + Ganhos internos

4345.05

=

Ganhos totais úteis (kWh/ano)

4301.60



Folha de cálculo FC IV.1f
Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA	
<i>Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)</i>	m ²
Paredes exteriores	173.60
Coberturas exteriores	0.00
Pavimentos exteriores	22.17
Envidraçados exteriores	22.03
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A·τ)</i>	
Paredes interiores	21.14
Coberturas interiores	72.41
Pavimentos interiores	34.23
Envidraçados interiores	0.00
Área total:	345.58
	/
Volume:	416.05
	=
FF	0.83

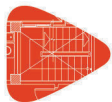
Graus-dia no local (°C.dia)

1220

$N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$	para $FF \leq 0,5$
$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}$	para $0,5 < FF \leq 1$
$N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}] (1,2 - 0,2 \text{ FF})$	para $1 < FF \leq 1,5$
$N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$	para $FF > 1,5$

Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)

68

**Folha de cálculo FC IV.2**
Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente exterior	189.92
Envolvente interior	65.89
Vãos envidraçados	77.33
Renovação de ar	120.24

	=
Coefficiente global de perdas (W/°C)	453.38
	x
Graus-dias (°C.dia)	1220
	x
	0.024
	=
Necessidades brutas de aquecimento (kWh/ano)	13274.97
	+
Consumo de electricidade para os ventiladores (kWh/ano)	0.00
	-
Ganhos totais úteis (kWh/ano)	4301.60
	=
Necessidades de aquecimento (kWh/ano)	8973.37
	/
Área útil de pavimento (m²)	149.66
	=
Nec. nominais de aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	60
	<
Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)	68



2.3.2.- Verão

Fracção autónoma: Moradia de Dois Pisos

Folha de cálculo FC V.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U·A)	99.60	(W/°C)
	+	
Perdas associadas a os pavimentos exteriores (U·A)	12.86	(W/°C)
	+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U·A)	0.00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas a os envidraçados exteriores (U·A)	77.33	(W/°C)
	+	
Perdas associadas à renovação de ar	120.24	(W/°C)
	=	
Perdas específicas totais	(Q _{1a}) 310.03	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
	-	
Temperatura média do ar exterior na estação arrefecimento	23	(°C)
	=	
Diferença de temperatura interior-exterior	2	(°C)
	x	
Perdas específicas totais	(Q _{1a}) 310.03	(W/°C)
	x	
	2.928	
	=	
Perdas térmicas totais	(Q _{1b}) 1815.54	(kWh)



Folha de cálculo FC V.1b
Perdas associadas a coberturas e envidraçados exteriores

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
TOTAL			0.00

Perdas associadas a os envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
<i>Verticais:</i>			
Janela de tipo 1	3.00	3.51	10.53
Janela de tipo 1	3.00	3.51	10.53
Janela de tipo 1	1.80	3.51	6.32
Janela de tipo 1	0.55	3.51	1.93
Janela de tipo 1	3.00	3.51	10.53
Janela de tipo 1	1.20	3.51	4.21
Janela de tipo 1	3.00	3.51	10.53
Janela de tipo 1	1.65	3.51	5.79
Janela de tipo 1	1.65	3.51	5.79
Janela de tipo 1	0.66	3.51	2.32
Janela de tipo 1	0.66	3.51	2.32
Janela de tipo 1	1.20	3.51	4.21
Janela de tipo 1	0.66	3.51	2.32
<i>Horizontais:</i>			
TOTAL			77.33



Folha de cálculo FC V.1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

Orientação	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	Coef. Absor. (α)	U·A·α (W/°C)	Rad. solar (kWh/m ²)	Factor solar	Ganhos solares (kWh)
NE	25.68	0.62	0.40	6.37	330	0.04	84.06
SW	47.39	0.54	0.40	10.24	470	0.04	192.44
SE	23.19	0.54	0.40	5.01	460	0.04	92.15
NE	35.13	0.54	0.40	7.59	330	0.04	100.16
NW	23.00	0.54	0.40	4.97	330	0.04	65.58
SW	5.56	0.68	0.40	1.51	470	0.04	28.43
NE	4.22	0.68	0.40	1.15	330	0.04	15.15
SE	2.73	0.68	0.40	0.74	460	0.04	13.69
NW	2.65	0.68	0.40	0.72	330	0.04	9.50
SE	1.28	0.95	0.40	0.49	460	0.04	8.98
NW	1.48	0.95	0.40	0.56	330	0.04	7.44
SW	0.80	0.95	0.40	0.30	470	0.04	5.72
NE	0.50	0.95	0.40	0.19	330	0.04	2.53
TOTAL							625.83

Folha de cálculo FC V.1d
Ganhos solares pelos envidraçados exteriores

Orientação	Área (m ²)	Factor solar do vão envidraçado	Fracção envidraçada	Factor de obstrução	Factor sel. vidro	Área efectiva (m ²)	RS (kWh/m ²)	Ganhos solares (kWh)
SE	6.00	0.25	0.70	0.56	0.85	0.50	460	230.00
SE	3.00	0.25	0.70	0.71	0.85	0.32	460	147.20
NW	1.80	0.25	0.70	0.70	0.85	0.19	330	62.70
NW	0.55	0.25	0.70	0.61	0.85	0.05	330	16.50
NW	3.00	0.25	0.70	0.73	0.85	0.33	330	108.90
SW	2.52	0.25	0.70	0.90	0.85	0.34	470	159.80
NW	3.30	0.25	0.70	0.90	0.85	0.44	330	145.20
NE	1.20	0.25	0.70	0.90	0.85	0.16	330	52.80
SE	0.66	0.25	0.70	0.49	0.85	0.05	460	23.00
TOTAL								946.10

Folha de cálculo FC V.1e
Ganhos internos

Ganhos internos médios	<input type="text" value="4.00"/>	(W/m ²)
	x	
Área útil de pavimento	<input type="text" value="149.66"/>	(m ²)
	x	
	<input type="text" value="2.928"/>	
	=	
Ganhos internos totais	<input type="text" value="1752.82"/>	(kWh)





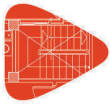
Folha de cálculo FC V.1f
Ganhos totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos solares pelos envidraçados exteriores	946.10	(kWh)
	+	
Ganhos solares pela envolvente opaca	625.83	(kWh)
	+	
Ganhos internos	1752.82	(kWh)
	=	
Ganhos térmicos totais	3324.75	(kWh)

Folha de cálculo FC V.1g
Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais	3324.75	(kWh)
	/	
Perdas térmicas totais	1815.54	(kWh)
	=	
γ	1.83	
Inércia do edifício	Forte	

	1.0	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	0.53	
	=	
	0.47	
	x	
Ganhos térmicos totais	3324.75	(kWh)
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	1562.63	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor de cozinha excluído)	0.00	(Ev=Pv.24.0,03.4 (kWh))
	=	
TOTAL	1562.63	(kWh/ano)
	/	
Área útil de pavimento	149.66	(m ²)
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	10.44	(kWh/m ² .ano)
	≤	



Necessidades nominais de arref. máximas - Nv

32

(kWh/m².ano)



2.3.3.- AQS

Fracção autónoma: Moradia de Dois Pisos

Folha de Cálculo dos Indicadores das AQS

Necessidades de energia para preparação das Águas Quentes Sanitárias

Energia dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (Q_a)

Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS} $M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times \text{n.º de ocupantes (Quadro VI.1)}$	160
	x
	4187
	x
Aumento da temperatura necessária para preparar as AQS, DT	45
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	=
	11003436000
	/
	3600000
	=
Energia dispend. com sist. convenc. de preparação de AQS, Q_a [kWh/ano]	3056.51

Necessidades de energia para preparação das AQS (N_{ac})

Energia útil dispendida com sistemas convencionais de AQS, Q_a	3056.51
	/
Eficiência de conversão desses sistemas de AQS, η_a	0.89
	=
	3434.28
	-
Contribuição de sist. de colectores solares para o aquec. de AQS, E_{solar} [kWh/ano]	1697.0
	-
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para o aquec. de AQS, E_{ren} [kWh/ano]	0.00
	=
	1737.28
	/
Área útil de pavimento [m^2]	149.66
	=
Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/m^2.ano]	11.61

Necessidades de energia máxima para a preparação de AQS, (N_a)

	0.081
	x
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	160
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	=
	4730.40
	/



Área útil de pavimento [m ²]	149.66
	=
Necessid. máx. de energia para a preparação de AQS, Na [kWh/m ² .ano]	31.61
	≥
Necessidades de energia para preparação das AQS, Nac [kWh/m ² .ano]	11.61

2.3.4.- Energia

Fracção autónoma: Moradia de Dois Pisos

Folha de Cálculo dos Indicadores

Valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento

Conversão de Energia Útil para Energia Primária

Electricidade, F _{pu} [kgep/kWh]	0.290
Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, F _{pu} [kgep/kWh]	0.086

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc)

Necessidades Nominais de Aquecimento, Nic [kWh/m ² .ano]	59.96
Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de aquecim., η_i	4.000
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F _{pu}	0.290
Necessidades Nominais de Arrefecimento, Nvc [kWh/m ² .ano]	10.44
Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de arrefec., η_v	3.000
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F _{puv}	0.290
Necessidades Nominais para preparação de AQS, Nac [kWh/m ² .ano]	11.61
Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F _{pua}	0.086
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, Ntc [kgep/m ² .ano]	1.53

Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt)

Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas, Ni [kWh/m ² .ano]	67.59
Necessidades Nominais de Arrefecimento Máximas, Nv [kWh/m ² .ano]	32.00
Necessidades Máx. Nominais para preparação de AQS, Na [kWh/m ² .ano]	31.61
Neces. máx. globais de anuais nominais de energia primária, Nt [kgep/m ² .ano]	5.16
	≥
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, Ntc [kgep/m ² .ano]	1.53

**2.3.5.- Cálculo da inércia térmica interior do edifício****Fracção autónoma: Moradia de Dois Pisos**

Elemento da construção	M _{si} (kg/m ²)	S _i (m ²)	Factor de correcção (r)	M _{si} ·r·S _i (kg)
A - Paredes exteriores ou em contacto com o solo				
Pontes térmicas planas (Vigas)	150	13.16	1.00	1974.00
PEE2	112	25.68	1.00	2877.57
Pontes térmicas planas (Pilares)	150	2.00	1.00	299.93
PEE1	148	128.71	1.00	19016.24
B - Coberturas				
PAV1	150	76.22	1.00	11433.00
C - Pavimentos exteriores, de separação com espaços não úteis ou solo				
Pavimento Térreo	106	11.56	1.00	1225.36
PAV2	29	62.32	1.00	1798.68
D - Paredes entre fracções				
Pontes térmicas planas (Vigas)	150	0.65	1.00	97.50
PEI2	112	21.79	1.00	2441.68
PEI3	69	3.51	1.00	242.73
E - Paredes e pavimentos interiores				
PAV2	300	59.52	1.00	17855.89
PAV1	300	10.34	1.00	3101.25
Pontes térmicas planas (Vigas)	300		1.00	0.00
PEI3	138	94.40	1.00	13055.62
PEI4	248	26.23	1.00	6491.80
Total				81911.24

Área útil de pavimento (m²) **149.7**

=
Massa superficial útil por m² de área de pavimento **547.32**

Classe de Inércia Térmica **FORTE**

